

MII-2002-2-03

## **DECISION DE INVERSION EN EL SECTOR DEL CARBON**

EMILIO CARDONA MAGNE



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTA, D.C., ENERO DEL 2003.

MII-2002-2-03

**DECISION DE INVERSION EN EL SECTOR  
DEL CARBON**

**EMILIO CARDONA MAGNE  
COD: 200127038**

**Área de investigación: ECONOMIA INDUSTRIAL  
Director  
Dr. GABRIEL DUQUE**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL  
BOGOTA, D.C., ENERO DEL 2003.**

A mis padres Gilberto y  
Libia, y a mi familia por  
todo el apoyo que me han  
brindado  
Y que he recibido por parte  
de ellos.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION .....	7
2. DESCRIPCION DE LA PRODUCCIÓN .....	12
2.1. EL PRODUCTO .....	12
2.2. LA PRODUCCIÓN EN COLOMBIA.....	13
2.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	15
2.4. REQUERIMIENTOS PARA LA EXPLOTACION.....	19
3. DESCRIPCION DEL SECTOR DEL CARBON.....	21
3.1. CAPACIDAD Y UBICACION .....	21
3.2. MERCADO.....	23
3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MERCADO.....	23
3.2.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO.....	26
3.2.3. CONDUCTA DEL SECTOR.....	31
3.2.4. DESEMPEÑO DEL SECTOR.....	33
3.2.5. POLITICAS PUBLICAS.....	34
4. MODELO DE OPTIMIZACION DE INVERSION.....	40
4.1. MODELO DE COSTOS.....	40
4.1.1. DEFINICION DE VARIABLES.....	41
4.1.2. DISEÑO DEL MODELO .....	42
4.1.3. VALIDACION.....	43
4.2. MODELO DE TRANSPORTE.....	51
5. CONCLUSIONES .....	54

## LISTA DE GRAFICOS

- Gráfico 1. Distribución de la producción en Colombia por punto de explotación.
- Gráfico 2. Producción de carbón en minas a cielo abierto. Datos en toneladas.
- Gráfico 3. Producción de carbón en minas subterráneas.
- Gráfico 4. Comparación de la producción en Sudamérica de 1980 a 1999.
- Gráfico 5. Comportamiento del mercado.
- Gráfico 6. Tipos de integración en el sector del carbón.
- Gráfico 7. Distribución de los recursos para el sector minero en Colombia.
- Gráfico 8. distribución porcentual de los recursos para el sector minero en Colombia por proyecto.
- Gráfico 9. distribución porcentual de los recursos para el sector minero en Colombia por tipo de mineral.
- Gráfico 10. Participación de la minería con respecto al PIB en términos porcentuales.
- Gráfico 11. Análisis de sensibilidad de la utilidad con respecto a la demanda para la empresa CARBOEXPORT LTDA.
- Gráfico 12. Análisis de sensibilidad de la utilidad con respecto a la demanda para cada producto en la empresa CARBOEXPORT LTDA.

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. Producción de carbón en Colombia.
- ANEXO 2. Clases de carbón.
- ANEXO 3. Análisis y control de calidad.
- ANEXO 4. Reservas de carbón en Colombia por departamento.
- ANEXO 5. Formulario, propuesta de contrato de concesión.
- ANEXO 6. Países que firmaron el protocolo de Kioto.
- ANEXO 7. Exportación, producción e importación a nivel mundial.
- ANEXO 8. Formulario, pago de regalías.
- ANEXO 9. Resumen del marco legal que tiene que ver con la liquidación y el recaudo de las regalías del carbón.
- ANEXO 10. Ingresos y Egresos.
- ANEXO 11. Equipos utilizados.
- ANEXO 12. Etapas de la clasificación distribución y almacenamiento.

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad, uno de los principales recursos minerales de Colombia es el carbón, el cual se caracteriza por ser un recurso fósil de gran abundancia en el territorio nacional, pero con muy poca y rudimentaria forma de explotación constituyéndose en una oportunidad para la inversión extranjera y nacional. Su participación en la demanda del sector energético nacional lo ubica en la actualidad después del petróleo, y muy pronto será superado por el gas natural. Esto se debe al poco aprovechamiento en el sector energético que es tan solo de un 6% en Colombia aproximadamente.

La historia de la explotación carbonífera se puede separar en dos periodos los cuales formaron una pauta en el proceso de explotación y los volúmenes producidos:<sup>1</sup>

- El primer periodo comprendido hasta 1972, tiempo en el cual la explotación de carbón se realizaba de forma rudimentaria y era aprovechada por grupos de familias que tenían como objetivo satisfacer las necesidades básicas por medio de los recursos que generaban dichos ingresos. Adicionalmente, en el 72 comenzó la explotación del Cerrejón en la Guajira con la creación de Carbocol.
- El segundo periodo abarca desde 1972 hasta nuestros días, periodo en cual se han desarrollado estudios de suelos y se ha podido identificar los recursos con los que cuenta Colombia a nivel de yacimientos carboníferos.

---

<sup>1</sup> LA REALIDAD DEL PROYECTO 218 SENADO – 107 CAMARA POR EL CUAL SE CREA EL CARGO DE FIRMEZA Y CONFIABILIDAD (CFC) DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL(SIN), Ministerio de Minas y Energía, Santafé de Bogota, Abril de 1998 COLOMBIA.

- En la actualidad existe una gran expectativa por la venta de Carbocol lo cual podría marcar un nuevo periodo.

Sin embargo, fue hasta el año de 1985 cuando se comienza a registrar un notable cambio en el volumen de explotación del mineral en la región de norte del país y hay un notable aumento en la exportación del producto (ANEXO 1).

La producción que se realiza en el centro del país, ya bien de carbón térmico o carbón coquizable, en su mayoría se destina al consumo interno para la generación de energía en termoeléctricas. Sin embargo el carbón coquizable se destina para la producción de carbón coque y posterior exportación en su mayoría. Existen muchas empresas dedicadas a la coquización del carbón en las regiones de Cundinamarca, Boyacá y Norte de Santander principalmente.

Aunque la participación del carbón colombiano en la última década ha aumentado, todavía queda mucho camino por recorrer. La mayor parte de la producción esta destinada a la exportación por parte de intermediarios (buscando mercados internacionales como Perú, Chile, Ecuador, Venezuela y Centroamérica) y grandes empresas con destinos como Europa y Norte América, constituyendo al carbón como el tercer producto de exportación después del petróleo y el café.

El carbón mineral es un compuesto fósil formado por la descomposición de la vegetación existente hace millones de años. Esta descomposición es realizada en ausencia de aire bajo la acción de la humedad, presión, calor y agentes bioquímicos. La característica principal del carbón colombiano son la pureza y su bajo contenido de azufre. Debido a que el carbón mineral es utilizado en procesos de combustión y



MII-2002-2-03

en el sector comercial como fuente para productos químicos orgánicos, estas características son muy importantes en el ámbito internacional.

El sector del carbón en Colombia ha cambiado a través del tiempo, convirtiéndolo en un sector competitivo en donde los costos se constituyen en un factor determinante del precio. No existe un monopolio dentro del negocio en la comercialización, pero sí existe gran competencia y rivalidad en el mismo, en donde los más fuertes buscan abarcar la mayor parte del mercado estableciendo sus precios que obligan a los comercializadores a no ser competitivos. Este comportamiento produce una competencia imperfecta en donde no existe cooperación.

Sin embargo, en la producción no sucede lo mismo, ya que éste mercado está definido por la cantidad de demanda (competencia perfecta) y por ser un bien agotable los derechos de explotación están distribuidos entre una gran variedad de empresas.

Uno de los principales problemas al momento de iniciar un negocio, es poder establecer cuáles son las reglas de juego del sector, cómo se mueve el mismo y que hace que existan variaciones de precios en el mercado. En el transcurso del trabajo se puede observar una descripción detallada del mercado, a qué se debe el alza y la baja de precios, cuáles son los posibles compradores nacionales e internacionales y qué factores hacen atractivos que un cliente decida a quien comprar. También se van a observar qué variables son relevantes para establecer la demanda del carbón a nivel nacional.

En la actualidad, la explotación del carbón en algunas partes del país sigue siendo muy rudimentaria, lo que produce que el mercado no este desarrollado en su totalidad. Sólo en la región de la Guajira, donde la explotación es a cielo abierto, se

MII-2002-2-03

permite establecer un sistema de explotación a mayor escala que ha desarrollado el mercado.

Actualmente el mercado del carbón presenta un comportamiento muy poco homogéneo ya que éste está sujeto a la demanda internacional y al precio del petróleo el cual está en continua fluctuación.

El objetivo principal de la tesis es mostrar qué factores influyen en la toma de decisión para la inversión en el sector del carbón y qué factores hacen que se decida invertir o no en el negocio desde el punto de vista de producción y el mercado. Además, pretende mostrar una pauta para empresas o personas naturales que quieran o deseen invertir en el sector carbonífero.

Se concluirá la tesis haciendo un análisis del sector en donde se muestren las debilidades y las fortalezas del mismo para darle al lector una mayor idea de lo que es la explotación minera en Colombia y cómo ésta influye en la oportunidad de inversión en el sector.

Cuando se toma una decisión en el momento de invertir en cualquier proyecto por lo general se busca establecer la viabilidad financiera del proyecto. Sin embargo es necesario poder definir que factores pueden hacer que se decida o no invertir en un proyecto teniendo en cuenta la producción y el mercado en donde se encuentra. A continuación el lector podrá encontrar pautas e información necesaria que lo puede orientar en la toma de este tipo de decisiones ya bien sea como comercializador o como productor.

Se establecerán pautas que el lector debe seguir para la toma de decisión de inversión en el sector del carbón en el territorio colombiano teniendo en cuenta

cómo ha venido siendo el desarrollo en el país y cómo influye la región en donde se esta buscando invertir. Esto con el fin de mostrar cuánto y cuándo es buen momento para hacerlo, teniendo en cuenta la capacidad de financiación del interesado y las posibilidades de invertir del mismo en el negocio. También se hará referencia a las políticas gubernamentales y al desarrollo desde el punto de vista de la producción y el mercado en Colombia además de un modelo de inversión en el que se van a mostrar los factores relevantes en el momento de invertir.

Esta tesis además de la presente introducción está estructurada de la siguiente forma: el segundo capítulo contiene la descripción de la producción y cómo es el comportamiento de la misma, además de presentar una descripción del producto, ubicación de los centros de explotación en Colombia y los requerimientos para la explotación, la producción y la comercialización. En el tercer capítulo se describe el sector, analizando el mercado, cómo está posicionado el carbón a nivel mundial, su capacidad, cómo están distribuidas las riquezas mineras en el mundo y cómo es la estructura del mercado en Colombia por medio del paradigma estructura-conducta-desempeño. En el cuarto capítulo se muestra un modelo de optimización de inversión a partir de factores como el ingreso y egreso de empresas del sector optimizando la rentabilidad y estableciendo los niveles óptimos de producción para el inversionista. Y por último, en el sexto capítulo se desarrollan las conclusiones y los comentarios de la tesis.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

### 2.1. EL PRODUCTO

Para poder conocer el negocio, es necesario saber cuáles son las diferentes clases de carbón y cómo se clasifican de acuerdo con su metamorfosis o alteración progresiva, desde lignito hasta la antracita (TABLA 1). Esta clasificación está determinada de acuerdo con sus propiedades físicas en cuanto al contenido de cenizas, concentración de carbono fijo, azufre, poder calorífico y a su cantidad de material volátil. Adicionalmente el carbón se caracteriza por su contenido de humedad, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno.

Según la ASTM el carbón se clasifica en (ANEXO 2):

CLASE	GRUPO
1. Antracita	Metaantracita Antracita Semiantracita
2. Bituminoso	Carbón bituminoso poco volátil Carbón bituminoso de volatilidad media Carbón bituminoso A de volatilidad alta Carbón bituminoso B de volatilidad alta Carbón bituminoso C de volatilidad alta

3. Subbituminoso	Carbón subbituminoso A  Carbón subbituminoso B  Carbón subbituminoso C
4. Lignítico	Lignito A  Lignito B

TABLA 1<sup>2</sup>. Clasificación del carbón mineral (ASTM D 388)

Para la compra de carbón se llevan a cabo pruebas de laboratorio como humedad, cenizas, material volátil, azufre (pirítico, sulfato y orgánico), poder calorífico, carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, GEV, HGI, FSI, máxima contracción y máxima dilatación (ANEXO 3). A las cenizas se les realiza un análisis con el fin de encontrar el contenido de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub> Y P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. También se hace fusibilidad de las cenizas bajo atmósfera reductora y atmósfera oxidante.<sup>3</sup>

El carbón colombiano es conocido a nivel mundial por su pureza y por su relativa limpieza al quemarse, cuenta con menos del 1% de azufre.<sup>4</sup>

## 2.2. LA PRODUCCIÓN EN COLOMBIA

La producción carbonífera fue progresando en una mayor proporción a partir del año 1985 a medida que los estudios realizados fueron mostrando una mayor concentración del mineral en las diferentes zonas del país (ANEXO 4). Sin embargo este progreso se vio enfocado en las regiones que permitían un fácil acceso a los

<sup>2</sup> MANUAL DEL INGENIERO MECANICA, Octava edición, Volumen II, Theodore Baumeister, pag 7-2 COMBUSTIBLES, CARBÓN MINERAL.

<sup>3</sup> Laboratorio Interlabco Ltda., Ubaté, Cundinamaraca. Enero del 2001.

<sup>4</sup> <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/colombia.html>, junio 2002.

MII-2002-2-03

centros de explotación y se ubicaban en las cercanías de los principales puertos del país con el fin de destinar el carbón a la exportación a mercados como el europeo. El mayor crecimiento se centro en la costa Atlántica y en la región del Norte de Santander.

### 3. YACIMIENTOS DE CARBON



GRAFICO 1<sup>5</sup> Distribución de la producción en Colombia por punto de explotación.

La producción es realizada de acuerdo con la demanda de mercado, sin embargo cuando existe un ajuste de la demanda (exceso de oferta), muchas compañías comercializadoras deciden comprar grandes cantidades de carbón con el fin de venderlo a un precio mayor en el momento en que vuelve a haber exceso de

---

<sup>5</sup> Ministerio de Minas y Energía 1998

demanda<sup>6</sup>, lo que permite que la oferta se establezca por un determinado tiempo. Para 1998 la demanda interna del país estuvo por el orden 4` 325.000 toneladas.

### 2.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción del carbón es muy parecido a otros procesos de la minería y se encuentra regulado por entidades gubernamentales las cuales buscan establecer estándares y a su vez llevar un control detallado de la explotación minera. MINERCOL, Ingeominas y la EMPRESA NACIONAL MINERA LTDA. son las entidades encargadas de cerciorarse que dichos recursos naturales sean aprovechados al máximo y que los ingresos que se generan a partir de la explotación sean utilizados para investigación y búsqueda de nuevas fuentes de explotación, además de brindar asesoría a las empresas explotadoras y comercializadoras del sector minero.

Para comenzar con el proceso de producción, es necesario establecer:<sup>7</sup>

- Solicitud de derechos de explotación a MINERCOL.
- Determinación de Manto.
- Cual va a ser el costo de la inversión y en que áreas es necesario invertir para obtener una mayor rentabilidad.
- Forma de Financiación.
- Diseño de explotación.
- Acceso y vías.
- Impacto ambiental.
- Responsabilidad social.
- Cronograma y trabajos a seguir.

---

<sup>6</sup> Procarbon de Zipaquirá, para el año 2001 alcanzo a tener en stock alrededor de 28.000 toneladas por intervalos de uno a dos meses en espera de la reactivación del mercado para ese mismo año. Henry Suárez. Gerente de Procarbon para ese entonces.

<sup>7</sup> Información suministrada por Reinaldo Cuellar y La empresa Carboexport Ltda., productores de carbón. Septiembre de 2002.

A medida que han pasado los años, toda la pequeña industria carbonífera se ha constituido como un conglomerado de empresas familiares que tenían como único fin la explotación del carbón para subsistir y alimentar a las numerosas familias que la conformaban. La explotación era rudimentaria y se realizaba por medio de minas de excavación muy sencillas que poco a poco se fueron tecnificando utilizando coches con un sistema de rieles, el cual se encargaba de sacar el carbón de la profundidad de la mina. Las minas podían ser inclinadas (en su gran mayoría) u horizontales dependiendo la ubicación del yacimiento (Beta).

A partir de 1972 con la explotación del Cerrejón, se intensificó el sistema de explotación con minas a cielo abierto en donde no eran necesario sistemas rústicos de explotación con coches sino sistemas más avanzados con maquinaria pesada y sistemas de transporte del material con bandas que reducían los costos y daban eficiencia a los procesos de producción. Además, se desarrolló un sistema vial por medio de trenes que iba de los puntos de explotación a los principales puertos del país.

El proceso de explotación para los dos sistemas empieza con la voladura de material estéril que se encuentra encima del mineral, este proceso se lleva a cabo en muchos casos con dinamita por ser material de difícil extracción como lo son la roca sólida, arcilla y demás sedimentos.

Después de extraer todo el material estéril se continúa con la extracción del carbón, ya sea bien con maquinaria pesada o por medios rústicos (ANEXO 11), de allí tiene que ser llevado al centro de acopio en donde es clasificado por tamaño y calidad para ser procesado posteriormente dependiendo de los requerimientos del cliente final.

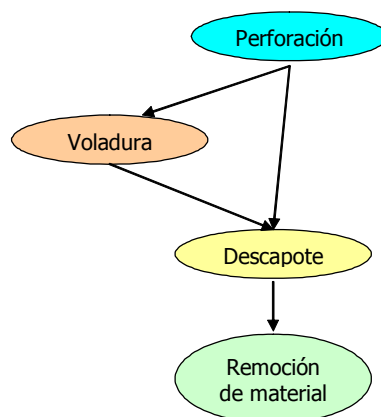


Los posibles procesos, antes de ser cargado el carbón son: el lavado, donde se busca lograr una sedimentación de la ceniza que puede contener el carbón; el secado en donde se busca eliminar el contenido de humedad y, la clasificación dependiendo de los requerimientos de la empresa que está interesada en el producto.

En el centro de acopio el carbón es cargado en camiones, dobletroques, mulas, tractomulas o trenes para que posteriormente este sea llevado a puerto o a la empresa que lo requiera.

El proceso de cargue para la gran minería se realiza por medio de bandas transportadoras y maquinaria pesada (cargadores, volquetas, gruas, etc.) que son las que se encargan de descargar el carbón en el automotor o barco según sea el caso. En la pequeña y mediana minería el cargue del carbón se realiza manual, lo que eleva los costos de producción.

## EXPLORACIÓN

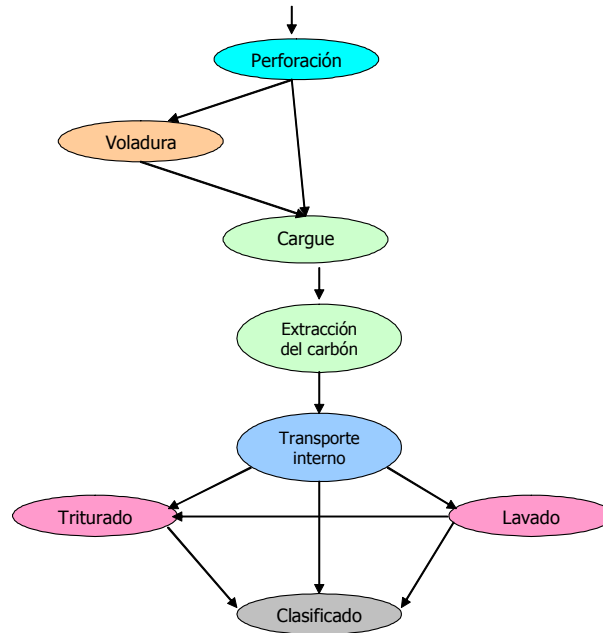


Esta etapa es la que se encarga de eliminar todo el material inerte que esta recubriendo el carbón. Se debe perforar para ingresar la dinamita (si fuere

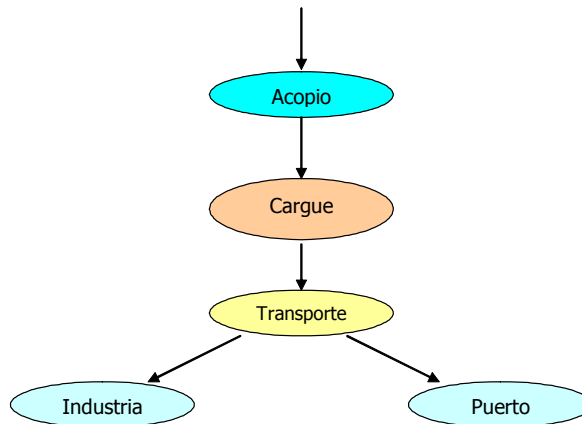
MII-2002-2-03

necesario) para luego retirar la roca. En este proceso se busca identificar el lugar, cantidad y espesor de la beta de carbón.

