

**EVALUACION DE RECURSOS CARBONIFEROS DE LA
FORMACION UMIR EN EL FLANCO ESTE DEL SINCLINAL DE
NUEVO MUNDO
MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**ADRIANA PATRICIA DUEÑES GARCES
ADRIANA GOMEZ PRADA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2007**

**EVALUACION DE RECURSOS CARBONIFEROS DE LA
FORMACION UMIR EN EL FLANCO ESTE DEL SINCLINAL DE
NUEVO MUNDO
MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**ADRIANA PATRICIA DUEÑES GARCES
ADRIANA GOMEZ PRADA**

Proyecto de grado para optar al título de geóloga

**Director
MARIO GARCIA GONZALEZ PhD.
Profesor titular**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2007**

A MI DIOS Y MI ANGEL DAVID POR ILUMINAR MI CAMINO.

A MI MAMÁ POR QUE CON SU AMOR Y PACIENCIA ES LA
PRINCIPAL PROMOTORA DE ESTE LOGRO.

A MIS HERMANOS JULIAN Y LAURA POR TODA LA ALEGRIA
QUE TRAEN A MI VIDA.

A MI TESORO CARLOS POR QUE CON SU AMOR Y COMPAÑÍA
FUE Y SIGUE SIENDO EL SOPORTE DE ESTA META.

A MI FAMILIA POR SER SIEMPRE UNA COMPAÑÍA.

FINALMENTE PERO NO MENOS IMPORTANTE, A MIS AMIGAS,
AMIGOS Y DEMAS COMPAÑEROS QUE DE UNA U OTRA FORMA
CONTRIBUYERON CON ESTE PROYECTO.

ADRIANA P. DUEÑES G.

A mi Mamí por ser mi apoyo, mi amiga y ejemplo de
constancia.

A mis hermanos, Fernando y Diego por acompañarme siempre,
por corregirme y por alegrarme.

A Brian porque nunca me deja desfallecer y por iluminar cada
momento de mi vida.

Adriana Gómez Prada

AGRADECIMIENTOS

A Mario García González por su ayuda y el tiempo que ha dedicado a este proyecto.

A la empresa COALCORP por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

Al Geólogo Senior Hernán Ortiz Delgado por la confianza al vincularnos en su equipo y por todas sus enseñanzas.

Al Geólogo Carlos O. Suárez, el Ingeniero Geólogo Julián Ordóñez y demás compañeros de trabajo quienes desde nuestra llegada al grupo nos proporcionaron la mayor información posible y nos entrenaron en la labor a desarrollar durante los seis meses de trabajo.

A la Universidad Industrial de Santander por ser nuestra casa y en especial a nuestros profesores de la escuela de Geología por que gracias a su gran conocimiento y enseñanzas hacen de nosotras las personas que hoy somos.

A los guías de campo por la colaboración en nuestros recorridos diarios.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS.....	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. ANTECEDENTES.....	3
3. LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
4. METODOLOGIA.....	6
4.1 CONSULTA BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.2 GEOLOGÍA DE CAMPO.....	6
4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS	8
5. MARCO GEOLOGICO REGIONAL	11
6. MARCO GEOLOGICO ESTRUCTURAL	13
7. ESTRATIGRAFIA	14
7.1 FORMACIÓN LA LUNA.....	14
7.2 FORMACIÓN UMIR.....	14
7.3 FORMACIÓN LISAMA.....	15
7.4 FORMACIÓN LA PAZ	15
7.5 FORMACIÓN ESMERALDAS	15
7.6 FORMACIÓN MUGROSA	15
7.7 FORMACIÓN COLORADO	16
7.8 DEPÓSITOS CUATERNARIOS	16
8. AREAS EXPLORADAS	18
8.1 CONCESIÓN 1	18
8.2 CONCESIÓN 2.....	28
8.3 CONCESION 3.....	40
9. RESULTADOS DE CARTOGRAFIA GEOLOGICA	45
10. CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS DE CARBON	49

10.1	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO	49
11.	CALIDAD DEL CARBON	60
11.1	HUMEDAD	60
11.2	CENIZAS	61
11.3	MATERIA VOLÁTIL	61
11.4	CARBONO FIJO.....	62
11.5	AZUFRE TOTAL.....	62
11.6	PODER CALORÍFICO	63
12.	RESERVAS.....	64
12.1	CLASIFICACIÓN DE LAS RESERVAS	65
12.2	COMPARACIÓN DE LAS RESERVAS CON LA FORMACIÓN UMIR CON LA FORMACIÓN CERREJÓN Y LA FORMACIÓN GUADUAS.....	68
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación Manto-estéril para la Concesión 1	22
Tabla 2. Cantidad de metros de perforación propuestos	24
Tabla 3. Plan preliminar de perforaciones.	24
Tabla 4. Relación manto-estéril para la Concesión 2	32
Tabla 5. Cantidad de metros de perforación propuestos	34
Tabla 6. Plan preliminar de perforaciones	34
Tabla 7. Relación Manto- estéril	43
Tabla 8. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión 1	50
Tabla 9. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión 2	51
Tabla 10. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión3	52
Tabla 11. Parámetros usados para el Sistema de Clasificación de Carbón ASTM. Tomado de MUKHOPADHYAY P., HATCHER P. Composition of Coal.	53
Tabla 12. Clasificación de las muestras de carbón según el rango, para la Concesión 1	54
Tabla 13. Clasificación de las muestras de carbón según el rango para la Concesión 2	55
Tabla 14. Clasificación de las muestras de carbón según el rango para la Concesión 3	56
Tabla 15. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 1 según el contenido de materia volátil	58
Tabla 16. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 2 según el contenido de materia volátil	58
Tabla 17. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 3 según el contenido de materia volátil	58

Tabla 18. Cuadro comparativo de los valores de Humedad de las 3 Concesiones con Cerrejon Central	61
Tabla 19. Cuadro comparativo de los valores de Ceniza de las 3 Concesiones con Cerrejón Central	61
Tabla 20. Cuadro comparativo de los valores de Materia Volátil de las 3 Concesiones con Cerrejón Central	62
Tabla 21. Cuadro comparativo de los valores de Carbono Fijo de las 3 Concesiones con Cerrejón Central	62
Tabla 22. Cuadro comparativo de los valores de Azufre total de las 3 Concesiones con Cerrejón Central	63
Tabla 23. Cuadro comparativo de los valores de Poder Calorífico de las 3 Concesiones con Cerrejón Central	63
Tabla 24. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 1	64
Tabla 25. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 2	65
Tabla 26. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 3	65
Tabla 27. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 1	66
Tabla 28. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 2	66
Tabla 29. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 3	67
Tabla 30. Reservas indicadas (o probables) totales de las zonas de estudio	68
Tabla 31. Comparación de reservas presentes en el Cerrejón Norte y las indicadas en este proyecto para la Concesión 1, 2 y 3	69
Tabla 32. Comparación de reservas presentes en el Cerrejón Norte y las indicadas en este proyecto para la Concesión 1, 2 y 3	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio.	5
Figura 2. Trinchera perpendicular a la estratificación.	7
Figura 3. Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón.	10
Figura 4. Mapa geológico de la Zona Carbonífera Santander, parte occidental.	12
Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.	17
Figura 6. Mapa de localización de la Concesión 1	19
Figura 7. Fallas locales de corta dimensión sobre la Formación Umir	21
Figura 8. Pronóstico de perforación prioritaria.	26
Figura 9. Pronóstico de perforación secundaria.	27
Figura 10. Mapa de localización de la Concesión 2.	29
Figura 11. Afloramiento de la Formación Lisama	31
Figura 12. Pronóstico de perforación prioritaria.	36
Figura 13. Pronóstico de perforación prioritaria.	37
Figura 14. Pronóstico de perforación prioritaria.	38
Figura 15. Pronóstico de perforación secundaria.	39
Figura 16. Mapa de localización de la Concesión 3	41
Figura 17. Comparación de la geología preliminar con la geología final de la concesión 1	46
Figura 18. Comparación de la geología preliminar con la geología final de la concesión 2.	47
Figura 19. Comparación de la geología preliminar con la geología final de la concesión 3.	48
Figura 20. Clasificación de las muestras de carbón según el rango	57
Figura 21. Relación entre humedad, materia volátil y carbono fijo y el rango del carbón.	57
Figura 22. Clasificación final del total de muestras de carbón	59

Figura 23. Clasificación de las reservas indicadas (o probables)
totales según la clase de carbón

RESUMEN

TITULO: EVALUACION DE RECURSOS CARBONIFEROS DE LA FORMACION U MIR EN EL FLANCO ESTE DEL SINCLIANL DE NUEVO MUNDO*

AUTORES: DUEÑES GARCES Adriana Patricia, GOMEZ PRADA Adriana**

PALABRAS CLAVES: Cartografía, Formación Umir, Calidad del carbón, Reservas

El área de estudio se subdivide en tres concesiones ubicadas en el departamento de Santander denominadas como Concesión 1, Concesión 2 y Concesión 3, de 40 km², 36 km² y 6.82 km² respectivamente, de las cuales el 70% corresponde a la Concesión 1, el 60% a la Concesión 2 y el 71% a la Concesión 3 a las rocas objeto de explotación que hacen parte de los miembros medio y superior de la formación Umir.