## PREPARACIÓN



## ACOPIO (ANEXO 12)



Una vez es colocado el carbón en el medio de transporte, este es llevado al punto seleccionado por el cliente ya bien sea en puerto, industria o centro de acopio.

## 2.4. REQUERIMIENTOS PARA LA EXPLOTACION

Los pasos para poder explotar una mina de carbón son:<sup>8</sup>

- Solicitar la licencia de explotación siempre y cuando no esté adjudicada.
- Explorar el terreno y realizar un informe para Ingeominas.
- Elaborar el PTI, Programa Técnico de Inversiones que corresponde a la parte técnica de lo que se debe hacer. Debe ser entregado a MINERCOL.
- Entregar anualmente un avance de explotación que corresponde a cuánto carbón se ha extraído, cuanto se vende y si se está cumpliendo con el PTI.

Se otorgan derechos de explotación (concesiones) para los terrenos donde se encuentran las betas<sup>9</sup>, estos derechos de explotación están dado por licencias que se otorgan a las personas que lo soliciten (ANEXO 5). Las licencias deben ser solicitadas directamente a MINERCOL por medio de la solicitud de un formulario cuyo costo es de 180 mil pesos para el 2002, el formulario debe ser entregado en las oficinas de MINERCOL y en el transcurso de 15 días se notifica la aprobación de la solicitud. Sin embargo, una persona que tenga una licencia de explotación y que no sea propietario del predio, no podrá ejercer el derecho.

Se tienen tasas porcentuales de regalías cuyo destino es la inversión en la explotación minera por medio de MINERCOL quien se encarga de regular los fondos y distribuirlos a lo largo del país para realizar inversiones en la investigación y promoción de actividades.

---

<sup>8</sup> MINERCOL, Calle 32 carrera 7 edificio Davivienda 6 piso, agosto 2002.

<sup>9</sup> Luis Riaño, minero de la región de Samacá Boyacá, enero del 2001.

MII-2002-2-03

Existen planes que el Gobierno está promoviendo para aumentar la minería legal y la reducción de emisiones que reduzcan la contaminación del medio ambiente, así, la explotación es más controlada y restringida.

### 3. DESCRIPCION DEL SECTOR DEL CARBON

#### 3.1. CAPACIDAD Y UBICACION

En Colombia, las reservas geológicas, son de 6748,5 millones de toneladas de carbón, concentrados en su gran mayoría en la región de la costa atlántica, región que abarca aproximadamente el 80% del mineral (ANEXO 4) <sup>10</sup>. Aunque la mayor parte del carbón se encuentra en la zona norte, el carbón coquizable se encuentra concentrado en la zona centro del país convirtiendo a esta zona en una fuente importante de explotación (ANEXO 4). Existen otras zonas dentro del país en donde se explota el carbón en menor proporción. Sin embargo, estas zonas ayudan al abastecimiento del mineral en termoeléctricas para la generación de energía.

La producción de carbón en minas a cielo abierto, está dada por:

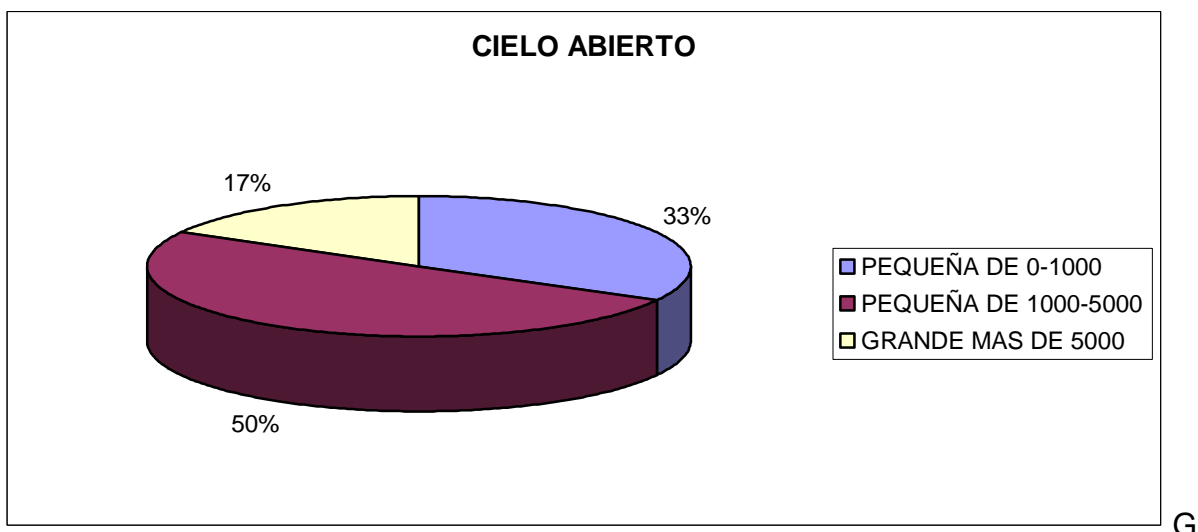


Gráfico 2<sup>11</sup>

Producción de carbón en minas a cielo abierto. Datos en toneladas.

<sup>10</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Minas y Energía. [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co) abril 12 del 2001.

<sup>11</sup> Estadísticas Mineras, Concurso No. 004 de 2000, Minercol LTDA

La gráfica muestra la proporción de empresas dedicadas a la producción de carbón a cielo abierto dependiendo de la capacidad de producción en toneladas mensuales para el año 2000.

La producción de carbón en minas subterráneas es:

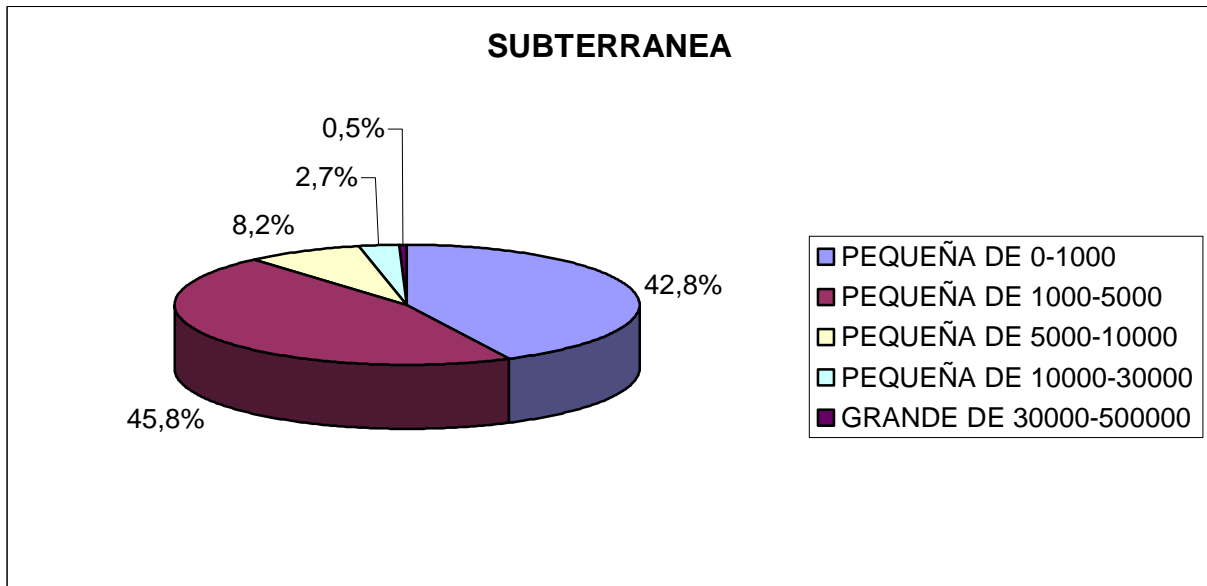


Grafico 3<sup>12</sup> Producción de carbón en minas subterráneas

La gráfica muestra la proporción de empresas dedicadas a la producción de carbón a cielo abierto dependiendo de la capacidad de producción en toneladas mensuales para el año 2000.

Se realizaron diversas clases de proyectos en el sector energético una vez ubicadas las reservas de carbón en Colombia. Se adecuaron instalaciones de explotación carbonífera en los lugares de Bolombó (Antioquia), Tibitá (Cundinamarca), San Luis y el Páramo del Almorzadero (Santander), Seguenge, Rio Inguito, el Tambo y el Hoyo Mosquera (Valle del Cauca y Cauca), para suministrar combustible a Termo Tasajero I y II en Santander, a Termopaipa IV en Boyacá y a Termo Yumbo IV en el Valle del Cauca.

<sup>12</sup> Estadísticas Mineras, Concurso No. 004 de 2000, Minercol LTDA

## 3.2. MERCADO

El mercado colombiano del carbón se encuentra afectado por muchos factores, la variación del precio del petróleo, el alza del dólar, las condiciones climáticas, etc. Un factor importante que puede definir el desarrollo de este sector es la preocupación a nivel mundial por las condiciones climáticas y los niveles de contaminación emitidos por los países.

### 3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MERCADO

El protocolo de Kioto establece que los países pertenecientes al protocolo (ANEXO 6) deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel "no inferior al 5% para el periodo entre el año 2008 y el año 2012", este proceso obliga a los países industrializados a disminuir su nivel de emisiones, permitiendo que el carbón colombiano sea más solicitado, sin embargo, obliga de igual forma que los países industrializados busquen nuevas y mejores fuentes de energía.

El Protocolo de Kioto ha sido fruto de intensas negociaciones internacionales que se han extendido durante años entre los países desarrollados con el fin de disminuir las emisiones.

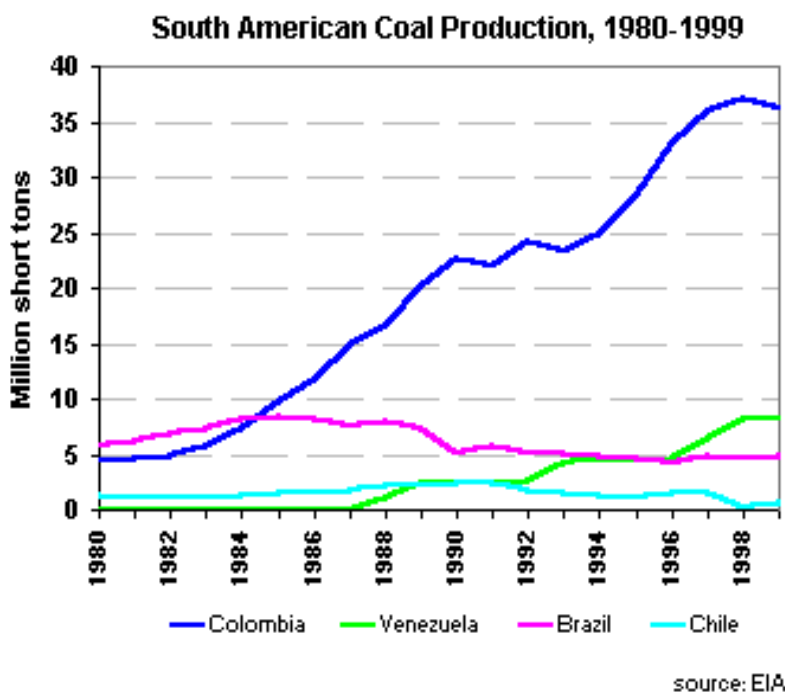
Las naciones industrializadas tienen la responsabilidad de liderar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La quinta parte más rica de la población mundial es responsable de casi un 60% de las emisiones de CO. La población de los Estados Unidos que constituye apenas el 5% por ciento de los habitantes del planeta es responsable de la cuarta parte de las emisiones de CO.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Romano Prodi, presidente de la Comisión Europea ante el protocolo de Kioto.

Este factor puede considerarse como determinante para que exista una reducción en el consumo de carbón a nivel mundial, sin embargo el establecimiento del mismo lleva un proceso largo lo que podría favorecer la producción de carbón en Colombia. Además con las últimas declaraciones de los EEUU con respecto al protocolo de Kioto y como ellos no iban a cumplir con el acuerdo, genera una expectativa acerca de que va a pasar con la reducción de emisiones de los países desarrollados.

POSICION DE COLOMBIA A NIVEL MUNDIAL<sup>14</sup>



Gráfica 4. Comparación de la producción en Sudamérica de 1980 a 1999.

Colombia es el mayor productor de carbón en Latinoamérica (gráfica 4), la gran cantidad de las reservas consisten en carbón bituminoso (ANEXO 2) y una pequeña proporción de carbón metalúrgico. El carbón fue en 1999 el segundo producto de

<sup>14</sup> <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/colombia.html>, junio 2002.



exportación de Colombia después del petróleo y antes del café, lo que convierte a Colombia en un país dependiente de los productos generadores fósiles. Se espera un crecimiento de sus exportaciones por medio de la inversión privada.

La asociación minera colombiana en la actualidad se encuentra buscando nuevos mercados por medio de campañas regionales promoviendo el uso del carbón. La producción carbonífera se encuentra en manos privadas. Colombia cuenta con la mina a cielo abierto más grande del mundo y es el quinto país más grande productor de carbón térmico. También posee locaciones de clase mundial para su transporte y exportación.

El Cerrejón es la mina más grande del mundo a cielo abierta. Las exportaciones en el año 2000 alcanzaron los US\$858 Millones. Grandes inversiones se han realizado en años recientes las cuales incrementarán la producción de 29.9 millones de toneladas en 1999 a más de 70 millones en el 2010. Estas inversiones han sido lideradas por: Exxon, Drummond, Glencore, Amcoal y Rio Tinto.<sup>15</sup>

La producción de carbón térmico en el mundo está liderada por la Republica de China seguida por Estados Unidos e India para el 2000 respectivamente (ANEXO 7), Colombia se encuentra de sexto como país exportador de carbón.

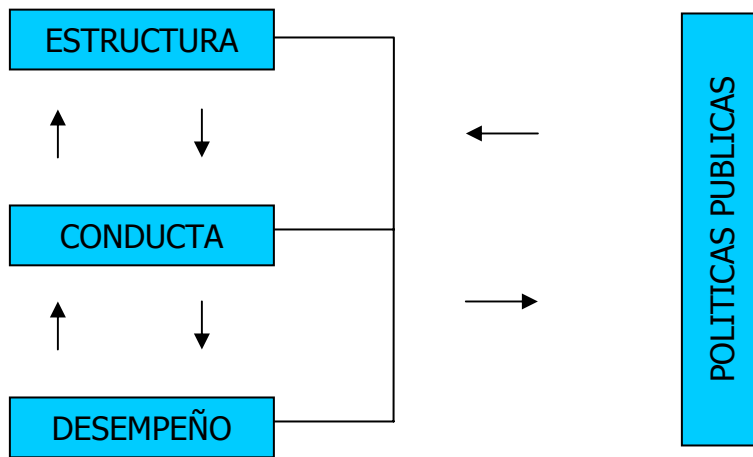
Los principales destinos del carbón colombiano son los Estados Unidos, Alemania y países latinoamericanos como Perú, México, Venezuela, Ecuador y Chile respectivamente.

---

<sup>15</sup> [http://www.coinvertir.org.co/preespa/05\\_in/7coal.htm](http://www.coinvertir.org.co/preespa/05_in/7coal.htm), abril 27 del 2002.

### 3.2.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO

Con el fin de observar cómo es el sector del carbón, se utilizó el análisis por medio del paradigma estructura, conducta y desempeño<sup>16</sup>, en donde se busca establecer la interacción entre el sector y el mercado.



El mercado del carbón se encuentra distribuido en pequeños compradores intermediarios que se encargan del acopio, venta y distribución, debido a que los volúmenes que manejan las pequeñas empresas productoras no les permiten llegar a competir en el mercado y la demanda solo maneja volúmenes grandes.

Se cuenta con alto poder de negociación por parte de la demanda cuando hay exceso de oferta, de igual forma sucede cuando existe exceso de demanda dándole la ventaja a las empresas que lo comercializan, como es natural en los mercados.

<sup>16</sup> Industrial Organization. OZ SHY. 1997.

MII-2002-2-03

Los productores tienen muy poco poder de negociación a menos que se encarguen directamente de la comercialización por medio de volúmenes grandes de producción (más de 3000 toneladas mensuales).

El número de vendedores es mayor que el número de compradores para el mercado nacional.

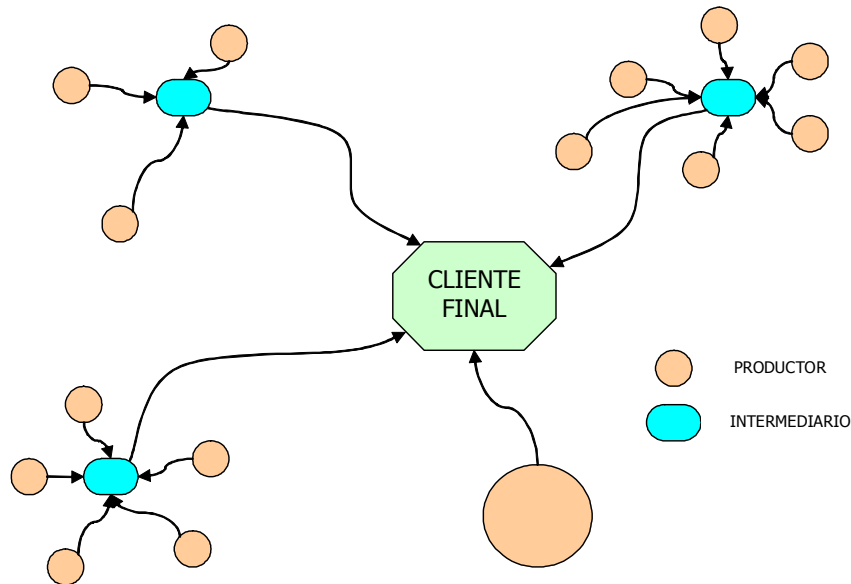
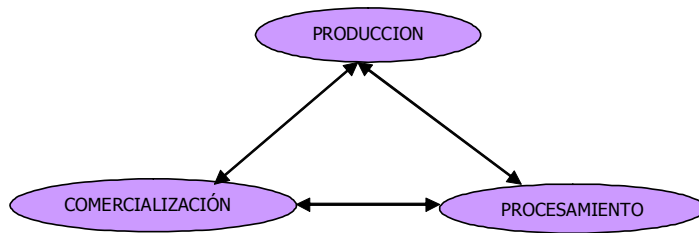


Grafico 5 Comportamiento del mercado

La diferenciación y la diversificación se constituye en uno de los factores importantes de la comercialización. La diferenciación en este sector está determinada por la calidad del carbón y el servicio que se preste (cumplimiento y transporte), lo que hace que los precios se establezcan a partir de estas variables. La diversificación comprende todos los tipos de carbón que se puedan suministrar (ANEXO 2) así como también los procesos y calidad que se tenga del producto.

La integración está formada por los diferentes negocios que se encuentran en el sector, la producción, la comercialización y el procesamiento del mineral.



Gráfica 6 Tipos de integración en el sector del carbón.

Producir mas con menores recursos se ha convertido en uno de los objetivos principales de las empresas a nivel mundial. El sector del carbón no es la excepción y esto se puede convertir en una ventaja competitiva.

Al pasar de los años, se han podido consolidar grandes empresas dedicadas a la comercialización y explotación de carbón para la satisfacción del mercado nacional e internacional, tecnificando el sistema de explotación permitiendo reducir costos de operación. Empresas que surgieron como pequeñas y que poco a poco se fueron abriendo campo en el sector buscan en la economía de escala generar una fuerte barrera de entrada ante nuevos competidores.

Los inversionistas han podido identificar a este negocio como una fuente de ingresos rentable pero poco estable debido a que esta muy vinculado con el comportamiento del precio del petróleo por ser un sustituto en el sector energético y presentar un comportamiento cíclico, al existir una disminución en el precio del petróleo se prefiere utilizar el carbón para generar energía, sin embargo los grandes adelantos y logros para la generación de energía ha provocado que la demanda del carbón a nivel mundial se vea afectada.

En el transporte también se puede lograr disminuir los costos por medio del uso de trenes y camiones con gran capacidad. El transporte es uno de los factores mas

MII-2002-2-03

importantes por sus costos los cuales se pueden ver reducidos dependiendo la ubicación o los volúmenes que se manejen.

## BARRERAS DE ENTRADA

Dentro de las barreras de entrada, se encuentran:

**Economía de escala:** aumentar los volúmenes de producción para generar una reducción en los costos unitarios. A medida que los volúmenes de explotación aumenta, los costos asociados por tonelada disminuyen.

**Canales de distribución:** poder transportar el carbón a sus diferentes destinos se constituye en barrera de entrada debido a la situación y ubicación geográfica de los yacimientos además de los costos de transporte.

**Legislación:** las normas, leyes, estatutos y continuos cambios en la reglamentación hace que el ingreso al sector se convierta en una barrera para los inversionistas. Además el tramitalismo y los permisos requeridos puede retrasar la producción, lo que genera un atraso en los ingresos.

**Problemas sociales:** por lo general en la explotación se generan emisiones de gases y líquidos contaminantes que al no ser tratados van a parar al subsuelo contaminando en cierta forma a cultivos y a pozos de suministro de agua. También existe explotación de la población infantil que en muchos lugares son utilizados como trabajadores y no son debidamente remunerados.

**Inversión inicial:** para comenzar la producción, explotación o comercialización del carbón, es necesario contar con una infraestructura y maquinaria lo que implica una

MII-2002-2-03

inversión inicial elevada de más o menos de \$230'000.000 para volúmenes de más de 4000 toneladas mensuales aproximadamente.

Movimientos ambientales: entidades como la CAR y grupos ecologistas, se encargan de regular proteger y administrar los recursos ambientales incluyendo los contaminantes que se generan en los sistemas de explotación. Sin embargo, las normas no se aplican para todas las compañías lo que hace elevar los costos de producción a las empresas que sí cumplen con la reglamentación convirtiéndose a su vez en empresas menos competitivas.

Productos alternos: el carbón es un producto que se utiliza para la generación de energía principalmente al igual que el petróleo y el gas, lo que representa que una caída del precio de estos puede afectar en la demanda del carbón. En la actualidad la búsqueda de producción de energía más limpia coloca en desventaja al carbón con respecto a los nuevos sistemas de generación.

Poder de los clientes: el no existir un continuo equilibrio entre oferta y demanda, el cliente tiene poder de negociación a medida que hay una sobre oferta.

Poder de los proveedores: de igual forma cuando existe un exceso de demanda, los proveedores pueden decidir sobre el precio.

#### BARRERAS DE SALIDA

Infraestructura: la inversión en la infraestructura genera una barrera de salida, ya que esta a su vez no es reconocida por posibles compradores al momento de efectuar una venta.

MII-2002-2-03

Tipo de contrato: en muchas ocasiones los tipos de contratos son a periodos de un año, seis meses o a una cierta cantidad de carbón con pólizas de cumplimiento, lo que hace necesario que se cumpla el contrato.

Legislación: al ser asignados unos derechos de explotación, ceder dichos derechos es un proceso largo y que requiere tiempo y dinero lo que hace necesario una inversión adicional de capital.

Compromiso social: cuando el inversionista adquiere una empresa y genera empleo, se adquiere un compromiso con los empleados y con todas las personas que se ven afectados con la empresa. En la actualidad y con la situación económica del país, cualquier inversión se convierte en un compromiso con la sociedad.

### **3.2.3 CONDUCTA DEL SECTOR**

Con la conducta se establece cuáles son las diferencias entre los competidores y cómo estos reaccionan en el mercado por medio de publicidad, I + D, inversión, precio base, búsqueda de nuevos mercados, colusión, entre otros. Con la conducta se evalúan los factores que influyen en que una empresa tome una decisión en algún momento dado.

Las empresas del sector son consideradas empresas de bajo perfil ya que no cuentan con un sistema de publicidad y buscan llegar directamente a los grandes clientes en el sector en el que se mueven.

La publicidad es casi nula y está dada por folletos, brochures y documentación relevante de la empresa cuyo destino principal es el cliente final. Sin embargo,

MII-2002-2-03

existen paginas de Internet de los grandes competidores que buscan darse a conocer por este medio.

La capacidad de producción es uno de los principales problemas debido a los altos costos de infraestructura en minas subterráneas. Sin embargo, las minas a cielo abierto presentan una mayor oportunidad de inversión para aumentar los niveles de producción, esto se ha visto reflejado en la inversión y los volúmenes de producción en la zona de la Guajira en donde la producción a aumentado desde el año 1985.

La colusión entre las pequeñas y medianas empresas se presenta con el fin de buscar llegar al cliente de forma directa, sin embargo la cultura de los productores y la continua competencia entre estos no permiten que esto suceda y hace necesario el establecimiento de intermediarios que se encarguen de esta función.

La opción en productos que corresponde a las diferentes clases de carbón es muy poca debido a que cada zona tiene una clase de carbón diferente como es el caso de la zona centro en donde se encuentra principalmente el carbón coquizable y en la zona norte en donde se encuentra el carbón térmico.

La conducta en precio está determinada por la calidad del producto y la distancia que se debe recorrer desde el punto de producción hasta el punto de entrega.

Las políticas de I + D se realizan por parte del Estado con la búsqueda de nuevos yacimientos, investigación geológica, control ambiental y asesoría en el sistema de explotación y producción, disminuyendo el impacto ambiental y social, y por parte del sector privado con el control de calidad y la investigación de nuevos y mejores procesos de explotación y procesamiento del mineral.



### **3.2.4. DESEMPEÑO DEL SECTOR**

El desempeño muestra cómo es percibido por el consumidor el producto y la empresa, cómo esta se comporta para mejorar sus procesos y cómo han sido los resultados según la estrategia que se maneje.

El precio está determinado por el nivel de demanda lo que hace que se regule la oferta a largo plazo. Aunque los precios los determina la demanda, no existe un nivel de equidad por la economía de escala con la que cuentan los grandes productores.

El margen de utilidad es del 20% al 25%<sup>17</sup> para los pequeños productores en el centro del país y del 10% al 15% para los intermediarios sobre la inversión, en empresas con una gran infraestructura se manejan márgenes aun mayores.

El progreso tecnológico aunque es muy reducido, se ve reflejado en los procesos de explotación con maquinaria más tecnificada y la reducción de contaminantes y emisiones cuando se está procesando el mineral.

Aunque la distribución es subcontratada en su gran mayoría, esto representa un alto costo en el proceso de comercialización, por eso son muy importantes la ubicación y las vías de comunicación para un fácil acceso al punto de explotación.

La calidad del producto está determinada por la zona en donde se encuentra la explotación, aunque esta calidad se puede mejorar por medio del procesamiento del mineral con plantas lavadoras.

---

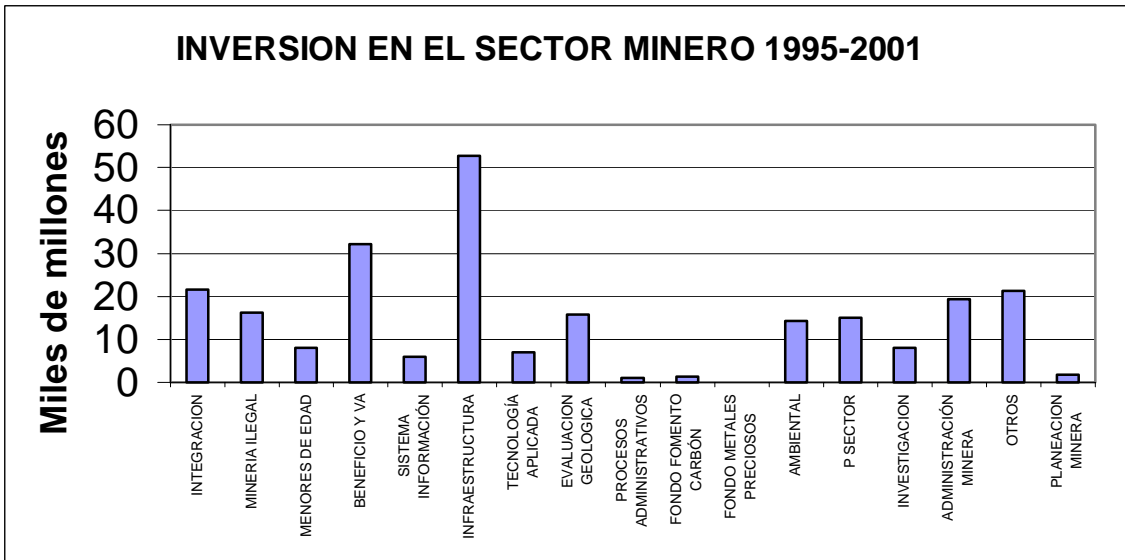
<sup>17</sup> Información suministrada por Reinaldo Cuellar y La empresa Carboexport Ltda., productores de carbón. Septiembre de 2002.

### **3.2.5. POLITICAS PUBLICAS**

En cuanto a la producción de carbón, el Estado ha intentado establecer y reglamentar toda la explotación minera por medio de programas de legalización y proyectos de:

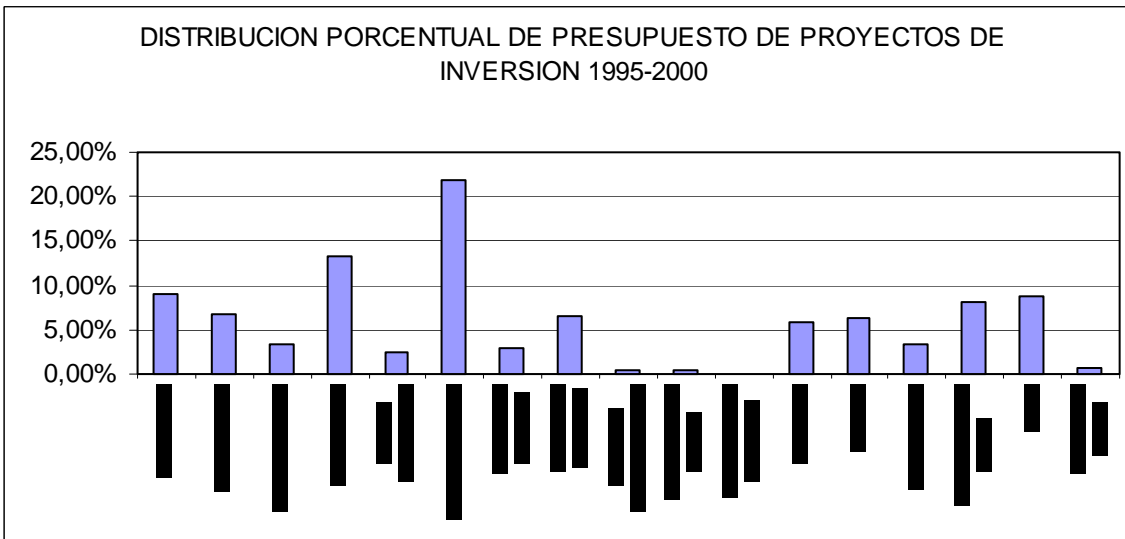
- Evaluación geológica.
- Implantación tecnológica aplicada.
- Integración de títulos mineros.
- Capacitación de los procesos de transformación, beneficio y valor agregado.
- Montaje del sistema de información para la administración minera.
- Implementación de infraestructura para el aumento de la competitividad.
- Erradicación de la minería ilegal.
- Erradicación del empleo de menores de edad.

En la actualidad la inversión realizada por el Estado ha venido desarrollándose como se presenta en la gráfica 6, en donde se puede observar que la mayor parte corresponde a infraestructura; esto ha venido cambiando, buscando establecer una mayor inversión en evaluación geológica y tecnología aplicada como se observa en la gráfica 7.



Gráfica 7. MINERCOL BASE DE DATOS BIBLIOTECA 2002

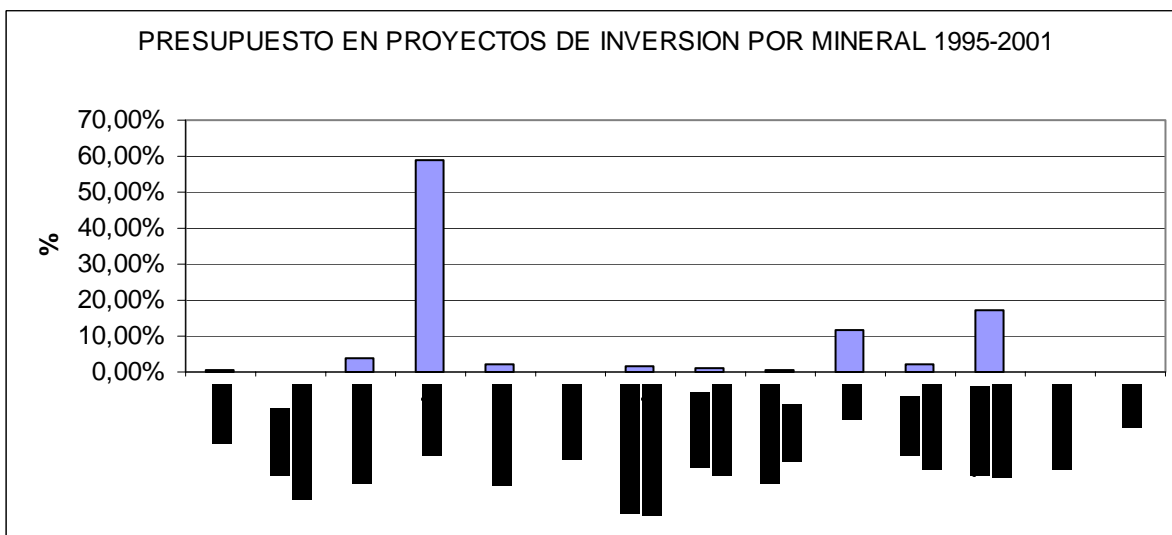
El gráfico muestra como es la distribución en millones de los recursos para el sector minero en Colombia por parte del Estado.



Gráfica 8. MINERCOL BASE DE DATOS BIBLIOTECA 2002

El gráfico muestra como es la distribución porcentual de los recursos para el sector minero en Colombia por parte del estado.

Es importante resaltar el esfuerzo realizado por el Estado en el sector carbonífero ya que corresponde al 58,67% de la inversión total en la minería, lo que lo coloca muy por encima de los otros minerales como se puede ver en la gráfica 8, sin embargo, sigue siendo necesario una mayor inversión principalmente en el sistema de transporte.



Gráfica 9. DIVISIÓN DE ANÁLISIS DE MERCADOS MINERCOL 2002

El gráfico muestra como fue la distribución porcentual de los recursos para el sector minero en Colombia por tipo de mineral por parte del estado.

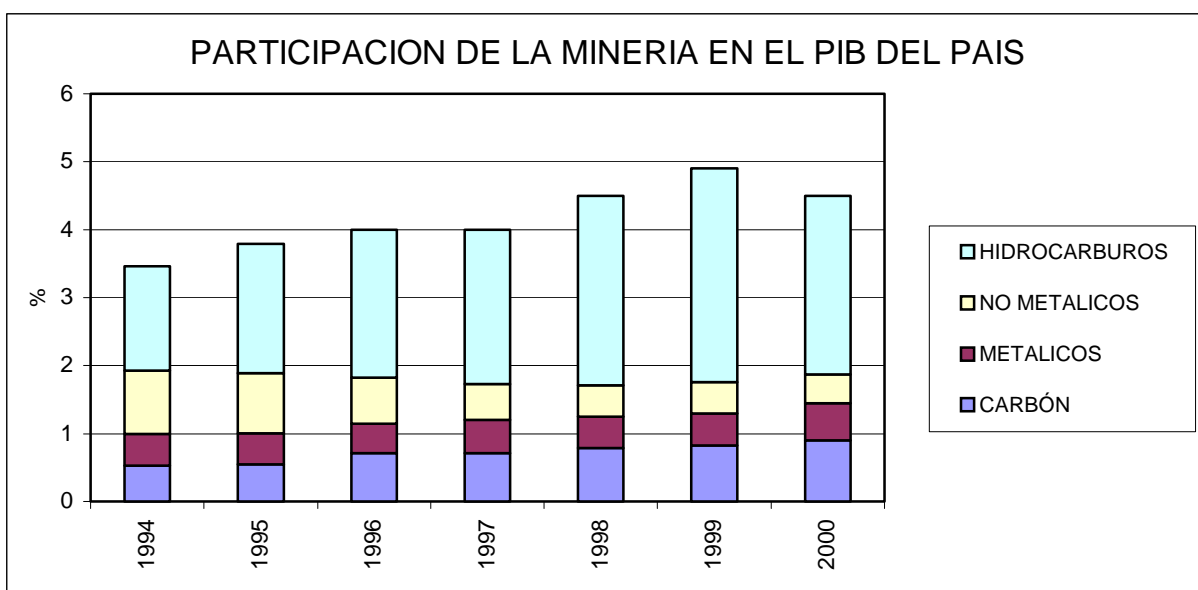
Todos estos recursos son obtenidos a partir de las regalías que deben pagar las personas que figuran en la licencia de explotación, estas regalías corresponden al 5% del valor base de \$19.594 por tonelada para el primer trimestre del 2002, y el pago debe realizar trimestralmente y debe ser sobre la cantidad de toneladas vendidas (ANEXO 8).

Los recursos son canalizados a través del Fondo Nacional de Regalías que lo distribuye a cada una de las regiones del país.

Los recursos se utilizan para el fomento de la minería a través de INGEOMINAS y la EMPRESA NACIONAL MINERA LTDA con un 70%, y a través de instituciones de investigación como son GEOCIENCIAS, Minería y Química, e Ingeominas, en un 30%.<sup>18</sup>

La explotación a través del tiempo en Colombia no se ha aprovechado en su totalidad, debido a que la inversión privada y estatal no ha sido lo suficientemente grande para aumentar la participación de la pequeña y mediana minería con respecto al PIB del país. Además, la inversión se ha centrado en la región del norte del país debido a su potencial para los mercados internacionales.

Si hacemos una comparación del carbón y otro tipo de minería con respecto al PIB como se presenta en la gráfica 9,



Gráfica 10. MINERCOL, BASE DE DATOS BIBLIOTECA 2002

El gráfico muestra la participación de la minería con respecto al PIB en términos porcentuales.

<sup>18</sup> Información suministrada por Minercol, Feria empresarial septiembre 2002.

podemos observar que el sector de la minería con mayor participación ha sido el carbón y los hidrocarburos, además del incremento con respecto al PIB. Esto se debe al potencial y a las reservas con las que cuenta el país. Sin embargo, si observamos cómo ha venido siendo la producción por regiones (ANEXO 4), vemos que casi todo el desarrollo se centra en la región norte.

A pesar de que la tasa de crecimiento de la economía ha venido disminuyendo de 1995 a 1999, el carbón se ha logrado consolidar como un renglón importante para la economía colombiana y por lo tanto requiere que haya una mayor inversión para ser aprovechado al máximo. Se cuenta con reservas del mineral que puede permitir mayores volúmenes de explotación en todo el país, su ubicación y su calidad pueden permitir que se desarrolle aun más en el mercado internacional.

Dentro de las variables del entorno se deben tener en cuenta los factores legales que influyen en el sector, aspectos que al momento de tomar una decisión deben ser tenidos en cuenta con el fin de no tener problemas posteriormente.

Dentro de estos factores se deben tener en cuenta la legislación laboral, minera, ambiental y social. La actividad minera se encuentra regulada por:

Propiedad privada del subsuelo (ley 20 de 1969)

Propiedad de recursos naturales no renovables (decreto 001 de 1993)

Disposición en materia de seguridad minera (decreto 0035 de 1994)

Ley 141 28 de junio de 1994

Decreto no 145 19 de enero de 1995

Inscripción del registro minero (decreto 501 de 1995)

Decreto 0600 26 de marzo 1996

Decreto no 2141 de 1999

Código de minas (ley 685 de 2001)

MII-2002-2-03

Mediante la resolución 181130 del 7 de septiembre del 2001, el ministerio de Minas y Energía delegó la mayoría de sus funciones con autoridad minera a la Empresa Nacional Minera (MINERCOL)

Dentro de la legislación para la explotación minera en Colombia, es necesario tener en cuenta la liquidación y el recaudo de las regalías del carbón (ANEXO 9).