La cartografía de las tres concesiones se presenta a escala 1:10.000 y es el resultado del trabajo de campo el cual mejora sensiblemente la información publicada hasta el momento (cuadrángulo H-12 del Ingeominas).

Se realizaron en total 74 transectas o recorridos geológicos para las 3 concesiones a partir de los cuales se elaboraron 29 perfiles y se levantaron 36 columnas estratigráficas de la formación Umir. Según los datos obtenidos en campo se identificaron 23 mantos de carbón: 12 mantos en la Concesión 1, 8 mantos en la Concesión 2 y 3 mantos en la Concesión 3; Se recolectaron 40 muestras de carbón distribuidas así: 19, 14 y 7 en las concesiones 1, 2 y 3 respectivamente.

Los resultados de los análisis de laboratorio realizados a las muestras de carbón y según el sistema de clasificación ASTM, se obtuvo que el mayor porcentaje de las muestras (37.5%) corresponde a carbón Bituminoso medio en volátiles, seguido de los carbones subbituminosos tipo A y B y Bituminoso alto en volátiles tipo C, mientras que el carbón Subbituminoso tipo C representa el menor porcentaje (10%).

En total las reservas de las tres concesiones alcanzan las 37.691.583 toneladas siendo las clases Subbituminoso tipo A y Subbituminoso tipo B las que representan el mayor porcentaje.

* Trabajo de grado

** Ingenierías Físicoquímica. Escuela de Geología. Geólogo Ph.D., Mario García González, Director.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE COAL RESOURCES IN AT THE UMIR FORMATION IN THE EAST FLANK OF THE NEW WORLD'S SINCLIAN*.

AUTHORS: DUEÑES GARCES Adriana Patricia, GOMEZ PRADA Adriana**

KEY WORDS: Cartography, Umir Formation, Quality of Coal, Reserves

The study area is subdivided in three leases designated as leases 1, 2 and 3, with areas of 40 km², 36 km² and 6.82 km² respectively. In these leases the coal-bearing Umir Formation outcrops on 70% of the area in lease 1, 60% of lease 2 and 71% of lease 3.

The middle and upper members the Umir Formation presents coal seams of different thickness ranging from 0.5 and 1.6 m.

Geological mapping of the three leases is presented on a 1:10000 scale and is the result of the field work which greatly improves the quality of previous publications (H-12 square sheet of Ingeominas).

A total of 74 geological transects were made on the three leases, which were the base for 29 geological profiles and 36 stratigraphic columns of the Umir Formation. A total of 23 coal beds were identified: 12 coal seams on lease 1, 8 coal seams on lease 2 and 3 coal seam on lease 3. 40 coal samples were collected distributed as follows: 19, 14, and 7 samples on leases 1, 2 and 3 respectively.

Results of the laboratory analyses of the coal samples were interpreted using ASTM classification system. 37.5% of the samples are medium volatile Bituminous coal, followed by sub-bituminous A and B and high volatile C.

The total for the three concessions reserves comes out to the 37.691.583 tons, where Subbituminous type A and the Subbituminous type B are the ones which represents the largest percentage.

* Thesis

** Faculty of Physics – Chemistry Engineerings, Geology School, Geologist Ph.D., Mario García González, Director.

INTRODUCCION

En los últimos años se ha generado un significativo incremento en la producción de carbón, debido principalmente a la crisis del petróleo, que ha obligado a la búsqueda de otras fuentes de energía.

Colombia es el país latinoamericano con mayores reservas de carbón y a nivel mundial abastece al 6.3% del mercado, posicionándose como el sexto exportador de carbón; según las reservas medidas se esperan 120 años de producción, siempre y cuando se mantenga la tasa de explotación actual¹.

La zona carbonífera de Santander constituye un potencial que no ha sido explorado ampliamente. El presente estudio se centra en la exploración de la zona carbonífera 901 Vanegas – San Vicente de Chucurí - Río Cascajales, localizada en el Valle Medio del Magdalena y donde aflora la Formación Umir, que en su miembro superior contiene los mantos de carbón.

Para cumplir con el propósito de aumentar el conocimiento geológico de esta zona carbonífera, se realizaron las siguientes actividades: cartografía de la zona de estudio, levantamiento de columnas estratigráficas, elaboración de perfiles geológicos, recolección de muestras que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para realizar los análisis proximales necesarios para determinar la calidad del carbón.

El uso depende de la clase de carbón: el carbón bituminoso coquizable es usado en procesos de obtención de acero; el carbón bituminoso térmico se usa para la generación de energía a través de la producción de vapor; el carbón subbituminoso se emplea para la generación eléctrica y procesos industriales y el lignito y la turba son usados para calefacción, energía eléctrica y procesos industriales.

Con este proyecto esperamos aportar información que complemente el conocimiento sobre el recurso carbonífero, principalmente calidad y reservas, en el Departamento de Santander

A continuación se presentan los resultados de la campaña exploratoria, indicando el número de mantos encontrados, su relación manto-estéril, la clasificación según los parámetros de calidad, y las recomendaciones del tipo de minería y ubicación de perforaciones prioritarias y exploratorias.

¹ LA CADENA DEL CARBON. 2005

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Cartografiar, evaluar la calidad y estimar las reservas de los carbones de la Formación Umir en las veredas Río Sucio y Centenario, para ampliar el conocimiento geológico y carbonífero del departamento de Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cartografiar las diferentes unidades geológicas a escala 1:10.000.
- Definir la posición geográfica con GPS y geológica de las diferentes unidades sedimentarias.
- Identificar el comportamiento estructural de las unidades geológicas que afloran en las Concesiones por medio de cortes transversales.
- Elaborar cortes y perfiles, a escala 1:10000, que sirvan de base para la respectiva interpretación de la secuencia sedimentaria.
- Levantar columnas estratigráficas a partir de la información tomada en campo.
- Muestrear las capas de carbón económicamente explotables, para su posterior análisis en laboratorio
- Determinar la calidad del carbón según los resultados de los análisis proximales.
- Estimar el potencial carbonífero de la zona de estudio
- Calcular la relación de manto – estéril, que determine el tipo de minería.
- Localizar puntos para perforaciones exploratorias y confirmatorias.

2. ANTECEDENTES

La zona carbonífera de Santander comprende dos grandes secciones localizadas una, en el borde occidental de la Cordillera Oriental, y la otra, sobre el Macizo de Santander; ha sido dividida en 8 áreas carboníferas, dentro de las cuales se encuentra la Concesión Carbonífera Vanegas - San Vicente de Chucurí - Río Cascajales, que es el objetivo del presente estudio.

Con el fin de realizar el inventario y evaluación del recurso carbonífero, se han llevado a cabo, entre otros, los siguientes trabajos e investigaciones²:

Carboriente (1990a) inició la evaluación de todos los yacimientos del Páramo del Almorzadero y de las áreas adyacentes, pero esta información no sigue los factores conceptuales básicos de la clasificación porque fue obtenida en los años de 1989 y 1990, varios años antes que Ecocarbón contratara la elaboración del Sistema de Clasificación de Recursos y Reservas.

Carbocol contrató con Carboriente estudios de superficie y de subsuelo; se perforaron 32 pozos, 22 de los cuales se realizaron en el flanco occidental del Sinclinal Los Andes y 10 en el flanco oriental, realizados entre 1986 y 1988. Luego, con Kopex, entre 1990 y 1991 se llevaron a cabo algunos trabajos complementarios. Ambos estudios cubrieron un Concesión de 25 km² y se enfocó la exploración sobre la Formación Umir.

Ecocarbón y la Unión Temporal L.T. Geoperforaciones - Geoconsulta Ltda., en 1996, complementaron la información geológica, pero únicamente sobre el flanco occidental del Sinclinal Los Andes, con el objeto de optimizar el conocimiento geológico de la Concesión mediante controles geológicos detallados en superficie y exploración adicional de subsuelo. Gracias a estos estudios se estableció la calidad y las reservas de carbón en las diferentes categorías, además, se definieron los parámetros geotécnicos e hidrológicos que permitieran preparar la prefactibilidad técnico económico de uno o varios proyectos mineros.

Otros trabajos como el Plan de Desarrollo Minero - Ambiental para Santander (Comité, 1996), que presenta la situación de los conocimientos en toda la Concesión Carbonífera Santander, así como los conocimientos aportados por el Ingeominas, especialmente, bajo forma de mapas geológicos, columnas estratigráficas, análisis petrográficos y palinológicos, han servido como elementos básicos para el entendimiento geológico regional.

² EL CARBÓN COLOMBIANO RECURSOS, RESERVAS Y CALIDAD. 2004.

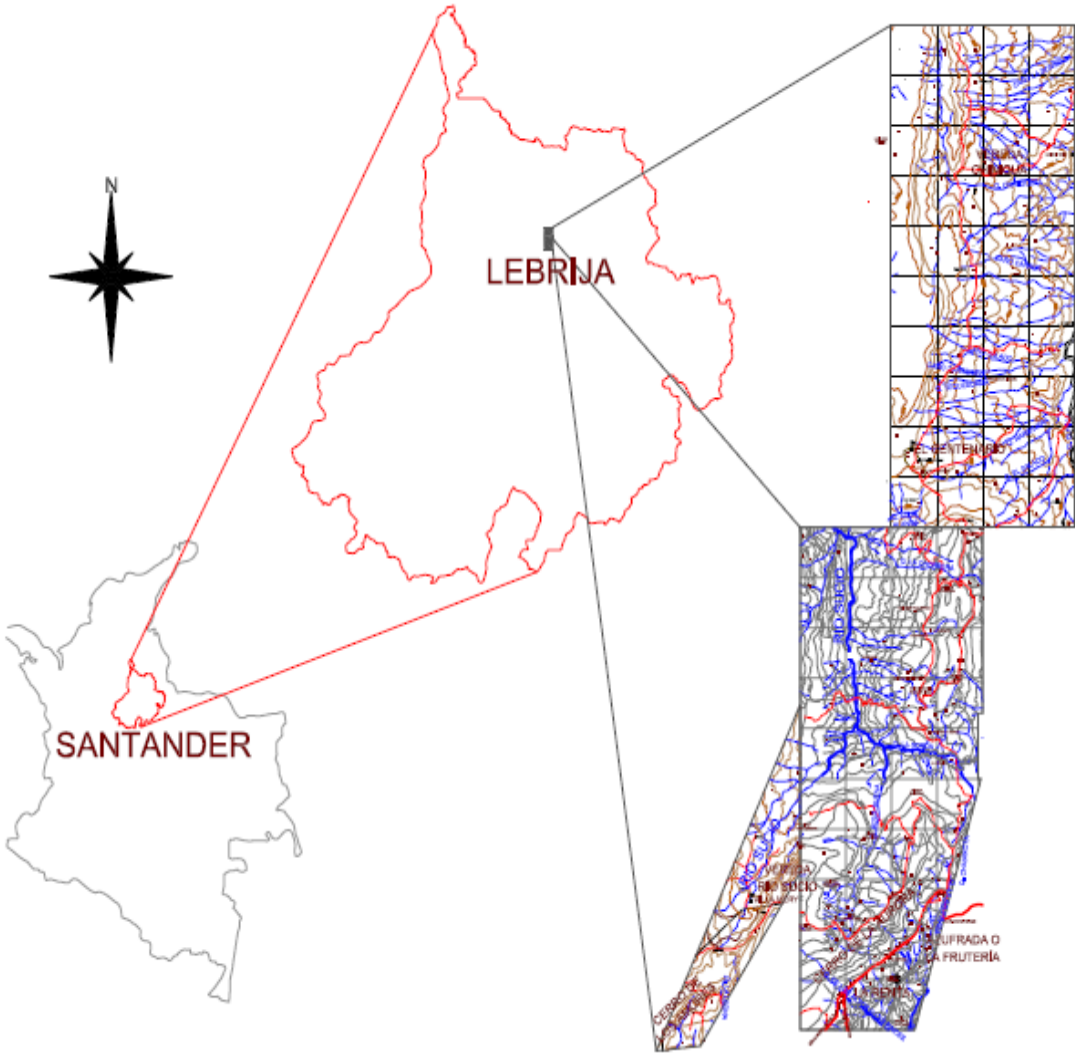
3. LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El departamento de Santander está localizado sobre la Cordillera Oriental, entre la faja donde la cordillera toma una dirección hacia el nor - noroeste y el Valle del río Magdalena. Es cruzado por importantes corrientes hídricas; en el oriente, por los ríos Chicamocha y Lebrija; en el sur, por el río Suárez, que inicialmente toma una dirección suroeste - noreste y luego, después de la unión con el río Chicamocha, va hacia el oeste con el nombre de río Sogamoso; en el suroeste, por los ríos Carare y Opón que fluyen al río Magdalena.

La Concesión Carbonífera Vanegas – San Vicente de Chucurí - Río Cascajales se encuentra localizada en jurisdicción del municipio de San Vicente de Chucurí (ver figura 1), en cercanía de la localidad de Vanegas al norte, hasta el municipio El Carmen al sur, en el límite norte de la Concesión Carbonífera San Luis. La mayoría de su superficie está ocupada por la Formación Umir, en cuya parte alta se dan los afloramientos de carbón, y ocupa la terminación periclinal del Sinclinal Mundo Nuevo, hasta el río Oponcito y Opón.

Las zonas estudiadas comprenden las veredas Río Sucio alto, Río Sucio bajo y Centenario (ver figura 1); se accede por la vía que conduce de Bucaramanga a Barrancabermeja, pasando por el municipio de Lebrija, a 8 km se continua por un desvío a la derecha denominado La Azufrada que conduce, entre otras, a estas veredas, de allí se toman carretables que se adentran en las áreas de estudio, las cuales se encuentra en aceptables condiciones en temporada de no lluvias.

Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio.



4. METODOLOGIA

Para cumplir con los objetivos propuestos del presente proyecto, se llevaron a cabo las siguientes fases:

4.1 CONSULTA BIBLIOGRÁFICA

Esta fase se desarrolló previa y simultáneamente con las demás fases, consistió en la recopilación y consulta de diferentes documentos, artículos, revistas y boletines relacionados con la industria del carbón, así como mapas geológicos y topográficos disponibles de las zonas de estudio que sirvieron de base para la elaboración del presente trabajo.

4.2 GEOLOGÍA DE CAMPO

Esta etapa se desarrolló durante los meses de febrero a junio. Consistió en recorridos geológicos realizados perpendicularmente al rumbo de las unidades geológicas, por quebradas y caños, cuyo propósito era georeferenciar, datar estructuralmente y medir el espesor real de los afloramientos, principalmente de capas y mantos de carbón.