#### 4. MODELO DE OPTIMIZACION DE INVERSION

Para la toma de decisión de inversión en el sector del carbón se debe establecer cual va a ser el retorno sobre la inversión. Para esto es necesario definir el monto del rendimiento que nos va a generar el capital que se invierte en un intervalo de tiempo.

A continuación se presenta un modelo de optimización en donde se establece una función objetivo que busca maximizar la rentabilidad a partir de los niveles de demanda y precio de cada uno de los productos además de las restricciones de cada empresa.

Para la validación del modelo, se utilizo en una empresa de la región de Cundinamarca. La empresa contaba con los tres tipos de negocios del sector que son: explotación en mina subterránea, comercialización y procesamiento, esto con el fin de determinar su rentabilidad para el año 2002 y compararlo con la rentabilidad obtenida.

El objetivo del modelo es el de mostrarle al inversionista que con unos niveles de precio y demanda debidamente pronosticados, y teniendo en cuenta las restricciones y las capacidades de la empresa se puede generar un nivel de rentabilidad descontada en el tiempo a la tasa del inversionista para ser comparado con el nivel de inversión inicial. Adicionalmente, el modelo muestra los niveles óptimos de producción para cada uno de los periodos en cada uno de los productos.

##### 4.1. MODELO DE INVERSION



El diseño del modelo de inversión se desarrollo teniendo en cuenta los factores que afectan la producción dentro del sector del carbón, además de utilizar los costos asociados al negocio. Esto implica que la utilidad va a estar dada por los niveles de venta menos los costos asociados a la operación del negocio.

#### 4.1.1. DEFINICION DE VARIABLES

Para el modelo de inversión resulta necesario plantear una serie de variables de la siguiente forma.

- $D_{it}$  = Demanda del producto  $i$  para el período  $t$ .
- $T_{it}$  = Capacidad de planta del producto  $i$  para el período  $t$  medido en horas.
- $F_t$  = Capacidad de cargador (es) para el período  $t$  medido en horas.
- $E_i$  = Tiempo gastado del cargador (es) en el producto  $i$  medido en horas.
- $A_i$  = Tiempo gastado en producir el producto  $i$  medido en horas.
- $Md_{it}$  = Cantidad de materia prima disponible del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $Hd_{it}$  = Costo de mantener inventario de materia prima del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $P_{it}$  = Precio de mercado del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $Cin_{it}$  = Costo de materia prima para el producto  $i$  en el período  $t$ .
- $CM_{it}$  = Costo de manufactura del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $Hb_{it}$  = Costo de mantener inventario del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $Pb_{it}$  = Costo de faltante del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $X_{it}$  = Número de unidades producidas del producto  $i$  en el período  $t$ .
- $Id_{it}$  = Inventario de materia prima del producto  $i$  al final del período  $t$ .
- $Ib_{it}$  = Cantidad del producto  $i$  al final del período  $t$ .
- $Ib_{it+}$  = Inventario del producto  $i$  al final del período  $t$ .
- $Ib_{it-}$  = Faltantes del producto  $i$  al final del período  $t$ .

MII-2002-2-03

$CF_i$  = Costos Fijos de producción del producto  $i$ .

$K$  = Tasa de descuento del inversionista.

$i = \{1, 2, 3, \dots, n\}$

$t = \{1, 2, 3, \dots, m\}$

Donde  $n$  corresponde a la cantidad de productos que esta manejando la compañía y  $m$  corresponde al numero de periodos que se quiere analizando.

#### 4.1.2. DISEÑO DEL MODELO

Teniendo en cuenta las variables anteriormente mencionadas, se debe maximizar la función:

Maximizar

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m \frac{P_{it} X_{it} - \{Hb_{it} Ib_{it}^+ + Pb_{it} Ib_{it}^- + Hd_{it} Id_{it}\} + [CM_{it} + CIN_{it}] X_{it} + CF_i}{(1+K)^t}$$

Que corresponde a los niveles de ingreso  $P_{it} X_{it}$  por producto y por periodo, menos los costos totales que se encuentran discriminados por los costos de mantener inventarios  $Hb_{it} Ib_{it}^+ + Pb_{it} Ib_{it}^- + Hd_{it} Id_{it}$ , los costos de producción por tonelada  $[CM_{it} + CIN_{it}] X_{it}$  y los costos fijos  $CF_i$ .

Sujeto a:

$$Id_{it} = Id_{i,t-1} + Md_{it} - X_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$Ib_{it} = Ib_{i,t-1} + X_{it} - D_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$Ib_{it} = Ib_{it}^+ - Ib_{it}^- \quad \forall i, t \geq 1$$

$$A_i X_{it} \leq T_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^n E_i X_{it} \leq F_t \quad \forall t \geq 1$$

$$X_{it}, Ib_{it}^+, Ib_{it}^-, Ib_{it}^-, P_{it}, Id_{it} \geq 0 \quad \forall i, t$$

$$i = \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$t = \{1, 2, 3, \dots, m\}$$

Esto para cada una de las empresas que se encuentren en el sector, sin embargo varia dependiendo la cantidad de productos que maneje la empresa y la cantidad de periodos pronosticados por la empresa.

#### 4.1.3. VALIDACION

Para el proceso de validación, se utilizo una empresa del sector utilizando el modelo anteriormente mencionado y se corrió en Gams con el fin de encontrar cual va fue el ingreso total para el año (2002). Toda la información fue suministrada por la empresa Carboexport Ltda. ubicada en las afueras de Tausa Cundinamarca.

#### PLANTEAMIENTO Y MODELAJE DEL PROBLEMA.

El modelo que se plantea hace referencia a las dos clases de inventarios que se llevan, el de toneladas de materia prima y el de toneladas material procesado. Se llevan los costos de faltantes, mantenimiento de inventarios y de producción.

MII-2002-2-03

Se utilizaron las variables presentadas anteriormente para definir la función objetivo y sus restricciones con los datos suministrados por la empresa.

DEFINICIÓN DE FUNCIÓN OBJETIVO.

Maximizar

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{t=1}^{12} \frac{P_{it} X_{it} - \{Hb_{it} Ib_{it}^+ + Pb_{it} Ib_{it}^- + [CM_{it} + CIN_{it}] X_{it} + Hd_{it} Id_{it} + CF_i\}}{(1+K)^t}$$

Sujeto a:

$$Id_{it} = Id_{i,t-1} + Md_{it} - X_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$Ib_{it} = Ib_{i,t-1} + X_{it} - D_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$Ib_{it} = Ib_{it}^+ - Ib_{it}^- \quad \forall i, t \geq 1$$

$$A_i X_{it} \leq T_{it} \quad \forall i, t \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^n E_i X_{it} \leq F_t \quad \forall t \geq 1$$

$$X_{it}, Ib_{it}^+, Ib_{it}^-, Ib_{it}^-, P_{it}, Id_{it} \geq 0 \quad \forall i, t$$

$$i = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$t = \{1, 2, 3, \dots, 12\}$$

A continuación se muestra el desarrollo del modelo en el programa de optimización GAMS con los datos suministrados por la empresa Carboexport Ltda. para el año 2002.

sets

t periodos /0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12/

i productos /1,2,3,4/;

parameters

MII-2002-2-03

capacidad(t) capacidad cargador en horas del periodo t. La primer columna corresponde a el periodo y la segunda corresponde a la capacidad en horas del cargador para el periodo correspondiente.

/0	0
1	322
2	308
3	315
4	294
5	329
6	280
7	350
8	301
9	336
10	336
11	287
12	294/

Tasa(t) tasa de descuento del inversionista que en este caso corresponde a 27% anual.

/0	1
1	1.0201
2	1.04
3	1.06
4	1.08
5	1.1
6	1.127
7	1.149
8	1.172
9	1.196
10	1.22
11	1.245
12	1.27/

tiempo(i) tiempo gastado del cargador por tonelada en horas para el producto i.

/1	0.057
2	0.064
3	0.064
4	0.24/

invIni(i) inventario inicial del producto i en t=0. i corresponde a la primera columna.

/1	0
2	0
3	0
4	0/

F(i) Costos fijos de infraestructura del producto i por periodo

MII-2002-2-03

/1 1138333  
 2 686666  
 3 918333  
 4 2796666/;

table Pr(i,t) Precio planta del producto i en el periodo t. La primera columna corresponde al tipo de producto y la primera fila corresponde al periodo.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	30000	30120	30240	30361	30483	30605	30727	30850	30974	31097	31222	31347
2	0	34000	34000	34000	34000	34000	34000	35000	35000	35000	35000	35000	35000
3	0	38000	38160	38321	38482	38644	38806	38970	39134	39298	39463	39629	39796
4	0	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000;

table D(i,t) demanda del producto i en el periodo t

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	250	468	650	435	495	535	512	565	600	590	545	607
2	0	1133	1323	1335	1182	1297	1347	1535	1212	1265	1432	1387	1150
3	0	415	456	485	472	545	415	310	432	485	465	514	495
4	0	385	432	394	445	538	650	720	680	660	658	427	348;

table Mckd(i,t) material disponible al inicio del periodo t para el producto i

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	355	458	730	384	532	620	484	515	436	632	644	541
2	0	1250	1350	1330	1200	1230	1350	1450	1250	1240	1450	1370	1200
3	0	430	450	520	480	510	450	520	440	420	460	450	430
4	0	395	450	485	465	648	627	648	648	627	618	427	448;

table Hbu(i,t) costo de mantenimiento de inventario de una tonelada de i en el periodo t

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	420	421	423	425	426	428	430	431	433	435	437	438
2	0	504	506	508	510	512	514	516	518	520	522	524	526
3	0	560	562	564	566	569	571	573	575	578	580	582	585
4	0	1680	1680	1693	1700	1707	1713	1720	1727	1734	1741	1748	1755;

table Hckd(i,t) costo de mantenimiento de inventario de una tonelada de materia prima del producto i en el periodo t

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	660	663	665	668	671	673	676	679	681	684	687	690
2	0	792	795	798	802	805	808	811	814	818	821	824	828
3	0	880	884	887	891	894	898	901	905	909	912	916	920
4	0	2640	2651	2661	2672	2682	2693	2704	2715	2726	2737	2748	2759;

table Pbu(i,t) costo faltantes de una tonelada de producto terminado del producto i en el periodo t

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	7416	7446	7475	7505	7535	7566	7596	7626	7657	7687	7718	7749
2	0	3801	3816	3831	3847	3862	3878	3893	3909	3924	3940	3956	3972
3	0	3881	3897	3912	3928	3943	3959	3975	3991	4007	4023	4039	4055
4	0	28951	29067	29183	29300	29417	29535	29653	29771	29891	30010	30130	30251;

table Cin(i,t) costo materia prima por tonelada del producto i en el periodo t

## MII-2002-2-03

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	26923	27031	27139	27247	27356	27466	27576	27686	27797	27908	28020	28132
3	0	30820	30943	31067	31191	31316	31441	31567	31693	31820	31947	32075	32204
4	0	34740	34879	35018	35159	35299	35440	35582	35724	35867	36011	36155	36300;

table Cm(i,t) costo manufactura de tonelada del producto i en el periodo t

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	22584	22674	22765	22856	22948	23039	23131	23224	23317	23410	23504	23598
2	0	3249	3262	3275	3288	3301	3315	3328	3341	3354	3368	3381	3395
3	0	3309	3322	3336	3349	3362	3376	3389	3403	3416	3430	3444	3458
4	0	56309	56534	56760	56987	57215	57444	57674	57905	58136	58369	58602	58837;

### Variables

x(i,t) nivel de produccion

lbu(i,t) nivel de inventario de producto terminado del producto i en el periodo t

lbumas(i,t) nivel de inventario de producto terminado del producto i en el periodo t

lbumenos(i,t) nivel de inventario de producto terminado del producto i en el periodo t

lckd(i,t) nivel de inventario de materia prima del producto i en el periodo t

z costos totales;

positive variable x,lbu,lbumas,lbumenos,lckd;

\*integer variable x,lbu,lbumas,lbumenos,lckd;

### Equations

costos funcion objetivo definida

invl(i) inventario inicial para el producto i en t=0 en toneladas

invCkd(i,t) inventario de materia prima en toneladas

invBu(i,t) inventario de producto terminado

invBui(i,t) nivelacion inventario

cap(t) capacidad;

costos.. z = e= sum((i,t),(Pr(i,t)\*D(i,t)-

(Hbu(i,t)\*lbumas(i,t)+Pbu(i,t)\*lbumenos(i,t)+Cm(i,t)\*x(i,t)+Cin(i,t)\*x(i,t)+Hckd(i,t)\*lckd(i,t)+F(i))/Tasa(t));

invl(i).. lckd(i,'0') = e= invlni(i);

invCkd(i,t)\$(ord(t) ge 1).. lckd(i,t)=e=lckd(i,t-1)+Mckd(i,t)-x(i,t);

invBu(i,t)\$(ord(t) ge 1).. lbu(i,t)=e=lbui(i,t-1)+x(i,t)-D(i,t);

invBui(i,t)\$(ord(t) ge 1).. lbu(i,t)=e=lbumas(i,t)-lbumenos(i,t);

cap(t)\$(ord(t) ge 1).. sum(i,tiempo(i)\*x(i,t))=l=capacidad(t)

Model proyecto /all/;

MII-2002-2-03

solve proyecto using lp maximizing z;

display x.l;

El modelo que se introdujo en el paquete de optimización, se planteó originalmente para solo 4 tipos de productos (térmico >13% de cenizas, <13% de cenizas, Carbón coquizable y carbón coque), esto con el fin de saber como se comportaba el modelo de optimización.

La solución que muestra el programa es la siguiente:

```
**** SOLVER STATUS          1 NORMAL COMPLETION
**** MODEL STATUS           1 OPTIMAL
**** OBJECTIVE VALUE        145.964.990
```

Podemos observar que la solución arrojada por el paquete de optimización es \$145.964.990 de rentabilidad antes de impuestos, este valor representa una solución óptima que cumple todas las restricciones del problema y corresponde al valor recibido por la empresa sin tener en cuenta el impuesto a la renta del 38,5% para el 2002, este valor se aproxima al valor real obtenido por la compañía. La empresa corresponde a una inversión de 460 millones de pesos.

Los valores de las variables relevantes son:

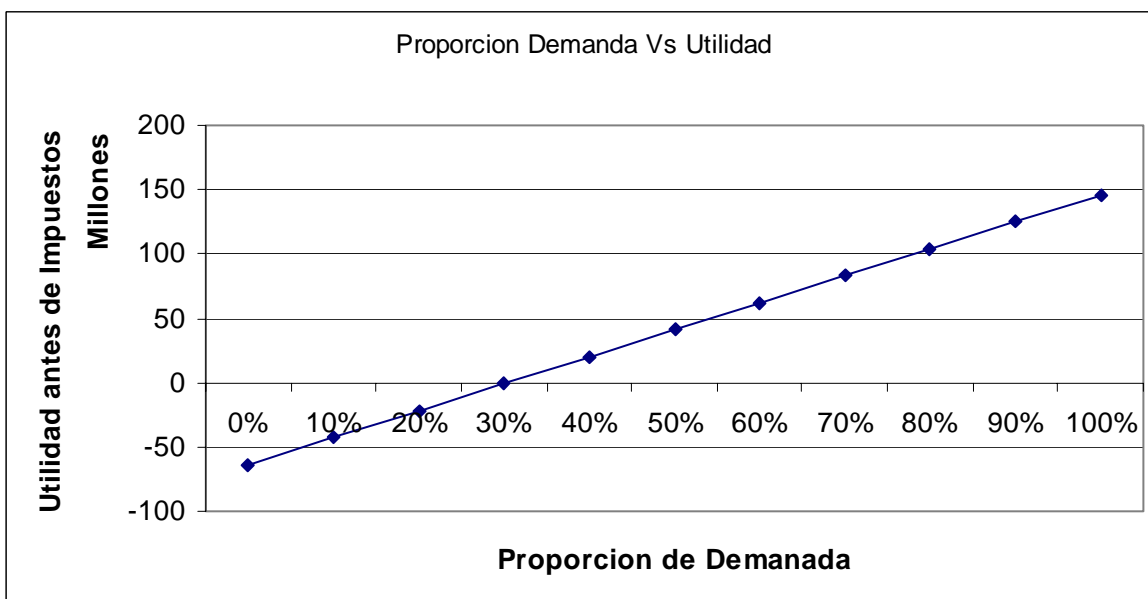
123 VARIABLE x(i,t).L nivel de producción en toneladas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	355	458	730	384	532	620	484	515	436	632	644	462
2	1250	1350	1330	1200	1230	1350	1450	1250	1240	1450	1370	1128
3	430	450	520	480	510	450	520	440	420	460	450	359
4	395	450	485	465	648	539	735	648	627	618	427	299



MII-2002-2-03

Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad en donde se varió la demanda para observar el comportamiento de la utilidad antes de impuestos como se muestra en la gráfica 11



Gráfica 11. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA UTILIDAD CON RESPECTO A LA DEMANDA PARA LA EMPRESA CARBOEXPORT LTDA

teniendo en cuenta que si la demanda es de 0, la empresa cuenta con costos de \$64'139.495 para el 2002. Sin embargo es necesario establecer los gastos financieros, lo que produciría un desplazamiento de la recta.

Si la empresa decidiera realizar una producción de solo tres de los cuatro productos (térmico >13% de cenizas, <13% de cenizas, Carbón coquizable y carbón coque), se obtuvo:

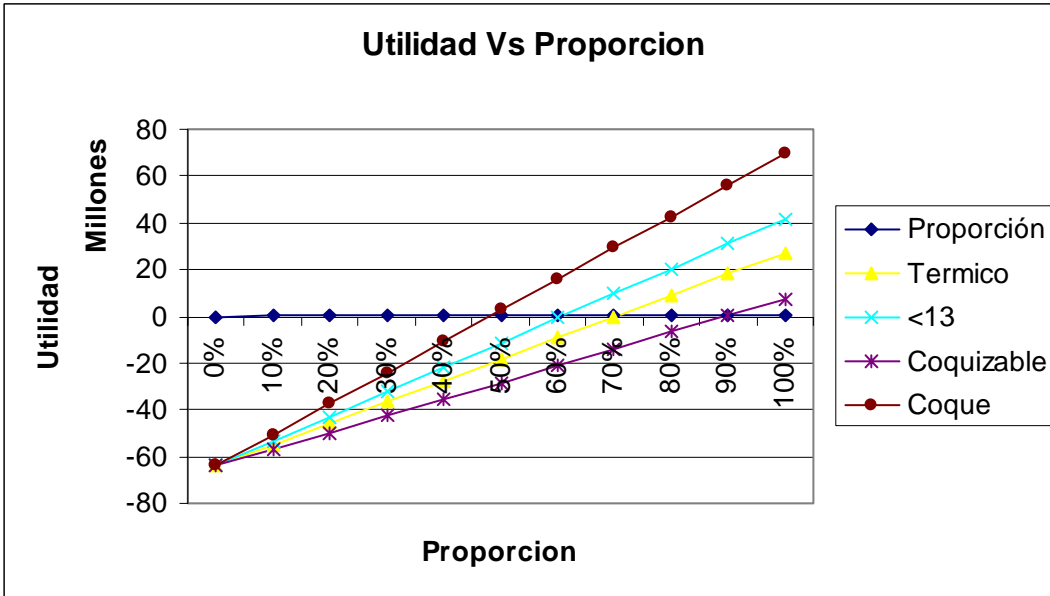
Productos 1,2 y 3 únicamente, la utilidad seria de \$ 44.220.673

Productos 1,2 y 4 únicamente, la utilidad seria de \$ 127.739.500

Productos 1,3 y 4 únicamente, la utilidad seria de \$ 96.481.416

Productos 2,3 y 4 únicamente, la utilidad seria de \$ 105.506.560

Si solo se produce cada uno de los productos y se varia la demanda como se muestra en la gráfica 12



Gráfica 12. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA UTILIDAD CON RESPECTO A LA DEMANDA PARA CADA PRODUCTO EN LA EMPRESA CARBOEXPORT LTDA.

el producto que tiene una mayor utilidad es el carbón coque, sin embargo la inversión es mayor debido a la infraestructura que requiere. Sin tener en cuenta la inversión, la utilidad contable para cada uno de los productos es de \$27.279.345, \$41.533.678, \$7.593.462 y \$69.365.831 respectivamente asumiendo que la empresa no cuenta con costos de los demás productos. Se puede observar que el producto con menor utilidad es el carbón coquizable. Esto es debido a que la empresa se encuentra en una región en donde existen mas empresas de coquización y la producción de carbón coquizable es muy reducida lo que hace que el que coloca el productor sea mayor y el margen de comercialización sea menor.

Con este modelo se puede observar cual es la rentabilidad de la inversión teniendo en cuenta los niveles de demanda y precios para cada uno de los periodos. También se puede utilizar para establecer los niveles de producción e inventarios para cada producto.

#### 4.2. MODELO DE TRANSPORTE

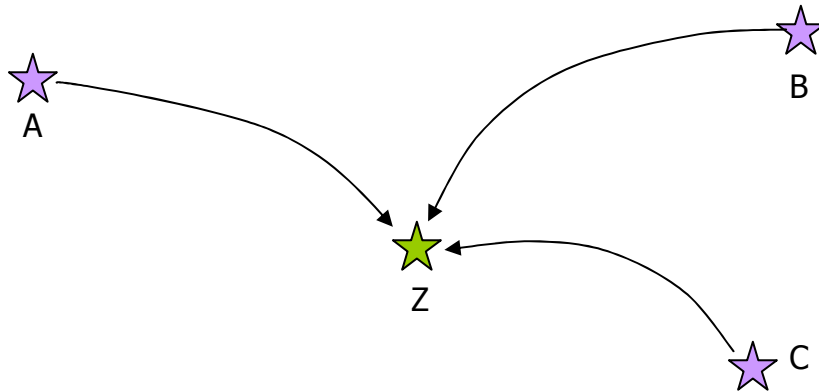
Uno de los principales problemas con los que cuenta la explotación minera en Colombia, es el sistema de transporte, debido a sus elevados costos para poder llevarlo de las minas de explotación a los diferentes puertos del país para su posterior exportación. Teniendo en cuenta que el mercado nacional es muy pequeño y muy poco desarrollado, convierte a la exportación en el mercado mas importante para las empresas nacionales (ANEXO 1).

Los atrasos del país en cuanto a medios de transporte, hacen que el mercado se cierre aun más y más. El atraso en los sistemas férreos, los continuos paros de transporte y los problemas de seguridad generan desconfianza al momento de realizar una inversión de este estilo. Un día de retraso del producto en puerto puede significar US \$10.000<sup>19</sup> aproximadamente, lo que hace que el cumplimiento de la entrega se convierta en un factor determinante.

Si tomamos que existe una economía perfecta y una empresa requiere una cantidad de carbón en el puerto Z, y para esto tiene tres posibles proveedores (A, B y C) como se muestra a continuación

---

<sup>19</sup> Información suministrada por la empresa CARBOCOQUE, empresa destinada a la producción, comercialización y exportación de carbón coque.



Si el producto es homogéneo y las tres empresas tienen la posibilidad de venderle al cliente Z, entonces se escogerá al que menor costo total tenga. De esta forma las compañías se deben preocupar por:

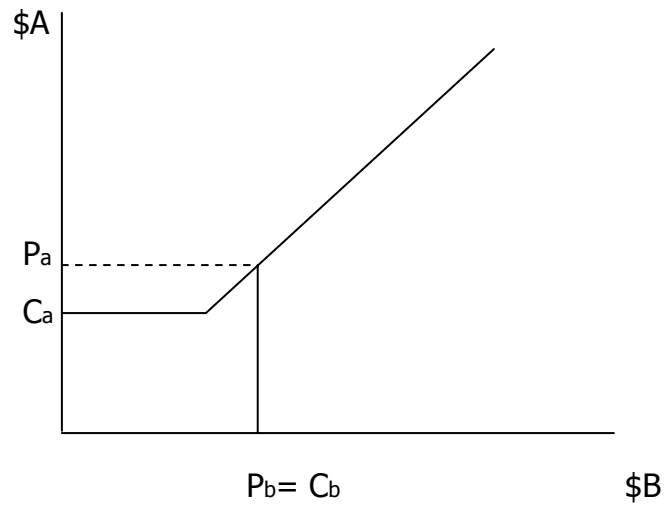
Minimizar

$$\text{CostoTotal} \equiv C_i * Q_i + H_i * Q_i + T_i * Q_i$$

Donde  $C_i$  corresponde al costo de producción de una tonelada de carbón,  $Q_i$  es la cantidad de carbón que se vende al cliente,  $H_i$  es el costo promedio de almacenamiento de una tonelada de carbón y  $T_i$  es el costo de transportar el carbón de la planta al puerto.

En este caso se tomó un costo de almacenamiento debido a que es necesario almacenarlo para lograr la cantidad requerida. Dentro de estos costos de almacenamiento también se deben incluir los costos de manejo del carbón.

Una vez encontrados los costos totales, estos son comparados con el precio que está dispuesto a pagar el cliente, sin embargo si comparamos dos de las tres empresas y asumimos que el producto es homogéneo



tenemos que la empresa A puede ofrecer un precio  $P_a$  menor que  $P_b$  ya que los costos de A son menores que el precio de B en donde el precio de B es igual al costo de B.

## 5. CONCLUSIONES

A través de los años el sector del carbón ha venido creciendo por medio de la inversión privada y estatal, sin embargo esta inversión no ha sido suficiente para promover y aumentar la producción del sector en varias regiones del país. La inversión privada se ha centrado principalmente en la región de la guajira por medio del ingreso de multinacionales como la Exxon, Drummond, Glencore, Amcoal y Rio Tinto que se encargan de realizar grandes inversiones con el fin de reducir sus costos teniendo en cuenta las economías de escala. En regiones como la del valle y centro del país, la inversión privada esta centrada en pequeñas empresas nacionales que ven en el sector una oportunidad de negocio con el fin de satisfacer el mercado nacional.

La continua preocupación de las naciones del mundo por la reducción de las emisiones, hacen que el carbón sea un mercado incierto. Sin embargo las modificaciones deben realizarse lentamente. En el transcurso de los cambios que los países van a realizar, va a ser necesario utilizar carbón de excelente calidad lo que coloca a Colombia con una ventaja sobre otros países productores.

La explotación de carbón se encuentra regulada por el estado que a su vez se encarga de controlar que esta se este realizando de forma ordenada sin abusos y sin destruir el ecosistema. Sin embargo estos controles no se llevan a cabo en todos los puntos de explotación lo que genera una cierta ventaja competitiva para aquellos que infringen la ley. Es necesario establecer mejores controles tanto de explotación como de condiciones laborales las cuales no son tenidas en cuenta por los actuales productores.

El pago de prestaciones laborales en muchos casos no se llevan a cabo, como también el pago de regalías, impuestos y demás controles. Aunque el estado se

MII-2002-2-03

esta tecnificando y cada día mas disminuye la evasión, en este sector no se llevan los debidos controles por parte de las entidades gubernamentales. Solo las grandes empresas se encargan de exigir que se estén llevando este tipo de controles. Esto no garantiza que sea del todo eficaz, debido a que solo se le exige al intermediario y no al productor que le vende a éste.

El mercado se encarga de regular el precio y de establecer las condiciones de los contratos, a medida que hay una mayor oferta, el cliente tiene una ventaja sobre el productor. Sucede lo contrario cuando existe una sobre demanda en donde el productor es el que se encarga de colocar las condiciones.

Existen en el mercado del carbón cooperativas que buscan agrupar a pequeños productores, sin embargo estas cooperativas no han logrado posesionarse y establecer políticas claras en el sector.

la calidad del carbón así como su contenido de cenizas, humedad, azufre y material volátil, se constituye en un factor determinante a la hora de vender, comprar o procesar el carbón, de igual forma es necesario establecer los requerimientos del cliente y cuales son las necesidades del mismo.

En la actualidad los mineros están recibiendo una capacitación gracias al convenio MINERCOL – SENA tanto el proceso de coquización como en la explotación minera, lo que permite un mejor desempeño de la labor en las plantas de producción.

De los procesos de muestreo existentes, las empresas utilizan el tipo de muestreo simple por lotes especificado en la norma ASTM 2234, con el fin de agilizar y simplificar el proceso de recolección de muestras para su posterior análisis, además de su aceptación en el mercado internacional para poder cumplir con las exigencias

MII-2002-2-03

de los mercados. Sin embargo este muestreo no se llevan a cabo en todos los procesos. Solo aquellas intermediarios o empresas que venden directamente a grandes compañía realizan este tipo de muestreo y análisis.

El análisis de la materia prima permite disminuir los costos asociados a los problemas causados debido a la calidad del carbón suministrado por los proveedores. En muchas ocasiones se castiga al productor o comercializador por la calidad, este castigo significa una reducción del ingreso neto.

La producción es flexible y puede tomarse como una ventaja competitiva, sin embargo es necesario establecer una estructura organizacional y definir el tipo de contrato con los clientes y como va a ser la política salarial.

Dentro de los productos que se manejan en el sector, la producción del carbón coque es la que genera un mayor margen de utilidad por tonelada. Sin embargo para producir una tonelada es necesario utilizar una mayor cantidad de recursos que los que se manejan en la comercialización y explotación.

En la comercialización de carbón resulta necesario manejar volúmenes (Grandes cantidades), mientras que en la producción de carbón coque y el procesamiento del carbón, se necesita tener la calidad exigida por el comprador.

El transporte se constituye en un factor determinante del precio. Lo que resulta necesario saber encontrar la ubicación de la mina de explotación o de la planta de procesamiento de carbón. Las vías de acceso también constituyen un factor que puede ser determinante al momento de invertir.



MII-2002-2-03

Para lograr establecer si se quiere invertir o no en el sector, es necesario tener en cuenta una serie de factores que reduzcan los costos y coloque a la compañía en una posición competitiva ante los demás.

## BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO, Octava edición-Volumen II, Theodore Baumeister, Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III, McGRAW-HILL.

DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO U.T.E.H.A, Unión Tipográfica Editorial Hispano América, México 1953.

LA REALIDAD DEL PROYECTO 218 SENADO – 107 CAMARA POR EL CUAL SE CREA EL CARGO DE FIRMEZA Y CONFIABILIDAD (CFC) DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL(SIN), Ministerio de Minas y Energía, Santafé de Bogota, Abril de 1998 COLOMBIA.

CARBOCOL, empresa productora y comercializadora de carbón.

[www.carbocol.gov.co](http://www.carbocol.gov.co)

REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Minas y Energía.

[www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)

GRUPODEBULLET, empresa vinculada al sector minero.

[http://www.grupodebullet.com/codigo\\_minero\\_inversiones\\_en\\_colombia](http://www.grupodebullet.com/codigo_minero_inversiones_en_colombia)

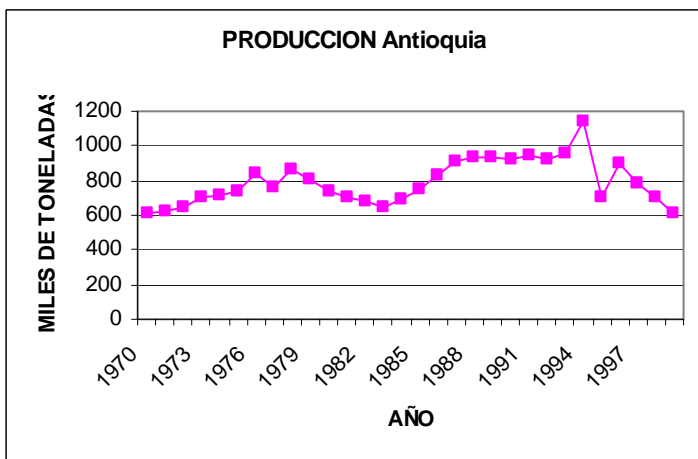
Efectos del protocolo de Kioto sobre las exportaciones de carbón Colombiano hacia el mercado Europeo, Hernán Mauricio Gonzáles Figueroa 2001

Diseño de un plan financiero y estrategia para una compañía carbonífera, Cristian Arce y Juan Felipe Quintero. 2001.

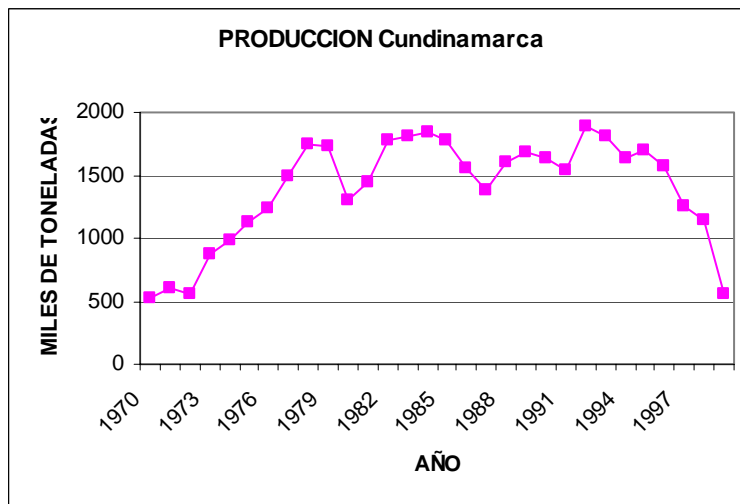
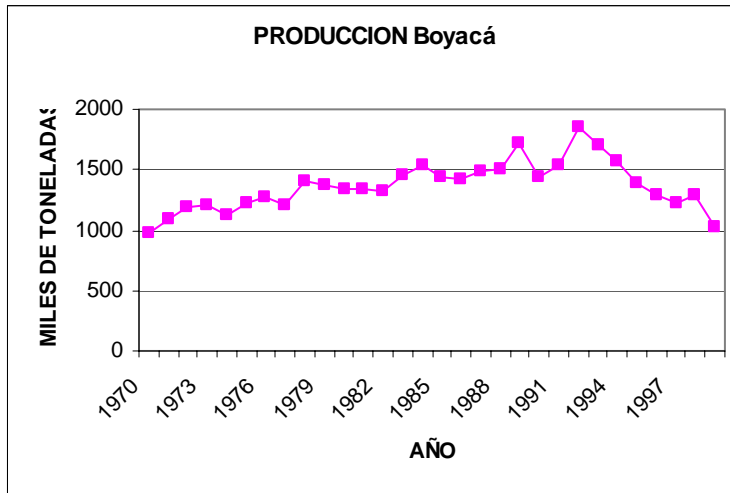
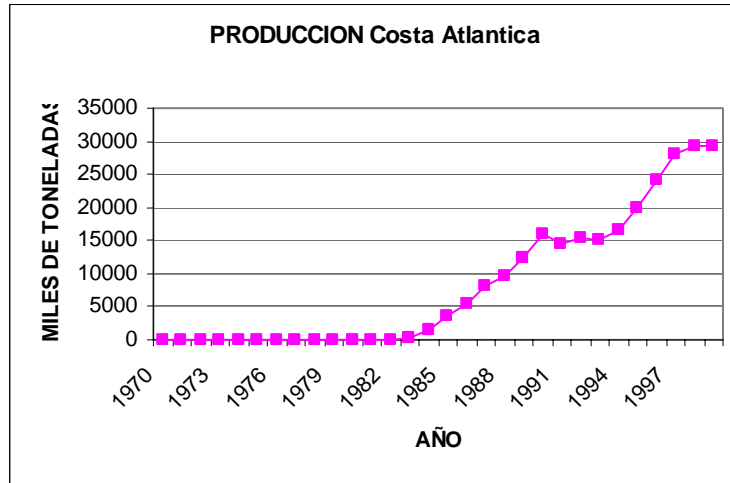
# ANEXOS

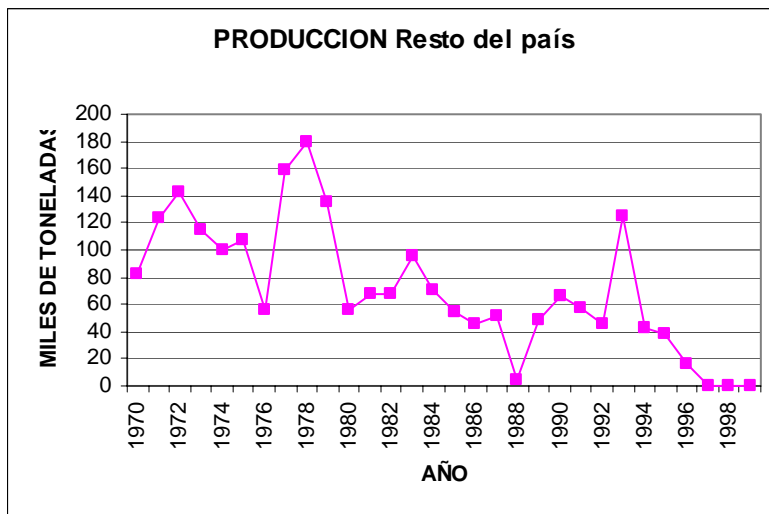
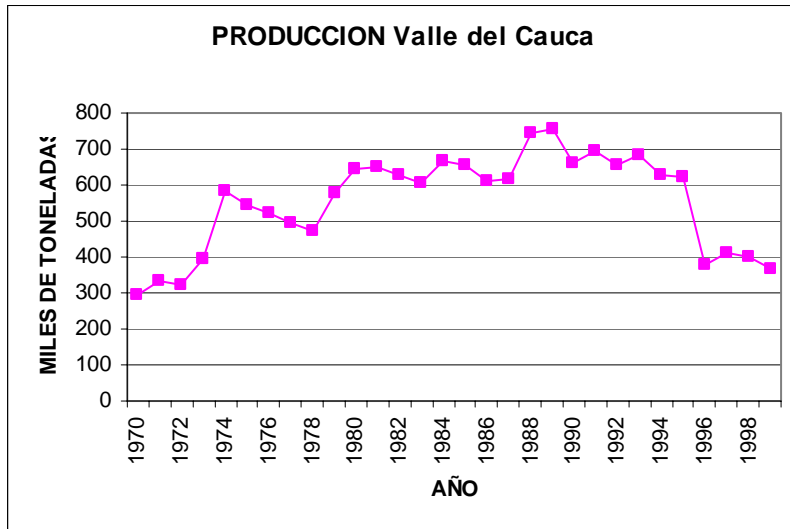
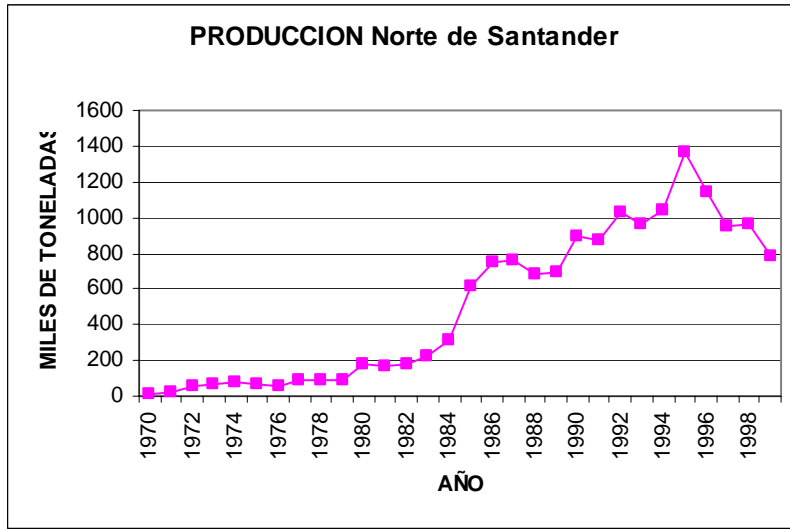
ANEXO 1<sup>20</sup>