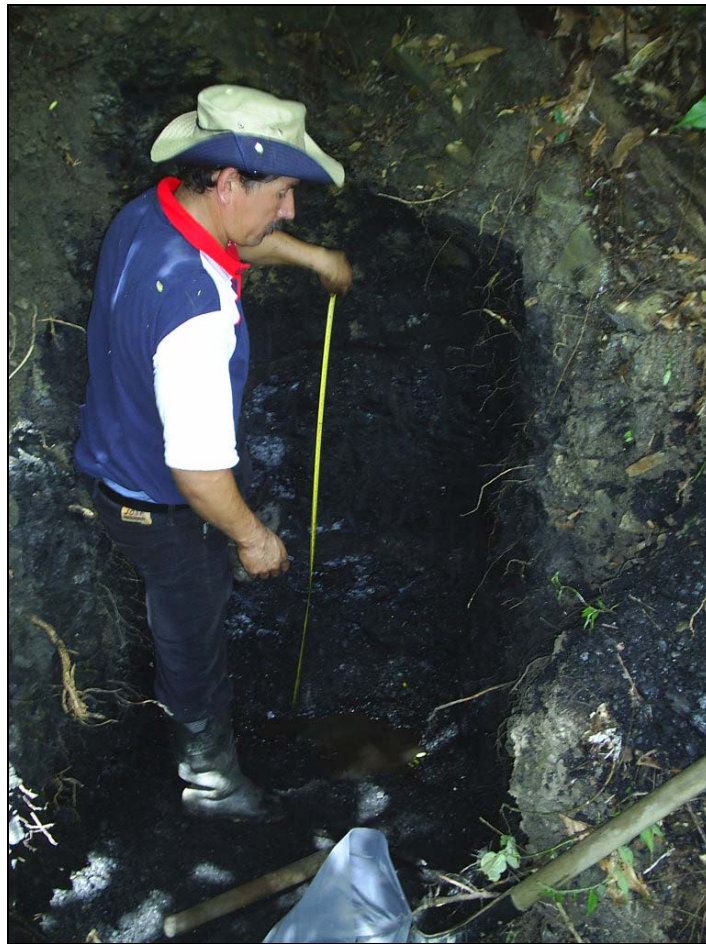
4.2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se realizó muestreo de los mantos de espesor igual o superior a 0.5m, con el fin de ser enviados al laboratorio para determinar sus propiedades físicas y químicas y así definir su calidad. Para la recolección de muestras se siguió el siguiente procedimiento:

- Se realizó una excavación tipo trinchera y/o apique de 2m x2m x 2m sobre la capa de carbón, en forma perpendicular a la estratificación (ver figura 2).
- Se proyectó un canal de muestreo del techo hacia la base que abarcara el espesor del manto.
- Se recolectaron muestras de carbón de 4 a 5 kg procurando que los fragmentos de carbón fueran grandes y representativos.
- Una vez hecha la trinchera, se midió el espesor real y se tomaron los datos estructurales.

- Se tomaron dos muestras para los mantos que presentaba intercalaciones de arcillas: una muestra incluyendo la intercalación y la otra solo de carbón puro.
- Para marcar la muestra se llenaron fichas que contenían la fecha, las coordenadas, el sitio de muestreo, el espesor del manto, los datos estructurales, la descripción del carbón y el nombre del geólogo que realizó el muestreo.

Figura 2. Trinchera perpendicular a la estratificación.



4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Se desarrollo durante los meses de febrero a julio, simultáneamente con la fase de campo. Se elaboraron perfiles geológicos y columnas generalizadas a partir de los datos obtenidos en los recorridos geológicos. Una vez terminada la fase de campo de cada Concesión se preparó el informe respectivo que incluye las generalidades, la descripción de las unidades geológicas identificadas, la relación manto-estéril, las recomendaciones para el tipo de minería y para la ubicación de las perforaciones y una estimación de las reservas, basada en el numero de mantos y su potencial. Las muestras son enviadas al laboratorio con el fin de realizarles los análisis proximales (%humedad, %cenizas, %materia volátil, %carbono fijo, %sulfuros, poder calorífico, gravedad especifica) e índice de hinchamiento, cuyos resultados son posteriormente usados para definir la calidad del carbón.

4.3.1 Cartografía

La cartografía geológica de las zonas de estudio se realizó en tres etapas:

1. Se tomo como base la Plancha Geológica H-12, a partir de la cual se trazaron preliminarmente los contactos geológicos en las planchas escala 1:25000 y 1:10000
2. La plancha escala 1:25000 fue usada en campo para georeferenciar los puntos de control, e igualmente para corregir los contactos geológicos previamente trazados.
3. A partir de los puntos de control tomados en campo y las correcciones hechas en la plancha 1:25000, se traza definitivamente la cartografía geológica en la plancha 1:10000.

4.3.2 Columnas estratigráficas. Las columnas estratigráficas a escala 1:2000 son elaboradas a partir de la información obtenida en campo de los mantos y capas de carbón, con ayuda de dos métodos: el primero por cintadas y el otro por GPS. Este debido a que en algunos sitios se dificultaba tomar cintadas por tanto de realizaba una diferencia de alturas con el GPS.

La columnas estratigráficas a escala 1:1000 son levantadas en campo principalmente en quebradas que dejan al descubierto la secuencia estratigráfica por el método de cintadas o GPS igualmente.

4.3.3 Perfiles geológicos. El perfil se deduce de un corte que ha sido proyectado y materializado en campo, es decir, que tiene un itinerario por donde se levantó con las respectivas estaciones de campo, y en donde se tomó el rumbo y buzamiento de las capas.

4.3.4 Relación manto- estéril. La relación manto estéril se presenta teniendo como base los cortes y perfiles geológicos proyectados y materializados directamente en campo. Sobre el perfil geológico se proyectaron las capas de carbón, en especial los mantos mayores de 50 cm. Se anota el espesor o ancho de cada capa de carbón, y el espesor de la separación del estéril entre mantos y la superficie (estéril entre la base del manto superior y el techo del manto inferior).

4.3.5 Cálculo de reservas. Las reservas pueden clasificarse en medidas (o probadas), indicadas (o probables), demostradas e inferidas (o deducibles) (ver figura 3). En este caso se calcularán las reservas indicadas (o probables) que son aquellas cuya calidad y cantidad se han definido en parte por medio de análisis de muestras y de medidas y en parte a base de proyecciones geológicas razonables³.

Para el cálculo de reservas se requiere conocer el promedio del buzamiento (β), espesor, extensión lateral y profundidad del manto, e igualmente la gravedad específica promedio (ρ) obtenida de los análisis de laboratorio de las muestras; se realizó aplicando el siguiente procedimiento⁴:

$$\text{Área inclinada} = \text{Extensión lateral} \times \text{Profundidad}$$

$$\text{Área verdadera} = \frac{\text{Área inclinada}}{\text{Cos } \beta}$$

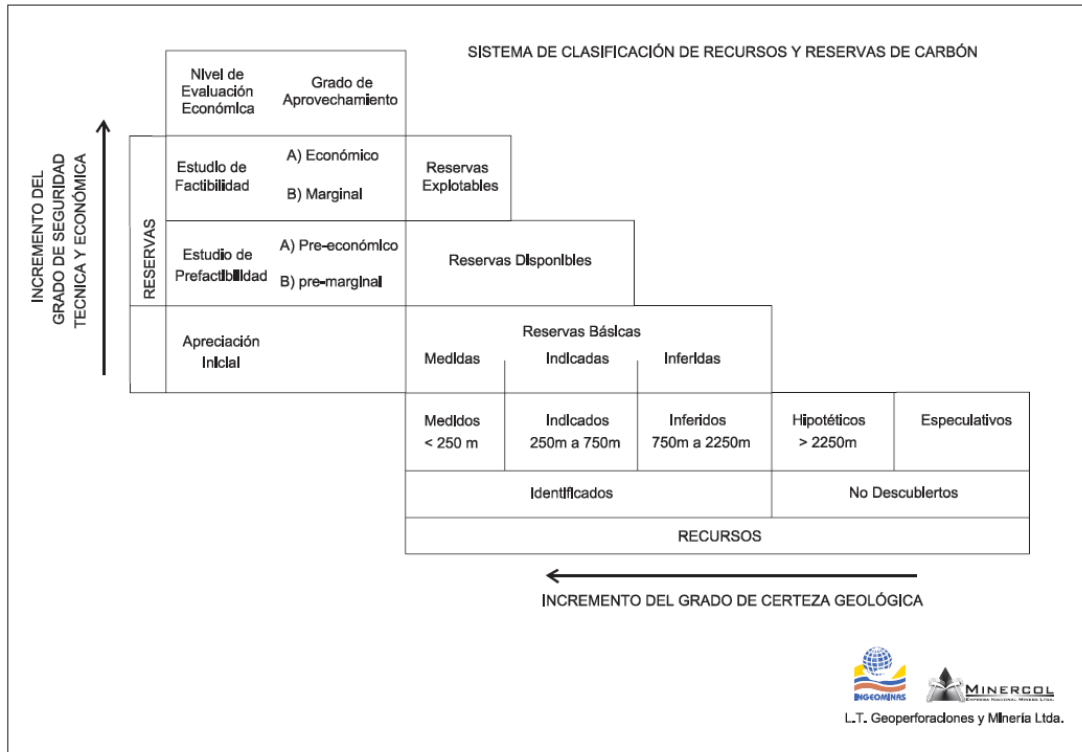
$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \text{Área verdadera} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Toneladas de carbón} = \text{Volumen} \times \rho$$