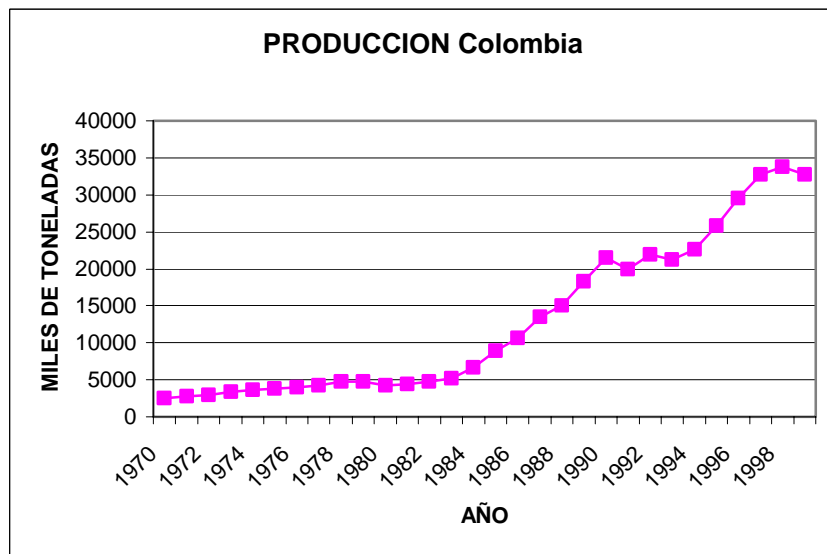
PRODUCCION DE CARBON EN COLOMBIA*								
Año	Antioquia	Boyaca	Costa Atlántica	C/marca	N. Santander	Valle y Cauca	Resto del país	Total
1970	612	980	0	522	8	295	83	2500
1971	624	1092	0	605	20	336	123	2800
1972	644	1183	0	548	58	325	142	2900
1973	702	1200	0	870	70	393	115	3350
1974	716	1128	0	990	83	583	100	3600
1975	741	1216	0	1124	65	547	107	3800
1976	848	1276	0	1236	60	524	56	4000
1977	766	1207	0	1488	92	492	159	4204
1978	870	1407	0	1740	86	471	180	4754
1979	806	1367	0	1734	90	580	135	4712
1980	736	1338	2	1302	176	644	56	4254
1981	707	1337	1	1442	169	651	67	4374
1982	680	1330	76	1784	178	630	67	4745
1983	650	1458	336	1806	219	605	95	5169
1984	689	1537	1523	1834	313	665	71	6632
1985	749	1442	3560	1780	616	658	55	8860
1986	828	1421	5426	1562	748	613	45	10643
1987	911	1483	8260	1377	762	614	52	13459
1988	937	1497	9590	1610	686	742	4	15066
1989	932	1723	12502	1675	694	758	48	18332
1990	923	1438	15848	1642	894	661	66	21472
1991	943	1542	14344	1540	869	697	57	19992
1992	919	1855	15519	1881	1030	655	46	21905
1993	953	1702	14992	1804	966	681	125	21223
1994	1139	1564	16605	1638	1046	630	43	22665
1995	707	1389	20039	1706	1368	622	38	25869
1996	900	1288	24275	1566	1142	377	16	29564
1997	784	1215	28125	1250	955	413	0	32742
1998	700	1295	29246	1150	960	400	0	33751
1999	610	1030	29405	556	787	366	0	32754



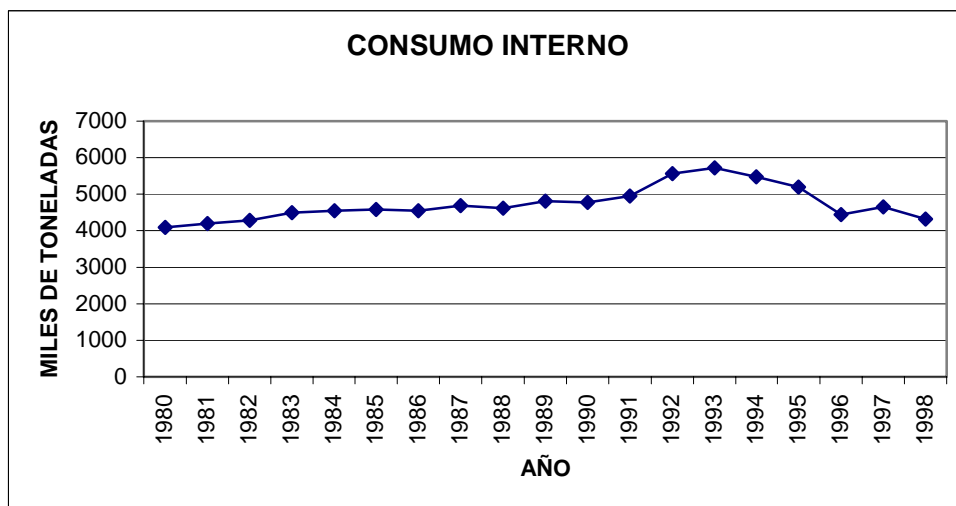
<sup>20</sup> [http://www.dnp.gov.co/03\\_PROD/BASES/2b\\_inf.htm](http://www.dnp.gov.co/03_PROD/BASES/2b_inf.htm)







Año	Consumo	Exportaciones
1980	4094	95
1981	4196	89
1982	4293	175
1983	4491	278
1984	4550	721
1985	4584	3166
1986	4545	5084
1987	4698	8938
1988	4618	10121
1989	4821	12487
1990	4777	13505
1991	4947	16379
1992	5562	14614
1993	5715	17616
1994	5476	18437
1995	5198	18274
1996	4445	24781
1997	4648	27580
1998	4325	30061





## ANEXO 2

Entre las diferentes clases de carbón podemos encontrar:<sup>2</sup>

La metaantracita es un carbón cuya composición y estructura son semejantes a las del grafito. En general, requiere tiempo para entrar en ignición y es difícil de quemar. Tiene poca importancia comercial en la actualidad.

La antracita llamada algunas veces carbón duro, es duro, compacto y negro brillante, en general con una fractura en forma de concha. Entra en ignición con cierta dificultad y se quema con llama azul, corta y sin humo. La antracita se usa para calentamiento y como fuente de calor. También se emplea en plantas de generación de electricidad cercanas a zonas de producción de antracita. En la industria del hierro y el acero, la antracita se utiliza mezclada con el carbón bituminoso para hacer coque, para sintetizar minerales de hierro finos, para revestir recipientes y moldes, para calentar y sustituir del coque en fundiciones.

La semiantracita es densa, pero más suave que la antracita. Se quema con llama azulada, corta y limpia y se enciende un poco más fácil que la antracita. Los usos son casi los mismos que los de la antracita.

El carbón bituminoso, poco volátil es negro grisáceo, de estructura granular y frágil en cuanto a su manejo. Se apelmaza en el fuego y se quema con flama corta, sin humo en cualquier condición de quemado. Se utiliza para calentamiento y producción de vapor y como un constituyente de mezclas para mejorar la fuerza del coque de carbones bituminosos muy volátiles. Los carbones bituminosos poco

---

<sup>2</sup> MANUAL DEL INGENIERO MECANICA, Octava edición, Volumen II, Theodore Baumeister, pag 7-2 COMBUSTIBLES, CARBÓN MINERAL.

MII-2002-2-03

volátiles no pueden ser carbonizados solos en hornos de tipo de abertura, porque se expanden y dañan las paredes.

El carbón bituminoso medianamente volátil corresponde a un estado intermedio entre los carbones bituminosos de alta y baja volatilidad y en consecuencia, tiene algunas características de ambos. Algunos son muy suaves y frágiles, pero otros son duros y no se desintegran al manejarlos. Se apelmazan en el lecho combustible y producen humo cuando se queman en forma inadecuada. Producen coque de excelente resistencia y se carbonizan solos o en mezclas con otros carbones bituminosos. Cuando se carbonizan solos, solamente aquellos carbones que no se expanden en forma apreciable pueden usarse sin peligro de dañar las paredes del horno.

El carbón bituminoso con contenido alto de materia volátil A tiene distintas bandas de lustre. Es duro y se maneja bien con pocas fracturas. Incluye algunos de los mejores carbones de coquización y productores de vapor. Al quemarse en el lecho combustible, se apelmaza y produce humo si se quema de forma inadecuada. Con frecuencia, la propiedad de coquización se mejora al mezclarlo con un medio muy concentrado de coquización y un carbón bituminoso de bajo contenido de material volátil.

El carbón bituminoso con contenido alto de materia volátil B es similar al A, pero tiene un contenido de humedad y de oxígeno en el yacimiento ligeramente mayor y es menos coquizante. Es bueno para calefacción y producción de vapor. Algunos se mezclan con carbones más fuertemente coquizantes para producir coque metalúrgico.

MII-2002-2-03

El carbón bituminoso con contenido alto de materia volátil C se encuentra en una etapa más abajo en la clase que el carbón bituminoso B y en consecuencia tiene un contenido progresivamente más alto de humedad y de oxígeno. Se usa primordialmente como medio de calefacción y en la producción de vapor.

Los Carbones Subbituminosos presentan en general, menos evidencia de bandas que los bituminosos. Tienen un contenido de humedad mayor y se desintegran cuando se exponen al aire, debido a las fracturas provocadas por la pérdida de humedad. No se apelmazan ni se coquizan y se emplean principalmente para calefacción y producción de vapor.

Los lignitos tiene colores que van de café al negro y un contenido de humedad en el yacimiento que va del 30 al 45%, con el resultante menor poder calorífico con respecto a los carbones de clase más elevada. Como los carbones subbituminosos tienden a desintegrarse durante el secado al aire. No se apelmaza y no se coquiza.

Las variedades comerciales de carbón definidas por la ASTM son:

Carbón común de bandas es una variedad común de carbón bituminoso y subbituminoso. Consta de una sección de capas o lentículos que alternan irregularmente de:

Material negro homogéneo de lustre vítreo brillante.

Material negro grisáceo menos brillante, estirado y ordinariamente de lustre sedoso.

Bandas o lentículos en general más delgadas de partículas blandas, pulverulentas y fibrosas de carbón bituminoso fibroso

La diferencia en el lustre de las bandas es mayor en el bituminoso que en el subbituminoso.

**Carbón de astilla o duro laminado** es una variedad de carbón bituminoso o subbituminoso, que tiene comúnmente un lustre mate y color negro grisáceo, de estructura compacta; con frecuencia contiene algunas bandas delgadas irregulares con lustre vítreo. Al golpearlo es resonante. Es duro y áspero y se rompe con fractura irregular, áspera y algunas veces en forma de astilla. No es aglutinante y no se esponja al calentarse y se quema libremente.

**Carbón canel, mate o de bujía** es una variedad de carbón bituminoso o subbituminoso de textura uniforme, compacta y de grano fino, con una ausencia general de estructura en bandas. Es de color gris oscuro o negro, tiene lustre grasoso y su fractura es notablemente conoidal. No se apelmaza, cede un alto porcentaje de material volátil y arde fácilmente con llama luminosa y humeante.

**Carbón Bogue** es una variedad de carbón bituminoso o subbituminoso, se parece al carbón canel tanto en su aspecto como en su comportamiento durante la combustión. Se caracteriza por su elevado porcentaje de residuos de algas y material volátil. Al destilarlo, suministra cantidades excepcionalmente grandes de alquitrán y aceite.

## ANEXO 3

ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD<sup>21</sup>

## MUESTREO

En el control de calidad del carbón, el proceso de muestreo se constituye en una de las partes fundamentales, debido a que una muestra debe ser considerada como una parte significativa del producto que se está analizando, por lo tanto, si dicha muestra no es representativa, se puede decir del proceso, "que lo que se está haciendo está mal", además que el éxito del análisis depende de la muestra, como se puede observar en la figura.

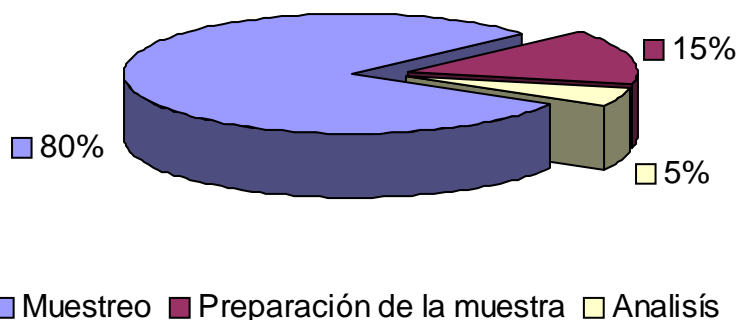


Figura 1. Componentes de varianza de un resultado analítico

En este caso, debido a su sistema de producción y a su sistema de transporte, es necesario establecer la cantidad de muestra a tomar, que por lo general está dada por el nivel de confiabilidad que se quiere tener. En el caso del carbón y del coque, por ser un proceso manual es necesario clasificar el lugar a tomar la muestra y cuántas muestras de un camión son necesarias.

<sup>21</sup> Sacado de la tesis : CALIDAD EN LA PRODUCCION DEL CARBÓN, Emilio Cardona Magne, Tesis mayo 2001.

Según la norma ASTM D 2234, el muestreo se debe realizar por incrementos (numero de muestras a tomar), dependiendo si el carbón a sido lavado o contiene impurezas. Los incrementos están dados por el peso del carbón que contenga el lote en el que se va a hacer la prueba. A continuación se presenta la tabla de incrementos dependiendo el peso del lote y el tamaño del carbón para propósitos generales en el proceso de muestreo.

CARBÓN CON IMPUREZAS			
ESPECIFICACIÓN	TAMAÑO DEL CARBÓN		
	16mm	50mm	150mm
Numero mínimo de incrementos	35	35	35
Peso mínimo por incremento (kg)	1	3	7

Tabla 2. Numero y peso de incrementos para propósitos generales

Una vez definido el numero de incrementos especificados en la tabla anterior, se debe establecer el numero de incrementos según el lote a analizar dependiendo del peso total de este.

El numero de muestras esta dado según la norma ASTM D 2234 por:

$$N2 = N1 * \sqrt{(\text{Numero de toneladas} / 1000)}$$

N2 = Numero de incrementos requeridos

N1 = Numero de incrementos especificados en la tabla

Como la materia prima ingresa a la empresa en camiones de 5 a 9, volquetas de 10 a 12, doble troques de 15 a 22 y tracto mulas de 24 a 32 toneladas aproximadamente, es necesario establecer un sistema para cada uno, además de tener en cuenta que la mayoría de los proveedores en ocasiones intentan

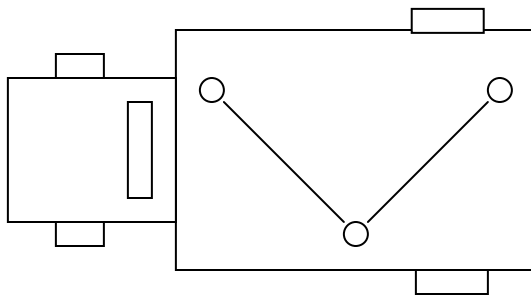
MII-2002-2-03

seleccionar el carbón, colocando el de mejor calidad en la parte superior para de esta forma realizar una mezcla con carbón de menor calidad, para evitar este tipo de problema hay muchas formas de realizar el tipo muestreo dependiendo el lugar y la cantidad de producto recibido.

Aunque, la mejor manera de realizar este tipo de muestreo, es tomando muestra del producto una vez es depositado en el patio de almacenamiento, esto generaría un mayor costo debido a la manipulación que debe realizarse en el caso que el producto sea desechado. Para poder evitar esto, es necesario realizarlo sobre el volco de tal forma que lo que se tome sea una muestra representativa del lote. Para lograrlo, se tiene en cuenta el historial del proveedor y del camión que lo transporta, como es el caso del peso promedio, esto ayuda a identificar variaciones en la carga que en determinados casos, se deben a una mayor o menor cantidad de cenizas o humedad, además de la humedad que se pueda observar a simple vista.

El proceso de muestreo se realiza dependiendo de la cantidad y el lugar donde se este haciendo la medición, este puede ser: Directamente del camión o en el carbón depositado en el suelo.

Para camiones menores de 8 toneladas el proceso de muestreo se debe desarrolla en V.



MII-2002-2-03

Figura 2. Vista superior toma de muestra camión pequeño.

A una profundidad de unos 30 a 50 centímetros.

Para camiones de mayor capacidad se realizan muestras en forma de zig-zag, intentando abarcar la totalidad del carbón.

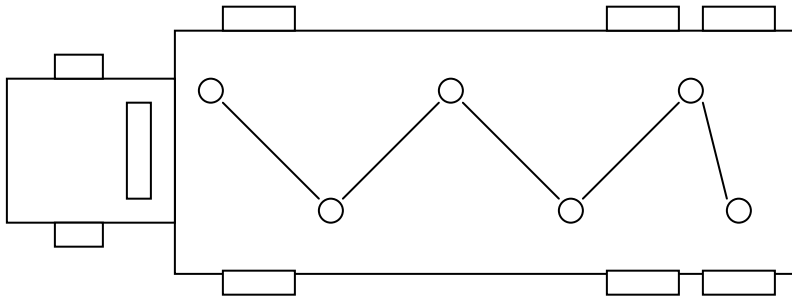


Figura 3. Vista superior toma de muestra camión pequeño.

Con una mayor profundidad que varía entre 40 a 70 centímetros.

Para lograr este tipo de muestra se realiza por medios mecánicos y manuales ya bien sea con el uso de:

SONDA MANUAL: Para muestras de tamaño menor de 25 mm.

CUCHARON: Con boquilla 3 veces mas grande que el carbón.

PALA DE MANO: Con boquilla 3 veces mas grande que el carbón.

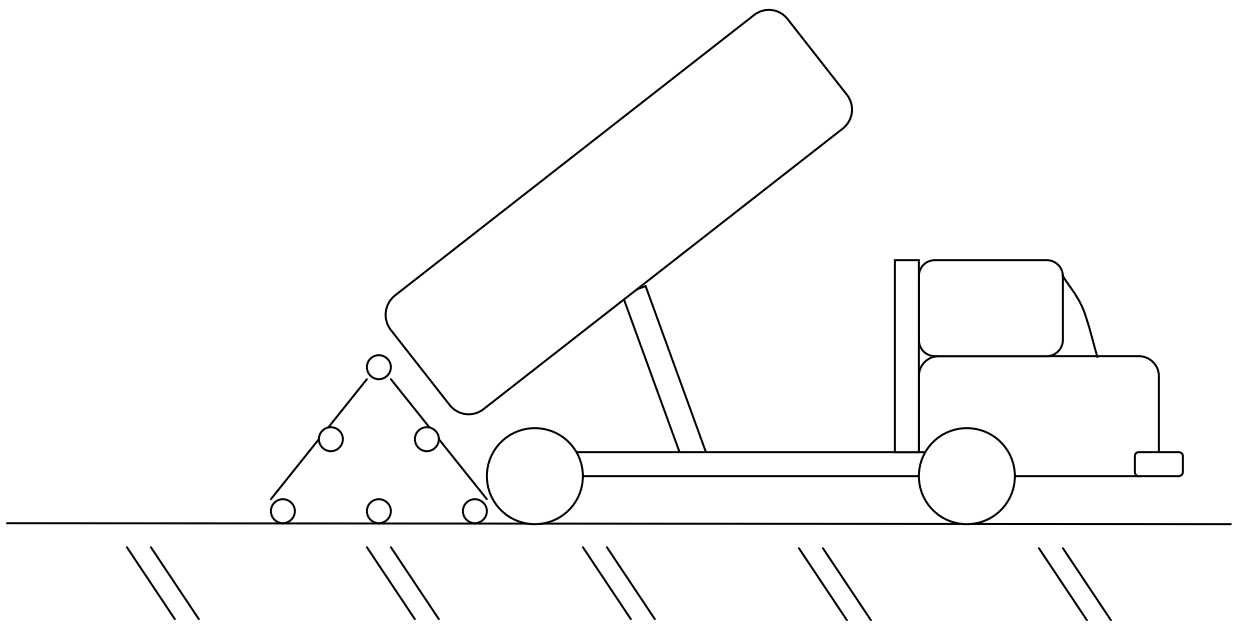
BASTIDOR: Para uso en bandas transportadoras.

Entre cada muestra debe haber una distancia aproximada de 2.5 a 3.5 metros y se extrae de forma equitativa en cada recolección.



MII-2002-2-03

En el caso del muestreo para carbón depositado en tierra, se hace de forma ascendente alrededor, cada 5 metros, teniendo en cuenta que no pueden existir deslizamientos del producto y el numero de muestras que se quiere obtener. A continuación se presenta un ejemplo grafico, en donde se puede observar los lugares y la distribución que se debe hacer para la recolección de la muestra.



○ Lugar a realizar la muestra.

Figura 4. Vista lateral toma de muestra pila pequeña de carbón.

Tanto para cantidades pequeñas como para pilas de carbón muy grandes.