³ ZONAS CARBONIFERAS DE COLOMBIA. 1979

⁴ ORTIZ DELGADO HERNAN. 2006

Figura 3. Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón. Tomado de EL CARBON COLOMBIANO, RECURSOS, RESERVAS Y CALIDAD. 2004



4.3.6 Plan de perforaciones. El plan de perforaciones se propone según los objetivos a cumplir, si se busca comprobar en profundidad la existencia de mantos que afloran en superficie se propone una perforación prioritaria, y si el propósito es explorar en búsqueda de posibles mantos se propone una perforación secundaria. Para cualquiera de los dos tipos de perforación es necesario establecer en campo una zona relativamente plana, cercana a la carretera y de fácil acceso; además es preciso tener en cuenta que la profundidad de perforación no debe superar los 500m.

5. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

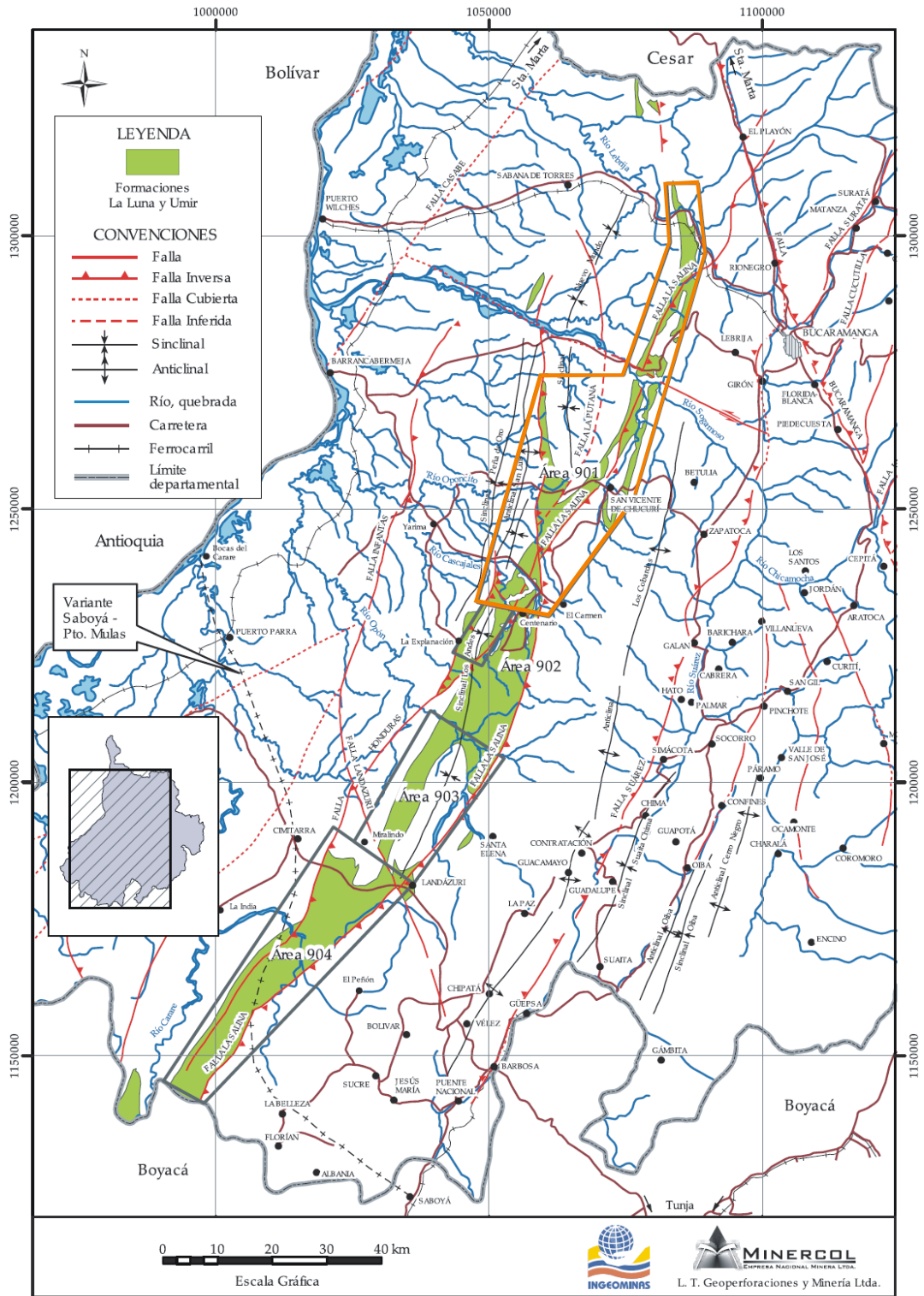
La Zona Carbonífera Santander ha sido dividida en ocho Concesiones carboníferas:

- Área Carbonífera Vanegas - San Vicente de Chucurí - Río Cascajales
- Área Carbonífera San Luis
- Área Carbonífera Río Opón - Landázuri
- Área Carbonífera Cimitarra Sur
- Área Carbonífera San Miguel - Capitanejo
- Área Carbonífera Miranda
- Área Carbonífera Molagavita
- Área Carbonífera Páramo del Almorzadero

Las unidades litoestratigráficas carboníferas del Departamento de Santander muestran importantes diferencias: la posición del carbón en el tiempo, las características de las secuencias litoestratigráficas carboníferas y la nomenclatura de las unidades a las cuales el carbón pertenece, al compararse los afloramientos orientales del Páramo del Almorzadero, hasta Capitanejo, con los occidentales de la Concesión próxima al Valle del río Magdalena.

Las unidades occidentales (ver figura 4), que son el objeto del presente estudio, son nombradas según la nomenclatura de la Cuenca del Valle Medio del río Magdalena, las cuales se extienden desde el límite meridional del departamento hasta Vanegas, en el norte, pasando por San Luis, mientras que las unidades orientales del Páramo del Almorzadero y Capitanejo son referidas a las de la Cuenca de Maracaibo.

Figura 4. Mapa geológico de la Zona Carbonífera Santander, parte occidental. Tomado de EL CARBÓN COLOMBIANO RECURSOS, RESERVAS Y CALIDAD. 2004.



6. MARCO GEOLOGICO ESTRUCTURAL

El borde occidental del Macizo de Santander está delineado por la Falla Bucaramanga, inversa, de plano inclinado hacia el oriente, que eleva rocas cristalinas y metamórficas sobre las sedimentitas del Jurásico y Cretácico. La Falla Suárez, también inversa, de plano inclinado hacia el oriente, choca contra la anterior. La Falla La Salina, también inversa con plano inclinado hacia el oriente, igualmente, se une a la Bucaramanga a la latitud de la localidad del Playón.

El Sinclinal de Nuevo Mundo es una estructura amplia, ligeramente asimétrica, cuyo eje está recargado hacia su flanco occidental, probablemente como resultado del fuerte levantamiento a lo largo del lado oriental de la Falla La Salina, la cual marca su límite occidental.⁵

Una serie de anticlinales y sinclinales caracterizan las Concesiones encerradas entre las fallas. De este a oeste, sobre el macizo, se observan los sinclinales Delgadito y La Arena separados por el Anticlinal Vado Ancho. Luego, al oeste de la Falla Suárez, se aprecia la gran estructura Anticlinal Los Cobardes y, al oeste de la Falla La Salina, el Sinclinal Mundo Nuevo, que contiene los carbones de la Formación Umir en su flanco oriental y en su cierre periclinal.

⁵ Royero G. J., Clavijo J. 2001.

7. ESTRATIGRAFIA

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio (ver figura 5), se describen a continuación de la más antigua a la más reciente⁶ y consiste en un resumen de la publicación de Royero G. J., y Clavijo J. 2001.

7.1 FORMACIÓN LA LUNA

Está constituida por calizas gris oscuras, arcillosas, lutitas grises a negras, calcConcesións, en capas delgadas, lutitas gris oscuras con delgadas intercalaciones de calizas arcillosas, concreciones de calizas con fósiles, y capas delgadas de chert negro y también capas fosfáticas hacia la parte superior. El espesor varía entre 275 y 575 m. Se subdivide en tres miembros: el inferior Salada, el intermedio Pujamana y el superior Galembo. Entre las formaciones La Luna y Umir existe una ligera discontinuidad estratigráfica. Se le asigna una edad del Turoniano al Santoniano.

7.2 FORMACIÓN UMIR

Está compuesta por una sucesión de arcillolitas negras a grises verdosas, cuyo espesor alcanza en San Luis 1.400 m; se intercalan pocas capas de arenitas arcillosas de cuarzo y mantos de carbón. Con base en zonas de foraminíferos bien establecidas y sustentadas por amonites, se le asigna una edad Campaniano – Maastrichtiano. Ha sido dividida en tres miembros: Inferior (Ksu1) sin carbones, Medio (Ksu2) y Superior (Ksu3) que contiene los carbones económicamente explotables⁷.

Dentro de la Formación Umir, los carbones se han localizado en los miembros Medio y Superior

Miembro Umir Medio (Ksu2). Es una secuencia de 400 m de arcillolitas grises a negras con intercalaciones muy delgadas de limolitas de cuarzo ferruginosas. El techo de la unidad está marcado por un conjunto arenítico, denominado Arenisca la Guía. Este miembro está cubierto por coluviones.

⁶ Royero G. J., Clavijo J. 2001.

⁷ L.T. Geoperforaciones & Geoconsulta, 1996

Miembro Umir Superior (Ksu3). Sobre la Arenisca Guía aflora un conjunto conformado por arcillolitas grises a negras carbonosas con niveles de arenita fina a media de cuarzo intercalado, donde aparecen mantos y capas de carbón. Encima aparece una secuencia de 200 m de espesor, compuesta por una sucesión de arcillolitas y 13 mantos de carbón, que conforman los mantos codificados con los números del 265 al 100. En la parte superior, encima del manto 100, afloran capas de arcillolitas verdosas y arenitas de cuarzo intercaladas, con un espesor de 50 m.

7.3 FORMACIÓN LISAMA

Se encuentra constituida por una secuencia de lutitas abigarradas, alternadas con areniscas grises, verdosas y pardas, de grano fino a medio y algunas capas delgadas de carbón. El espesor alcanza hasta 1.225 m. Esta unidad presenta un contacto normal y transicional con la infrayacente Formación Umir. El contacto superior con la Formación La Paz, está determinado por una discordancia regional bien marcada. Se le ha asignado edad Paleoceno.

7.4 FORMACIÓN LA PAZ

Está compuesta por areniscas grises, conglomeráticas, conglomerados, limolitas y grandes paquetes de lutitas grises. Descansa discordantemente sobre la Formación Lisama. El espesor en la sección tipo es de 1.000 m, pero generalmente presenta variaciones locales. Su contacto superior con la Formación Esmeraldas es concordante y transicional. Conforme a su posición estratigráfica, la unidad se considera del Eoceno superior.

7.5 FORMACIÓN ESMERALDAS

Esta unidad se compone de areniscas grises y verdosas, de grano fino, con intercalaciones de limolitas y lutitas, contiene algunas capas delgadas de carbón. El espesor se ha calculado en unos 1.200 m. El contacto inferior con la Formación La Paz es concordante, mientras que el contacto superior está determinado por una posible discordancia con la Formación Mugrosa. La unidad es del Oligoceno.

7.6 FORMACIÓN MUGROSA

La unidad está compuesta en su parte inferior por areniscas gris verdosas, de grano fino a medio, con intercalaciones de lodolitas grises a azulosas y algunas capas de areniscas conglomeráticas. La parte media consta de shales moteados

con algunas intercalaciones de arenisca. Hacia la parte superior hay lodolitas moteadas, fosilíferas. El espesor varía entre 500 y 800 m. El contacto inferior de la Formación Mugrosa es aparentemente discordante con la Formación Esmeraldas, en tanto que el superior con la Formación Colorado es concordante. La unidad es considerada del Eoceno superior-Oligoceno inferior.

7.7 FORMACIÓN COLORADO

Esta unidad consiste predominantemente en su parte inferior de arcillositas pardo rojizas, con intercalaciones de areniscas, de grano grueso a conglomeráticas, en capas de espesor variable. La parte superior se compone de arcillolitas gris oscuras a negras, carbonosas, fosilíferas, con intercalaciones de arenisca, de grano medio, en capas delgadas. El espesor es variable entre 1.200 y 2.500 m. La Formación Colorado descansa concordantemente sobre la Formación Mugrosa y su contacto superior con el Grupo Real es discordante. La unidad es considerada como del Oligoceno superior al Mioceno inferior.

7.8 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Conformados por aluviones que corresponden a los depósitos de las quebradas, y a coluviones formados por bloques de areniscas de la Fm. Lisama de variado tamaño, los cuales descansan sobre la Formación Umir, inclusive de pequeños bloques de carbón desprendidos de la Formación Umir

Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Tomado de ROYERO G.J., CLAVIJO J. 2001

SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	DESCRIPCION		
T E R C I A R I O	CUAT. HOL.		Qtz		Terrazas y aluviones		
	PLIO.	GRUPO MESA	TQ		Gravas, arenas y conglomerados. Espesor: 300 - 545 m.		
	MIOCENO	GRUPO REAL		Tmp		Discontinuidad estratigráfica (?) Areniscas, lodolitas y conglomerados. Espesor: 500 - 700 m.	
		OLIGOCENO	GRUPO CHUSPAS	FM. COLORADO	Tom		Discontinuidad estratigráfica (?) Lodolitas rojas y areniscas conglomeráticas. Espesor: 935 - 1.250 m.
	FM. MUGROSA			Teo		Lodolitas y capas delgadas de areniscas. Espesor: 550 - 850 m.	
	EOCENO		GRUPO CHORRO	FM. ESMERALDA	Tpe		Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 160 - 575 m.
		FM. LA PAZ				Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada. Espesor: 240 - 800 m.	
	PAL.	FM. LISIANA				Lodolitas areniscas y capas delgadas de carbón. Espesor: 300 - 950 m.	
	C R E T A C I C O	SUPERIOR	FM. UMIR		1Ks		Lodolitas con concreciones ferruginosas y capas explotables de carbón. Espesor: 800 - 1.400 m.
			FM. LA LUNA		Kalc		Calizas, lodolitas calcáreas, concreciones calcáreas y rocas fosfóricas. Espesor: 280 - 630 m.
INFERIOR		FM. SIMITI		Kbal		Lodolitas principalmente, areniscas y calizas en menor proporción. Espesor: 250 - 660 m.	
		FM. TABLAZO		1Kl		Calizas y lodolitas calcáreas. Espesor: 240 - 325 m.	
		FM. PAJA		Kbeh		Lodolitas y areniscas. Espesor: 150 - 625 m.	
		FM. ROSA BLANCA				Calizas, lodolitas y areniscas. Espesor: 290 - 450 m.	
		FM. CUMBRE				Areniscas gris verdosas, cuarzosas, de grano fino, localmente lodosas, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y lodolitas de color gris, negro y rojizo, piritosas. Espesor: 25 - 100 m.	
FM. LOS SANTOS							
SUPERIOR		FM. GIRON		Js		Areniscas cuarzosas claras, localmente conglomeráticas y lodolitas pardo rojizas. Espesor: 150 - 650 m. Alternancia de areniscas y lodolitas gris amarillentas a pardo rojizas, localmente niveles conglomeráticos, pardo rojizos, masivos y lenticulares. Espesor: 3.000 - 4.500 m.	