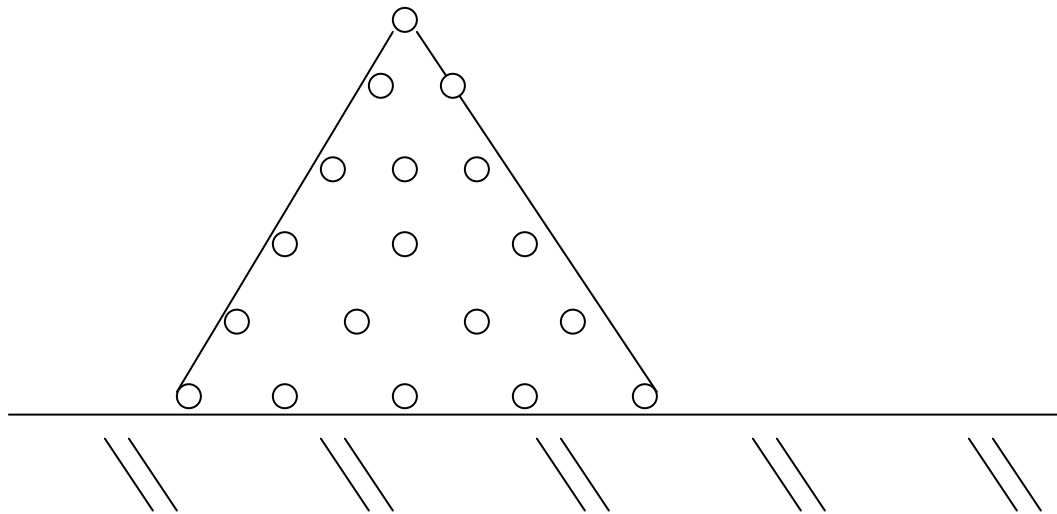


Figura 5. Vista lateral toma de muestra pila grande de carbón.

Una vez, bajado del camión y depositado el carbón en el suelo, este no debe sufrir variación alguna debido a que se puede influir en el resultado que se pueda llegar a tener, debido a la precipitación de otros materiales que pueda contener la muestra como puede ser el caso de arcilla, roca, etc.

### SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Una vez tomada la muestra de carbón, ya bien sea del lote principal o del camión, esta debe ser homogenizada y seleccionada reduciéndose a una pequeña cantidad significativa del lote principal. Para esto, es necesario moler el carbón con el fin de reducir de tamaño los pedazos más grandes hasta llegar al tamaño de un centímetro aproximadamente, para lograr esto, se utiliza un molino de martillo, el cual se encarga de reducir los bloques de carbón. Este proceso puede realizarse manualmente, teniendo en cuenta que no se debe separar nada de la muestra que se realiza. Una vez reducido de tamaño el Carbón, se procede a la mezcla del mismo y a su posterior clasificación, cuarteando la muestra y eliminando las diagonales. Con el fin de hacer la reducción de la cantidad de carbón, este debe ser

MII-2002-2-03

mezclado varias veces y esparcido en forma circular como se muestra en la figura, para ser dividido en cuatro partes iguales eliminando posteriormente las diagonales.

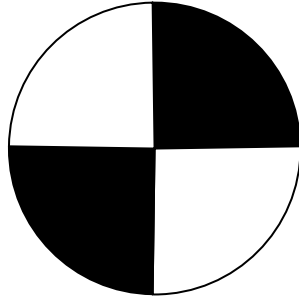


Figura 6. Cuarteo para clasificación del carbón.

Este procedimiento se realiza hasta llegar a aproximadamente 10 kilos, posteriormente es cuarteada y la parte que se desecha es guardada en bolsas de polipropileno calibre 12, con el fin de tenerla como contra muestra para un posterior análisis en otro laboratorio, en caso de haber algún reclamo o problema con el proveedor.

Se continua con el proceso de cuarteo, hasta llegar a obtener una muestra de 1 a 2 kilos, cantidad necesaria para proseguir con el proceso de clasificación debido a su fácil manipulación. De esta muestra se toma la mitad (500 gr.), el cual es pasado por un tamiz con malla 8 (2.36 mm según normas ASTM<sup>22</sup>), hasta obtener unos 150 gramos, para posteriormente realizar las respectivas pruebas de humedad. Los restantes 500 gr. son pasados por un proceso de secado a unos 110 grados centígrados por unos 2 a 3 minutos en donde se busca eliminar el contenido de humedad del carbón para su posterior análisis. Una vez seco el carbón es llevado a un molino que se encarga de reducir aun más el tamaño del producto, para ser

---

<sup>22</sup> ASTM, D-5 on Coal and Coque D2961, 1983 Anual Book of ASTM standards vol 05-05.

MII-2002-2-03

pasado por un tamiz con malla 60 (250 micro milésimas<sup>23</sup>). De este proceso se busca sacar una cantidad de 100 gr. Los cuales van a ser llevados al laboratorio para su posterior análisis.

Podemos ver que en el transcurso de la selección de la muestra, se pasa de tener una muestra aproximada de unos 20 o 30 kilos con tamaño de carbones de 20 cm, a 2 muestras de 100 gr. cada una, con un tamaño de cada carbón de 1 mm aproximadamente.

## PRUEBAS DE LABORATORIO

Luego de haber tomado una muestra representativa se procede a la elaboración de las pruebas de laboratorio, según la última edición del "Standards of Coal and Coque" ASTM.

## ANÁLISIS DE HUMEDAD

Para el análisis de humedad, es necesario tener en cuenta una serie de factores, como es el caso de la humedad relativa, la temperatura, tiempo y presión, además de factores mecánicos como es el caso de la calibración y medición de los equipos.

## EQUIPOS

Los aparatos requeridos para la medición, están dados por:

Un horno industrial con atmósfera controlada.

---

<sup>23</sup> ASTM, D-5 on Coal and Coque D346 o D2013, 1983 Anual Book of ASTM standards vol 05-05.

MII-2002-2-03

Una balanza de precisión con capacidad de medir 0,1 miligramos.

Un crisol de porcelana con capacidad de 1 – 5 gramos, aunque en la norma trae las especificaciones del tamaño del crisol, en este caso no se constituye de gran importancia debido a la dificultad de hallarlos y su precio.

Tapa de cerámica, aluminio o material similar para cubrir el crisol en el momento de salir.

Guantes de asbesto.

Careta.

Pinzas.

1 Desecador.

## DESCRIPCIÓN

Tomada la muestra correspondiente (menor de 2.36 mm) y llevada a la zona de medición, esta debe ser vertida en un crisol de vidrio o cerámica capaz de resistir temperaturas entre 104 y 200 grados centígrados, en cantidades de un gramo aproximadamente, que debe ser minuciosamente graduado en la balanza de precisión.

El crisol debe estar completamente libre de impurezas o residuos de muestras anteriores, para esto se debe calentar previamente y limpiarlo de impurezas por medio del desecador durante 20 a 30 minutos. Limpio, se coloca en la balanza para poder registrar el peso del crisol debidamente marcado por una letra o un número para una posterior diferenciación de los demás crisoles.

Una vez registrado el peso del crisol vacío se procede a verter con la espátula, la cantidad de carbón que se utilizara para el análisis.

MII-2002-2-03

Después de haber realizado exitosamente la medición de la cantidad de carbón a utilizar, se coloca rápidamente el crisol en el horno, para evitar una posible contaminación de la muestra, he aquí la importancia de mantener completamente limpio el lugar donde se esta haciendo la medición, libre de toda partícula. El horno debe estar caliente entre 104 y 110 grados centígrados en el momento de ingresar el crisol y se debe mantener con baja concentración de oxígeno para evitar de alguna forma la combustión de uno de los componentes del carbón, todo esto durante aproximadamente 1 hora.

Al cabo del tiempo requerido para que el carbón pierda su humedad, se debe sacar el crisol del horno y cubrirlo, dejándolo enfriar dentro del desecador, y tan pronto este frío, se pesa.

#### CALCULO

Para calcular el porcentaje de humedad de la muestra cuando se ha utilizado un gramo aproximadamente, se toma el peso inicial del carbón antes de ingresar al horno, el cual corresponde al peso total del crisol lleno, menos el peso del crisol vacío y el peso del carbón después de haber permanecido dentro del horno.

$$\% \text{ HUMEDAD} = [(\text{Peso A} - \text{Peso B}) / \text{Peso A}] * 100$$

donde:

Peso A = Peso inicial del carbón.

Peso B = Peso final de la muestra.

MII-2002-2-03

Los datos son contabilizados en la planilla respectiva. El resultado final es llevado a una planilla por proveedor, la cual contiene la información recolectada en el mes, para su posterior análisis.

La restante cantidad de carbón, es guardada para posteriores análisis o desechada en caso de no ser necesaria.

## ANÁLISIS DE CENIZAS

Para el análisis de cenizas es necesario haber hecho una previa preparación del carbón, la reducción de tamaño anteriormente expuesto y la eliminación de agua que pueda contener la muestra. La prueba debe tener unos estándares de calidad que en este caso se tomo como base la norma ASTM D 3174. Para la elaboración del sistema de medición se deben tener un control sobre la presión, el tiempo, la temperatura y los equipos a utilizar.

La prueba de cenizas es considerada como una de las más importantes, debido a que muestra la cantidad de residuos resultantes de la quema y combustión del carbón. En este proceso el carbón sufre grandes cambios entre los que se encuentra la expulsión de agua residual, la perdida de dióxido de carbono y otras reacciones químicas.

## EQUIPOS

Los aparatos requeridos están dados por una mufla para carbón y coque, en nuestro caso se necesita con un inyector de oxígeno, permitiendo que suceda la combustión con mayor rapidez reduciendo el tiempo de la prueba, esto se hace ya que en la planta el proceso de muestro debe ser algo rápido porque esto determina

MII-2002-2-03

si el producto es comprado o no. La mufla debe ser calentada a unos 750 - 800 grados centígrados, permaneciendo constante durante el periodo que dure la prueba.

Adicionalmente, los aparatos necesarios para la medición, están dados por:

Una balanza de precisión con capacidad de medir 0,1 miligramos.

Un crisol de porcelana con capacidad de 1 – 2 gramos, aunque en la norma trae las especificaciones del tamaño del crisol, en este caso no se constituye de gran importancia debido a la dificultad de hallarlos y su precio.

Tapa de cerámica, aluminio o material similar para cubrir el crisol en el momento de salir.

Guantes de asbesto.

Careta.

Pinzas.

1 Desecador.

## DESCRIPCIÓN

Tomada la muestra correspondiente (menor de 0.25 mm) y llevada a la zona de medición, esta debe ser vertida en un crisol de vidrio o cerámica capaz de resistir temperaturas entre 900 grados centígrados, en cantidades de un gramo aproximadamente, que debe ser minuciosamente graduado en la balanza de precisión.

El crisol debe estar completamente libre de residuos de muestras anteriores. Para esto se debe calentar previamente y limpiarlo de impurezas por medio del desecador durante 20 a 30 minutos. Limpio, se coloca en la balanza para poder registrar el peso del crisol debidamente marcado por una letra o un numero con el propósito de una posterior diferenciación de los demás crisoles.



MII-2002-2-03

Una vez registrado el peso del crisol vacío se procede a verter con espátula, la cantidad de carbón que se utilizara para el análisis.

Una vez realizada la medición de la cantidad de carbón a utilizar, se coloca rápidamente el crisol en la mufla, para evitar una posible contaminación de la muestra, he aquí la importancia de mantener completamente limpio el lugar donde se esta haciendo la medición, libre de toda partícula. El horno debe estar caliente entre 450 - 500 grados centígrados en el momento de ingresar el crisol y se debe esperar aproximadamente unos 5 minutos hasta ver una desaparición de la llama amarilla en la muestra. Posteriormente se procede a la inyección de oxígeno a la muestra con el fin de acelerar el proceso de combustión del carbón. Después de mantener la muestra durante media hora a esa temperatura, se procede a calentar el horno a unos 750 – 800 grados centígrados durante una hora más.

Al cabo del tiempo requerido para que el carbón cambie de composición física, se debe sacar el crisol del horno y cubrirlo, dejándolo enfriar en un lugar libre de toda humedad, dentro del desecador, y tan pronto este frío, se pesa.

#### CALCULO

Para calcular el porcentaje de cenizas de la muestra cuando se ha utilizado un gramo aproximadamente, se toma el peso inicial del carbón antes de ingresar a la mufla, el cual corresponde al peso total del crisol lleno menos el peso del crisol vacío, y se toma el peso del carbón después de haber permanecido dentro de la mufla.

$$\% \text{ CENIZAS} = [(\text{Peso A} - \text{Peso B}) / \text{Peso A}] * 100$$

MII-2002-2-03

donde:

Peso A = Peso inicial del carbón.

Peso B = Peso final de la muestra.

Los datos son contabilizados en la planilla respectiva. El resultado final es llevado a una planilla por proveedor, la cual contiene la información recolectada en el mes, para su posterior análisis.

La restante cantidad de carbón, es guardada para posteriores pruebas o desechada en caso de no ser necesaria.

#### ANÁLISIS DE MATERIAL VOLATIL

Para el análisis de material volátil, es necesario haber hecho una previa preparación del carbón, la reducción de tamaño anteriormente expuesto y la eliminación de agua que pueda contener la muestra. La prueba debe tener unos estándares de calidad que en este caso se tomo como base la norma ASTM D 3175. Para la elaboración del sistema de medición se deben tener un control sobre la presión, el tiempo, la temperatura y los equipos a utilizar.

En este proceso el carbón sufre grandes cambios entre los que se encuentra la expulsión de agua residual, la perdida de productos gaseosos y otros elementos.

#### EQUIPOS

Los aparatos requeridos están dados por:

MII-2002-2-03

Un horno tubular eléctrico vertical para carbón y coque. El horno debe ser calentado a unos 930 - 970 grados centígrados, permaneciendo constante durante el periodo que dure la prueba.

Una balanza de precisión con capacidad de medir 0,1 miligramos.

Un crisol de sílica con capacidad entre 10 – 20 mL, y un diámetro comprendido entre 30 y 35 mm.

Tapa de sílica para cubrir el crisol en el momento de salir.

Guantes de asbesto.

Careta.

Pinzas.

1 Desecador.

## DESCRIPCIÓN

Tomada la muestra correspondiente (menor de 0.25 mm) y llevada a la zona de medición, esta debe ser vertida en el crisol capaz de resistir temperaturas de 950 grados centígrados, en cantidades de un gramo aproximadamente, que debe ser minuciosamente graduado en la balanza de precisión.

El crisol debe estar completamente libre de residuos de muestras anteriores. Para esto se debe calentar previamente y limpiarlo de impurezas por medio del desecador durante 20 a 30 minutos. Limpio, se coloca en la balanza para poder registrar el peso del crisol debidamente marcado por una letra o un numero, con el propósito de una posterior diferenciación de los demás crisoles.

Una vez registrado el peso del crisol vacío se procede a verter con espátula, la cantidad de carbón que se utilizara para el análisis.

MII-2002-2-03

Luego de realizar exitosamente la medición de la cantidad de carbón a utilizar, se debe cerciorar que el carbón este completamente homogéneo dentro del crisol por medio de pequeños toques, se tapa y se coloca rápidamente el crisol en el horno, para evitar una posible contaminación de la muestra, he aquí la importancia de mantener completamente limpio el lugar donde se esta haciendo la medición, libre de toda partícula. El horno debe estar caliente entre 930 - 970 grados centígrados en el momento de ingresar el crisol colocándolo en el soporte metálico.

Una vez colocado en posición se procede a bajar a la zona de 950 grados centígrados, observar la reacción del carbón y sacarlos a los 3 minutos. Si este chispea estando dentro del horno, se coloca el crisol en el lugar donde se alcance una temperatura de 600 grados centígrados, todo esto durante 6 minutos. Después se debe bajar a la zona de 950 grados centígrados por un periodo de tiempo de 7 minutos. Si no chispea se debe remover la tapa y continuar con el procedimiento.

Al cabo del tiempo requerido para que el carbón cambie de composición física, se debe sacar el crisol del horno, dejándolo enfriar en un lugar libre de toda humedad, dentro del desecador, y tan pronto este frío, se pesa.

#### CALCULO

Para calcular el porcentaje de material volátil de la muestra cuando se ha utilizado un gramo aproximadamente, se toma el peso inicial del carbón antes de ingresar a la mufla, el cual corresponde al peso total del crisol lleno menos el peso del crisol vacío, y se toma el peso del carbón después de haber permanecido dentro del horno eléctrico.

$\% \text{ MATERIAL VOLATIL} = [(\text{Peso A} - \text{Peso B}) / \text{Peso A}] * 100 - \% \text{ HUMEDAD RES.}$

donde:

Peso A = Peso inicial del carbón.

Peso B = Peso final de la muestra.

Los datos son contabilizados en la planilla respectiva. El resultado final es llevado a una planilla por proveedor, la cual contiene la información recolectada en el mes, para su posterior análisis y los límites de especificaciones, estarán dados por los requerimientos del proveedor final. En el caso de los volátiles, el porcentaje que determina el nivel está dado por:<sup>24</sup>

CLASE	PORCENTAJE
ALTO	14 a 22
MEDIO	22 a 31
BAJO	Mayor a 31

TABLA 3. Clasificación volatilidad del carbón.

La restante cantidad de carbón, es guardada para posteriores pruebas o desechada en caso de no ser necesaria.

## OTROS ANÁLISIS

En cuanto al carbón, existen otros tipos de análisis los cuales nos llevan a profundizar el tipo de material con el que se está trabajando. Dentro de estos tipos de análisis se encuentran; la capacidad calorífica, el contenido de azufre, la

---

<sup>24</sup> GUIA AMBIENTAL, COQUIZACIÓN DE CARBÓN, Ecocarbon, Editorial Guadalupe Ltda. 1997, pag 4

MII-2002-2-03

concentración de carbono e hidrógeno, comprendidos en las normas ASTM D 3177, ASTM D 3178 y ASTM D 3179, en donde se puede ver claramente especificado el procedimiento a seguir para el análisis de la muestra.

## ANEXO 4

RESERVAS DE CARBÓN EN COLOMBIA POR DEPARTAMENTO (En millones de toneladas).		
Zonas Carboníferas	Cantidad	Tipo de carbón
1. Guajira	3670	Térmico
2. Cesar	1933	Térmico
3. Cordoba	381	Térmico
4. N. Santander	68	Térmico coquizable y especial
5. Santander	57.1	Térmico coquizable y especial
6. Cundinamarca	331.1	Térmico coquizable y especial
7. Boyaca	181.8	Térmico, coquizable y especial
8. Antioquia	90	Térmico
9. Valle del Cauca	30.7	Térmico
10. Cauca	5.8	Térmico
Total	6748.5	

TABLA 1. Ministerio de Minas y Energía 1998

ANEXO 5



FORMULARIO No.

PROPUESTA DE CONTRATO DE CONCESION

LOS ESPACIOS EN [ ] DEBEN SER DILIGENCIADOS POR LOS LUGARES DE PRESENTACION 1 A 4

PRESENTACION			LUGAR DE PRESENTACION		
			1. Autoridad Minera		
			2. Autoridad Delegada		
Año	Mes	Día	3. Notaría N°	Del Circulo de	
Hora:			4. Alcaldía Municipio		
			5. Correo Certificado		

DOCUMENTOS PRESENTADOS		PRESENTO	
		SI	NO
1.	FORMULARIO DILIGENCIADO		
2.	PLANO TOPOGRÁFICO		
3.	FOTOCOPIA CEDULA (Persona Natural Nacional)		
4.	FOTOCOPIA CEDULA EXTRANJERIA (Persona Natural Extranjera)		
5.	CERTIFICADO DE EXISTENCIA Y REPRESENTACIÓN (Personas Jurídica Nacionales)		
6.	PODER DEBIDAMENTE CONSTITUIDO (Personas Jurídicas Extranjeras)		
7.	FOTOCOPIA NIT (Personas Jurídicas)		
8.	FOTOCOPIA CEDULA REPRESENTANTE LEGAL (Personas Jurídica Nacionales)		
9.	PODER ANTE MINERCOL LTDA (Si la presenta un Apoderado)		
10.	PRESENTACIÓN PERSONAL		
11.	RECIBO DE ENVÍO CORREO CERTIFICADO		
12.	ZONAS DE MINERIA RESTRINGIDA, PERMISO, AUTORIZACIÓN O CONCEPTO OTRAS AUTORIDADES.		
13.	OTROS (Especifique cuales)		

CONSTANCIA DE ENTREGA	CONSTANCIA DE RECIBO
ENTREGADO POR _____	RECIBIDO POR _____



ANEXO 6

Países que firmaron el protocolo de Kioto para la reducción de emisiones de gases:

Alemania	Liechtenstein
Australia	Lituania
Austria	Luxemburgo
Bélgica	Mónaco
Bulgaria	Noruega
Canadá	Nueva Zelanda
Comunidad Económica Europea	Países Bajos
Croacia	Polonia
Dinamarca	Portugal
Eslovaquia	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Eslovenia	Republica Checa
España	Republica Eslovaca
Estados Unidos de América	Rumania
Estonia	Suecia
Federación de Rusia	Suiza
Finlandia	Ucrani
Francia	
Grecia	
Hungria	
Irlanda	
Islandia	
Italia	
Japon	
Letonia	

## ANEXO 7

MAYORES PRODUCTORES MUNDIALES DE CARBÓN (MT) 2000	
PAÍS	CANTIDAD
RP CHINA	1171
USA	899
INDIA	310
AUSTRALIA	238
SUR AFRICA	225
RUSIA	169
POLONIA	102
UKRANIA	81

PRECIO DEL CARBÓN	
AÑO	PRECIO TON
1991	33,88
1992	34,91
1993	30,21
1994	32,63
1995	36,11
1996	36,86
1997	36,82
1998	33,74
1999	29,97
2000	30,98
2001	38

MAYORES EXPORTADORES MUNDIALES DE CARBÓN (MT) 2000		
	TERMICO	COQUE
AUSTRALIA	87,8	99
SUDAFRICA	67,5	2,5
INDONESIA	48,1	8,7
RP CHINA	48,2	6,9
USA	24,6	28,4
COLOMBIA	34	0,5
RUSIA	27	7,3
CANADA	4,6	27,2
POLONIA	18	5,8

MAYORES IMPORTADORES MUNDIALES DE CARBÓN (MT) 2000		
	TERMICO	COQUE
JAPON	80,6	64,7
REPUBLICA DE COREA	42,8	189
CHINA TAIPEI	39,3	6,1
INDIA	9,1	15,4
REINO UNIDO	15	8,5

ANEXO 8

**MINIERCOL LTDA.**  
Carrera Presbitero y Distribuidor  
Registro Minero No. \_\_\_\_\_  
Trabajo Minero No. \_\_\_\_\_  
Licencia Minera No. \_\_\_\_\_  
Baldíos No. \_\_\_\_\_

**FORMULARIO PARA DECLARACION DE PRODUCCION Y LIQUIDACION DE RESULTADO DE CARBON**  
DICHETO BOO DE 1988

Redacción: \_\_\_\_\_  
Marque con una X las: Corriente:  **CONTINUACION**

**1. Nombre o razón social:** \_\_\_\_\_  
**NOMBRES:** \_\_\_\_\_  
C.C.  N.T.   
C.C.  N.T.   
C.C.  N.T.   
C.C.  N.T.