8. AREAS EXPLORADAS

8.1 CONCESIÓN 1

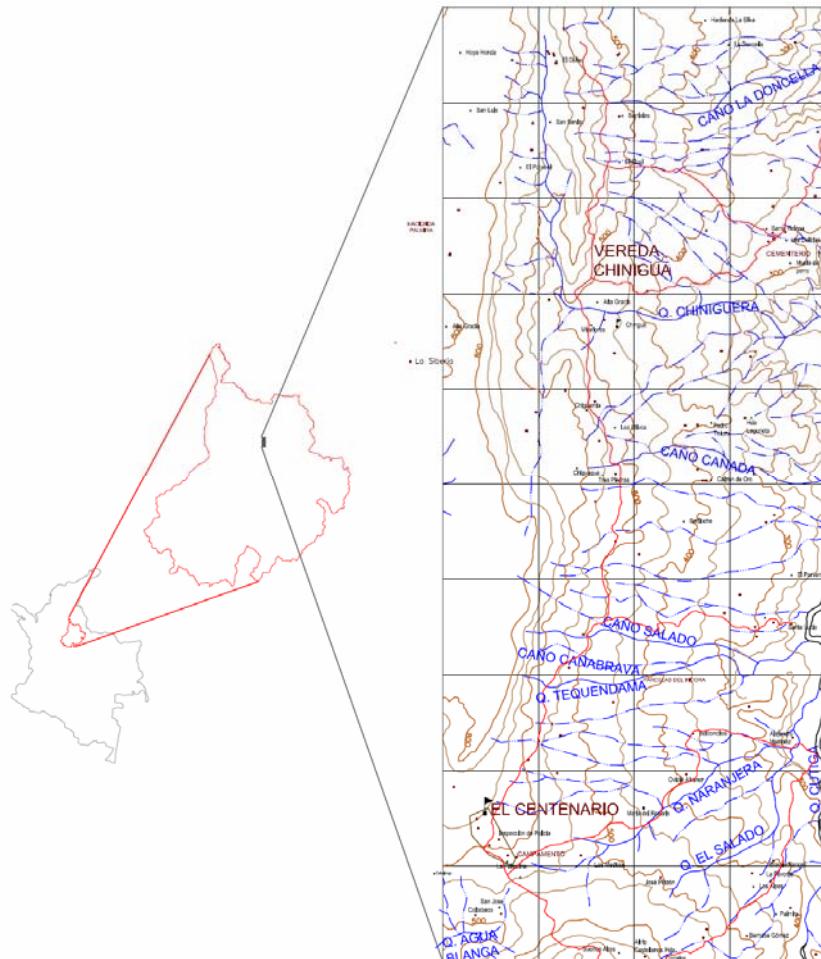
8.1.1 Generalidades. El área de estudio se localiza en el Departamento de Santander, en la Vereda Centenario, tiene una extensión de 40km², comprendidos dentro de un polígono demarcado por 4 vértices (ver figura 6). El 70% corresponde a lo que se define como Formación Umir, cuya unidad en su miembro superior contiene mantos y capas de carbón

8.1.2 Hidrografía. El área de estudio posee una alta densidad de drenajes, la mayoría de ellos afluentes a la quebrada Cutiga que se desplaza paralelamente al límite este de la concesión en sentido sur – norte. Los drenajes afluentes a la quebrada Cutiga recorren la mayor parte de la concesión de occidente a oriente y son: hacia la zona sur de la concesión, las quebradas El Salado, Naranjera, Tequendama, Caño Cañabrava y Caño Salado y hacia el norte las quebradas Chiniguera y Caño La Doncella. Otros drenajes incluyen caños y pequeños afluentes de las quebradas principales.

8.1.3 Morfología. La Concesión 1, está caracterizada en general por zonas bajas, ubicadas al oriente de la zona de estudio, formadas por colinas suavemente onduladas que corresponden Fm. Umir y Fm. La Luna que cubren aproximadamente el 80.35% y 1.7%, respectivamente, de la concesión; además hacia el occidente de la Concesión se localiza un relieve montañoso escarpado, característico de la Formación Lisama y la Formación La Paz, que cubren aproximadamente el 10.55% y 5.9%, respectivamente del área en concesión.

El principal relieve topográfico corresponde al cerro aislado que se extiende en dirección NS sobre el límite occidental del área en concesión, y que alcanza una altura máxima de 800 m.s.n.m; este cerro aislado es el remanente después del proceso de erosión de la Formación Lisama, que dejó expuesto una sección de la Formación Umir. La altura promedio del polígono es de 500 m.s.n.m, donde la mayor corresponde al Cerro que alcanza hasta 800m y la mínima es de 250m que corresponde al suave relieve característico de la Formación Umir y a los depósitos aluviales.

Figura 6. Mapa de localización de la Concesión 1



8.1.4 Estratigrafía. En el área de estudio se diferenciaron cuatro unidades litoestratigráficas, que se describen de más antigua a más reciente.

8.1.4.1 Formación La Luna. Calizas grises oscuras y lutitas grises a negras, calcáreas, que afloran formando un relieve tabular, compuesto por capas delgadas y gruesas. El espesor varía entre 100 y 150 m.

En el contacto con umir se observa un relieve de pendientes altas, localmente presenta microplegamientos.

8.1.4.2 Formación Umir. Lutitas grises, arcillolitas, y areniscas finas cuarzosas, con intercalaciones de capas de carbón que van de 0.04 m hasta de 1.54 m. Hacia el techo se observan intercalaciones delgadas de arcillolitas grises laminadas con limolitas rojas, infrayacidas por intercalaciones de lutitas grises y limonitas rojas. Generalmente hacia la base y techo de los mantos de carbón se encuentran capas de arcillolitas carbonosas laminadas. En algunos sectores se observan arcillolitas grises con nódulos de pirita. Se encuentra suprayacido en contacto concordante con la Formación Lisama. El espesor calculado varía entre 400 y 500. Aflora formando suaves colinas topográficamente bajas.

En total se levantaron 16 columnas estratigráficas sobre la Formación Umir en las cuales se encontraron 12 mantos de carbón de espesor entre 0.50m y 1.54m y 28 capas de carbón de espesores que varían entre 0.02m y 0.47 m, cuya continuidad lateral fue controlada con los cortes geológicos, y a partir de las cuales se realizó su respectiva correlación

8.1.4.3 Formación Lisama. Areniscas de grano fino a grueso de color amarillo crema y grisáceas, y limolitas, con presencia de algunas capas delgadas de carbón de espesor menor a 20 cm. El espesor calculado de esta unidad varía entre 200 y 250. El contacto con la Fm Umir es concordante. Aflora cubriendo las partes morfológicamente altas y escarpadas de la zona de trabajo.

8.1.4.4 Formación La Paz. Areniscas grises claras, conglomeráticas con intercalaciones de arcillolitas grises variando de espesor en el área de estudio entre 200 y 250. Aflora formando relieves fuertes y escarpados.

8.1.4.8 Depósitos Cuaternarios. Conformados por aluviones que corresponden a los depósitos de la quebrada Cutiga que forman terrazas; y a coluviones formados por bloques de areniscas de la Fm. Lisama de variado tamaño, los cuales descansan sobre la Formación Umir, inclusive de pequeños bloques de carbón desprendidos de la Formación Umir.

8.1.5 Características estructurales. Estructuralmente el área en concesión esta caracterizada por pequeños pliegues sinclinales y anticlinales. Hacia el sur de la concesión se presenta un plegamiento local sobre la Formación Umir, conformado por pequeños anticlinales y sinclinales cuyos ejes están orientados en dirección

SW-NE, al igual que algunas fallas locales de cortas dimensiones que se extienden en la misma dirección (ver figura 7). Igualmente hacia el oeste de la concesión, se presenta un plegamiento, cuyos ejes se extienden en dirección NS, y que acompañado de un proceso de erosión produjo un cerro aislado que pertenece a la Formación Lisama y también dejó expuesto una sección de la Formación Umir. Esta serie de plegamientos modifica el espesor de las formaciones litológicas, provocando un espesor aparente mayor al real.

Los estratos y capas de carbón presentan en general rumbos que varían desde N-S hasta N66°E y buzamientos en dirección NW en ángulos que varían entre 19° y 78°.