**2. Período a que se refiere este Trimestre:** ① ② ③ ④ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**3. Dato:** \_\_\_\_\_

**4. LIQUIDACION DE RESULTADO A LA PRODUCCION DE CARBON**

CATEGORIA DE LA MINA	NOMBRES DE LA MINA	MUNICIPIO	VEREDAS	TONELAJES RECIBIDOS EN EL TRIMESTRE						VALOR BRUTO DE LAS UNIDADES	VALOR BRUTO DE LAS UNIDADES DE LAS UNIDADES	TOTAL A Pagar
				A	B	C	D	E	F			
				COMERCIAL	INDUSTRIAL	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		

**5. PRODUCTOR**  
NOMBRES: \_\_\_\_\_  
1 2 3 4 5

**6. Destacaciones por reparar:** \_\_\_\_\_  
Nro. Sencillos por reparar: \_\_\_\_\_  
OTROS VALORES: \_\_\_\_\_  
TOTAL A PAGAR: \_\_\_\_\_

**NOTAS:**  
a) La presentación de este declaración y el pago de la tarifa debe hacerse en el primer día del día hábil de los meses de Abril, Julio, Octubre y Enero de cada año. En el caso de los meses de Agosto, Septiembre y Febrero el pago debe hacerse en el primer día hábil de los meses de Agosto, Septiembre y Febrero.

Original - MINIERCOL

## ANEXO 9

## RESUMEN DEL MARCO LEGAL QUE TIENE QUE VER CON LA LIQUIDACIÓN Y EL RECAUDO DE LAS REGALÍAS DEL CARBÓN

TEMA / DOCUME	LEY 141 28 DE JUNIO DE 1994	DECRETO No 145 19 DE ENERO DE 1995	DECRETO 0600 26 DE MARZO 1996	RESOLUCIO NES DEL MINISTERIO DE MINAS	DECRETO No 2141 DE 1999
FUNCIONES DE LA COMISIÓN NACIONAL DE REGALIAS	<p>Capítulo 2. Artículo 8</p> <p>11. Revisar por sí misma o comisionar a otras entidades públicas o privadas, cuando así lo determine, las liquidaciones de participaciones efectuadas por las entidades recaudadoras de las regalías y otras compensaciones y tomar las medidas pertinentes.</p>				<p>Artículo 4. Revisar por sí misma o a través de otras entidades públicas o privadas, las liquidaciones de participaciones efectuadas por las entidades recaudadoras de las regalías y otras compensaciones, y tomar las medidas pertinentes cuando dichas liquidaciones no se ajusten a la ley o a las normas reglamentarias correspondientes.</p> <p>Artículo 9.</p> <p>8. Mantener actualizada la información sobre recaudos de las regalías y compensaciones.</p> <p>16. Verificar el cumplimiento de la ley, en lo concerniente a liquidación, pago, y destinación de los recursos provenientes de las regalías y compensaciones, conforme a los criterios señalados en la ley, en las normas reglamentarias y en los parámetros que señale La Comisión Nacional de Regalías.</p> <p>19. Revisar, de manera directa o a través de auditores que se contraten para el efecto, las liquidaciones de participaciones efectuadas por las entidades recaudadoras de las regalías y otras compensaciones y tomar, previa autorización de la Comisión Nacional de Regalías las medidas pertinentes.</p> <p>24. Llevar la base de datos sobre liquidaciones y recaudos.</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>2. % DE REGALÍAS</b></p>	<p>Capítulo 3. Artículo 13 Generalidad de regalías. Toda explotación de recursos naturales no renovables de propiedad del estado, genera regalías a favor de éste, sin perjuicio de cualquiera otra contraprestación que se pacte por parte de los titulares de los aportes mineros.</p> <p>Artículo 16. Establécense regalías mínimas por la explotación de recursos naturales no renovables de propiedad nacional, sobre el valor de la producción en boca o borde de mina o pozo, según corresponda así:</p> <p>Carbón ( explotación mayor de 3 millones de toneladas anuales) ..10%</p> <p>Carbón ( explotación menor de 3 millones de toneladas anuales) ...5%.</p> <p>Artículo 16. Parágrafo 3 En el contrato de asociación entre Carbocol e Intercor, la regalía legal será de un 15% a cargo del asociado particular conforme a lo estipulado en dicho contrato. Carbocol únicamente</p> <p>Continuará pagando el impuesto a la producción de carbón....</p> <p>Parágrafo 4. El impuesto estipulado en los contratos o licencias vigentes para la explotación del carbón, será sustituido por una regalía cuyo monto equivaldrá al de dicho tributo, a cargo del contratista, concesionario o explotador.</p> <p>Parágrafo 6 En el evento de ocurrir hechos o circunstancias excepcionales de baja de precios o de calidad del material explotado y/ o dificultades adicionales en la explotación del recurso natural no renovable, el presidente de la república, previo concepto favorable unánime del consejo de ministros, podrá disminuir hasta en un 25% los porcentajes de regalías establecidos en el presente artículo. La disminución no podrá tener vigencia mas allá del periodo de ocurrencia de tales hechos o circunstancias excepcionales.</p> <p>Artículo 59. En ningún caso las regalías, o las compensaciones que se pacten, por la explotación de los distintos recursos naturales no renovables podrán ser inferiores a las establecidas por la presente ley. Tampoco podrá modificarse la distribución porcentual que se ha establecido entre regalías y compensaciones para cada uno de los recursos naturales no renovables.</p>				
--	--	--	--	--	--

**3. PRECIOS BASE PARA LA LIQUIDACIÓN DE REGALÍAS**

Artículo 19. Determinación de los precios base para la liquidación de regalías. Sin perjuicio de lo pactado en los contratos vigentes a la fecha de la promulgación de la presente ley, el Ministerio de Minas Energía determinará, mediante providencias de carácter general, los precios de los minerales para efectos de la liquidación de regalías.

Parágrafo. En la liquidación de regalías y compensaciones derivadas de la explotación de recursos naturales no renovables, la conversión de la moneda extranjera a pesos colombianos se hará tomando como base la tasa de cambio representativa del mercado promedio de dicha moneda en el semestre, trimestre, bimestre o mes que se liquida.

Artículo 22. Precio base para la liquidación de regalías generadas por la explotación del carbón. En la fijación del precio básico en boca o borde de mina para el carbón que se consume en el país, El Ministerio de Minas y Energía tendrá en cuenta, entre otros criterios, los precios promedios vigentes en el semestre que se liquida, la calidad del carbón y las características del yacimiento. Para el que se destine al mercado externo, se tomará como base el precio promedio ponderado del precio FOB en puertos colombianos en el semestre que se liquida, descontando los costos de transporte manejo y portuarios.

Resolución No 8-1962 del 24 de octubre de 1994.  
Artículo 1. Fijar los siguientes precios de minerales en boca o borde mina, base para la liquidación de regalías.

Carbón:  
1. Carbón para consumo interno: \$9.500 por tonelada.  
2. Carbón destinado al mercado externo: \$10.000 por tonelada.  
3. Precio base para la liquidación del impuesto de que trata el parágrafo 3 del artículo 16 de la ley 141 de 1994: \$ 11.000 por tonelada.

Resolución No. 8 3613 del 24 de dic. De 1997  
Estos precios serán reportados por el Banco de la República el último día hábil de cada mes y con base en ellos se liquidarán las regalías durante el siguiente mes calendario.

1.2 Carbón

1.2.1 Carbón para consumo interno: \$ 15.070 por tonelada

1.2.2 Carbón destinado al mercado externo: \$15.800 por tonelada.

Resolución No. 8 2786 del 23 de dic. De 1997.

Artículo 1. Mantener como precios de los minerales en boca o borde de mina, base para la liquidación de regalías durante 1999, los mismos establecidos para 1988, mediante resolución No 8 3613 del 24 de diciembre de 1997.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>4. RECAUDO DE REGALÍAS</b></p>	<p>Artículo 24. Recaudación de las regalías. Las regalías serán recaudadas por las entidades públicas o privadas que designe el Ministerio de Minas y Energía.</p> <p>Artículo 25. Modalidades de recaudación de regalías. Sin perjuicio de las estipulaciones contenidas en contratos vigentes, las regalías se recaudarán en dinero o en especie, según lo determine en providencias de carácter general, el Ministerio de Minas y Energía</p>	<p>Artículo 1. Para el recaudo, distribución y transferencia de las regalías derivadas de los minerales que a continuación se relacionan, se designan las siguientes entidades:</p> <p>Carbón: Carbocol S.A.: respecto de su contrato de asociación con Intercor S.A. - Ecocarbón Ltda.</p> <p>Respecto de todas las demás explotaciones de carbón.</p>	<p>Artículo 1. Designación. Designase a la Empresa Colombiana de Carbón Ltda. Ecocarbón, para el recaudo, distribución, transferencia de las regalías derivadas de la explotación de carbón...</p> <p>Artículo 2. Alcance. Ecocarbón como entidad recaudadora, deberá tomar todas las medidas necesarias para verificar los montos de producción de carbón base para la liquidación de regalías y para establecer el origen de los mismos, de manera que se garantice su oportuna y correcta declaración, para lo cual podrá inspeccionar de manera periódica o permanente la producción de las respectivas explotaciones, establecer puntos de control, y llevar un registro de explotadores de carbón, o compradores directos, entre otras.</p> <p>Artículo 13. Información</p> <p>Ecocarbón solo podrá utilizar la información que figure en la declaración de producción de carbón, para el control, recaudo, distribución y transferencia de las regalías derivadas de la explotación de carbón y para efectos estadísticos.</p>	<p>Resolución No 8-1853 del 7 octubre 1994</p> <p>Artículo único. Hasta tanto el Ministerio de Minas y Energía decida lo contrario, La Empresa Colombiana de Carbón Ltda. Ecocarbón continuará recaudando las regalías derivadas de la explotación de carbón, tomando como base los precios fijados para la liquidación del impuesto del carbón.</p> <p>Resolución No 8-2356 del 25 de nov de 1994</p> <p>Artículo 1. Hasta tanto el Ministerio de Minas y Energía, decida lo contrario, la Empresa Minerales de Colombia, MineralcoS.A., liquidará, recaudará, distribuirá, transferirá las regalías y compensaciones derivadas de los contratos suscritos con esa entidad</p>	
--	--	---	---	---	--

<p><b>5.TRANSFERENCIA DE REGALIAS</b></p>	<p>Artículo 56. Transferencia de las participaciones en las regalías y compensaciones. Las entidades recaudadoras girarán las participaciones correspondientes a regalías y compensaciones a las entidades beneficiarias y al Fondo Nacional de regalías dentro de los 10 días siguientes a su recaudo.</p> <p>Las correspondientes a los demás departamentos y municipios a los cuales esta ley les otorga participación en las regalías y compensaciones, irán en calidad de depósito al Fondo Nacional de regalías para que la Comisión dentro de los 10 días siguientes a su recibo, les de la asignación y distribución establecidas en la presente ley.</p>	<p>Artículo 7. De acuerdo con lo dispuesto por el artículo 56 de la le141 de 1994, las entidades recaudadoras girarán las participaciones correspondientes a regalías a las entidades beneficiarias al Fondo Nacional de Regalías dentro de los 10 días siguientes a su recaudo.</p>	<p>Artículo 9 Transferencias. Ecocarbón girará las participaciones correspondientes a regalías y compensaciones a las entidades beneficiarias y al Fondo Nacional de Regalías, dentro de los 10 días hábiles siguientes al último día del mes del recaudo.</p>		
---	---	--	--	--	--



**6. DECLARACION DE REGALIAS**

**Artículo 2.** Es obligación de los explotadores de minerales, declarar ante la alcaldía municipal del área de explotación, dentro de los 10 días siguientes a la terminación de cada trimestre calendario, la cantidad de mineral obtenido, indicando, la jurisdicción municipal de donde se extrajo y liquidar en el mismo documento, la regalía que lecorresponda pagar de acuerdo con la producción declarada, el precio base del mineral para la liquidación de regalías fijado por el ministerio de Minas y Energía el porcentaje establecido en la ley 141 de 1994.

Además de las sanciones penales a que haya lugar, los beneficiarios de los títulos mineros que contravengan lo dispuesto por este artículo, estarán sujetos a las sanciones establecidas en el capítulo VIII del código de Minas.

**Artículo 3.** La declaración a la cual se refiere el artículo anterior se presentará en los formularios diseñados para tal efecto, los cuales contendrán como mínimo los siguientes datos:

- a. Trimestre declarado
- b. Nombre, domicilio y dirección del declarante
- c. Cédula de ciudadanía o número de identificación tributaria.
- d. Nombre y lugar de ubicación de las respectivas minas.
- e. Cantidad del mineral producido en el trimestre a que se refiere la declaración.
- f. El destino del mineral producido en el mencionado trimestre; nombre y domicilio de las personas a las cuales les hubiere suministrado el mineral, indicando la cantidad del mismo.
- g. Liquidación de la regalía a la producción del respectivo mineral a cargo del declarante, mediante la siguiente fórmula:

$$V = C \times P \times R$$

Donde:

**Artículo 4. Obligación de declarar.** Toda persona natural o jurídica que explote carbón mineral de propiedad nacional, a cualquier título, está obligado a presentar ante Ecocarbón, directamente, dentro de los 10 días hábiles siguientes a la terminación de cada trimestre calendario, una declaración de producción de carbón, indicando la jurisdicción municipal de donde se extrajo el mineral y liquidando la regalía que le corresponde pagar de acuerdo con la producción declarada, el precio del mineral para la liquidación de regalías fijado por el Ministerio de Minas y Energía y el porcentaje establecido en la ley 141 de 1994.

**Artículo 5.**

IDEM DECRETO 145

**Artículo 6. Lugar y Forma de pago.** El productor de carbón deberá presentar su declaración y pagar trimestralmente en dinero, en la misma fecha de presentación, el valor de la regalía liquidada en su declaración, a la cual se acompañará el correspondiente recibo de pago. El pago deberá efectuarse a nombre de la Empresa Colombiana de Carbón Ltda. Ecocarbón, en las oficinas de dicha entidad en Bogotá, en las regionales o ante las dependencias de las entidades bancarias que para ese fin señale Ecocarbón. Para tal efecto deberá constituir cuentas bancarias de recaudo nacional.

**Artículo 12. Regalía Anticipada.** Cuando se haya pactado contractualmente el pago de regalías anticipadas a la producción, ésta se amortizará de la regalía efectiva, máximo en un 50% de la producción de cada trimestre.

En igual forma se procederá en las distribuciones y transferencias de regalías de ley. Lo anterior no aplica para los contratos en ejecución en los que se pactó anticipo, cuya distribución se amortizará contra la producción.

<p><b>7. INFORMACION PARA LA COMISION NACIONAL DE</b></p>		<p>Artículo 7. Distribuidas y transferidas las participaciones, el ente recaudador enviará a la Comisión Nacional de Regalías, dentro de los 30 días siguientes al trimestre liquidado, un informe consolidado de las regalías distribuidas y transferidas.</p> <p>Las declaraciones de producción y liquidación, recibos de pago y comprobantes de transferencia de participaciones deberán ser mantenidos en archivo, por el ente recaudador, como mínimo, por el término de un año.</p>	<p>Artículo 9. Ecocarbón enviará a la Comisión de Regalías, dentro de los 30 días hábiles siguientes al trimestre liquidado, un informe consolidado de las regalías distribuidas y transferidas por ésta entidad en el periodo inmediatamente anterior.</p>		
<p><b>8. EXPORTACIONES</b></p>		<p>Artículo 9. Quien pretenda realizar una exportación de cualquier mineral, deberá acreditar previamente el pago de la correspondiente regalía ante la Dirección de impuestos y Aduanas Nacionales, la cual procederá a anular el respectivo documento.</p>	<p>Artículo 10. Pago previo de regalías para exportación. Para la exportación de carbón el interesado deberá acreditar previamente, ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, el pago de la regalía correspondiente y el trimestre en que se causó, sin perjuicio de lo pactado como regalías anticipadas.</p> <p>Artículo 11. Diferencia de la regalía para carbón de exportación.</p> <p>En el caso de carbón de exportación, cuando el productor haya pagado la regalía con base en el precio fijado para consumo interno, el exportador deberá pagar la diferencia e indicar la procedencia de la producción, para efectos de distribución y transferencias.</p> <p>Si aún no se ha causado el trimestre correspondiente a esa producción, el exportador estará obligado a pagar ante Ecocarbón la regalía por la totalidad del volumen a exportar. Para tal fin, deberá diligenciar el formulario diseñado por la entidad, indicando la procedencia y cantidad del carbón, el nombre del productor y mina. Ecocarbón expedirá un certificado de Retención de Regalía Carbonífera con destino al productor que deberá ser presentado por éste con la declaración del trimestre.</p>		

ANEXO 10<sup>25</sup>

INGRESOS	EGRESOS
Venta de carbón termico	Compra de carbón termico
Venta de carbón coquizable	Compra de carbón coquizable
Venta de carbón coque	Compra de carbón coque
Venta de carbón especial	Compra de carbón especial
Venta de maquinaria	Compra de maquinaria
	Nomina (Salario, Prestaciones, Pensiones, Extras, etc.)
	Gastos maquinaria (Combustible, Aceite, Mantenimiento, etc)
	Madera
	Acero
	Servicios (Luz, Agua, Telefono, celular)
	Transporte (Flete)
	Costos financieros

---

<sup>25</sup> INFORMACION SUMINISTRADOS POR CARBOEXPORT LTDA. NOVIEMBRE 2002.

*Equipos utilizados*

- Explosivo
- Martillo
- Cincel
- Taladro
- Retroexcavadora
- Buldózer
- Pica y pala
- Malacate
- Madera
- Riel
- Rastrillo
- Perforadora
- Cargador
- Carretilla
- Vagoneta
- Volquetas
- Sierra
- Lámparas
- Etc.

ETAPAS DE LA CLASIFICACIÓN DISTRIBUCION Y ALMACENAMIENTO

Bascula:

Entrada de vehículo

Pesaje de vehículo

Laboratorio

Toma de muestra y análisis

Montacargas

Descargue de carbón en los patios

Molino

Molienda

Tamiz

Clasificación

Manguera/Bomba

Lavado de carbón

Montacargas

Cargue de carbón a vehículos

Vehículos

transporte sitios de consumo