Figura 7. Fallas locales de corta dimensión sobre la Formación Umir



8.1.6 Mantos de carbón. En el área de esta concesión, se identificaron 12 mantos de carbón, de espesor desde 0.5 m a 1.54 m; denominándose, del superior hacia abajo, como mantos M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11 y M12; hacia el techo y base de los cuales se encuentran capas delgadas de arcillolitas carbonosas y en su gran mayoría de arcillolitas grises en capas o estratos mucho más gruesos; su continuidad lateral fue controlada principalmente a lo largo de la zona W de la concesión; además se localizaron 28 capas de

carbón de espesores entre 0.02m a 0.47m. se ubican en su mayoría hacia el SW de la concesión, principalmente sobre las quebradas Caño Salado, La Naranjera, Vereda Centenario y las haciendas Palmira, Cabalongo y hacia el norte de la concesión las haciendas El Fical y Barriales. (Ver Anexo C1, Cortes Geológicos 1 al 11.)

En la tabla 1 se observa la relación promedio (1:138) manto - estéril del área en estudio, igualmente se registran los valores máximos que pertenecen a los M10 en el corte 3-3' (1:500) y M8 en el corte 11-11' (1:329) y las mínimas relaciones manto-estéril que corresponden al M7 en el corte 4-4' (1:7), M2 en el corte 6-6' (1:13) y M12 en el corte 2-2' (1:13), sobrepasan una buena relación para la explotación a cielo abierto.

Los 11 cortes y perfiles, además de los datos obtenidos en campo, de buzamiento de los mantos de carbón (25° a 70°), indican que estos mantos no pueden ser explotables a cielo abierto, calculándose un promedio de relación manto – estéril (1:138), que sobrepasa en gran cantidad la relación económica deseada. Estos mantos pueden ser explotados con minería subterránea.

Tabla 1. Relación Manto-estéril para la Concesión 1

CORTE	MANTO	RUMBO	BUZ. (°)	ESPESOR (m)	EXTENSIÓN VISUAL (m)	ESPESOR ESTÉRIL (m)	RELACIÓN MANTO-ESTÉRIL
1-1' Flanco E anticlinal	M10	N20°E	33°SE	0.5	2,5	100	1:200
1-1' Flanco W anticlinal	M4	N10°E	42°NW	1.54	1,3	160	1:104
2-2' Flanco E sinclinal	M11	NS	27°W	0.67	2,8	115	1:172
	M12	NS	27°W	0.53	1	7	1:13
	M11-M12			1.2		122	1:102
3-3' Flanco E anticlinal	M10	N35°E	65°SE	0.57	1,7	38	1:67
3-3' Flanco E sinclinal	M11	NS	25°W	0.60	2	50	1:83
	M10	NS	34°W	0.50	2,5	250	1:500
	M11-M10			1.10		350	1:327

3-3' Flanco W anticlinal	M5	N54°E	32°NW	0.65	3,5	100	1:154
	M6	N38°E	42°NW	0.83	2,7	35	1:42
	M5-M6			1.48		135	1:91
4-4'	M3	N55°E	41°NW	0.52	1,5	160	1:308
	M6	N45°E	42°NW	0.82	2	25	1:30
	M7	N50°E	40°NW	1.40	1,8	10	1:7
	M3-M6			1.34	2,7	355	1:265
	M6-M7			2.22		365	1:164
4-4' Flanco E sinclinal	M10	NS	38°W	0.5	1,4	10	1:20
5-5'	M9	N25°E	70°NW	0.93	3,2	50	1:54
6-6'	M2	N20°E	35°NW	0.8	2	10	1:13
7-7'	M1	N16°E	36°NW	1.15	4.5	30	1:26
	M3	N6°E	28°NW	0.5	2,3	10	1:20
	M5	N45°E	28°NW	0.51	1,4	25	1:49
	M3-M5			1.01		115	1:114
9-9'	M8	N10°E	45°NW	0.56	2	180	1:321
11-11'	M8	N5°W	32°SW	0.79	2	260	1:329

8.1.7 Plan de perforaciones. Para esta Concesión se proponen dos perforaciones, una prioritaria y otra secundaria. La perforación prioritaria se realiza para confirmar la existencia y extensión lateral de los mantos M3, M4, M6 y M7, además se propone una perforación secundaria para confirmar el M10, M11 y M12, también es propuesta para explorar posibles mantos que no afloran en superficie (ver tablas 2 y 3).

Tabla 2. Cantidad de metros de perforación propuestos

POZO	METROS PROPUESTOS	METROS PRIORITARIOS
1-001	510	510
1-002	500	405

Tabla 3. Plan preliminar de perforaciones.

POZO	PRIORIDAD	PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)	OBJETIVO DE LA PERFORACION	TIPO DE PERFORACION
1-001	PRIORITARIA	510	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar 510 m de perforación para confirmar el M3, M4, M5, M6 y M7. 2. Explorar la secuencia de mantos de carbón que no afloran en superficie. 3. Determinar la calidad de los carbones. 	CORAZONADA
1-002	SECUNDARIA	500	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controlar y confirmar la extensión lateral de los mantos M10, M11 y M12 en los primeros 400 m, los 100 m siguientes son exploratorios. 2. Determinar la calidad de los carbones. 	CORAZONADA

El objetivo de la perforación prioritaria es confirmar los siguientes mantos: M3 con un espesor de 0.52m el cual se encuentra a 195m de profundidad, M6 el cual se encuentra a 265m de profundidad y por ultimo el M7 a 290 m de profundidad y espesor 1.40 m, por lo cual se recomienda esta perforación como primordial. Necesariamente se debe encontrar el M4 una profundidad de unos 30m, cuyo espesor de 1.54m es el mayor encontrado en la Concesión de estudio. Esta

perforación se considera por lo tanto la de mayor importancia ya que abarca la mayor cantidad de mantos encontrados en la concesión (ver figura 8)

Para la perforación secundaria se proponen 500 m, de los cuales 405m son prioritarios; se pronostica encontrar en los primeros 75m el M11 con espesor de 0.60m, a 100 m de profundidad el M12 de espesor 0.53m y a una profundidad de 405 m el M10 de 0.50m de espesor (ver figura 9). Se considera preciso explorar los últimos 330m pues es posible que se encuentren otros mantos que no fueron observados en campo.

Para los mantos restantes M1, M2, M8, M9 los cuales tienen espesores de 1.15m, 0.80m, 0.79m, y 0.93m respectivamente, no se proponen perforaciones ya que se encuentran aislados y con altas relaciones manto-estéril; además no hay una forma de acceso a esta zona.

Figura 8. Pronostico de perforación prioritaria. Profundidad programada: 510m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 1 POZO: Concesión-1-001 CORTE: 4
COORDENADA: E: 1084370 PROFUNDIDAD PROGRAMADA: 510 m
N: 1292050

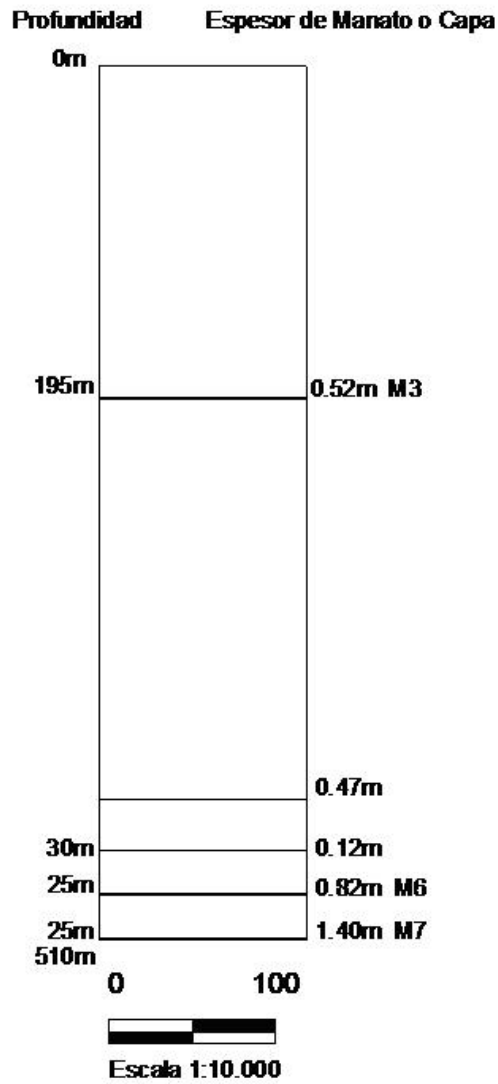
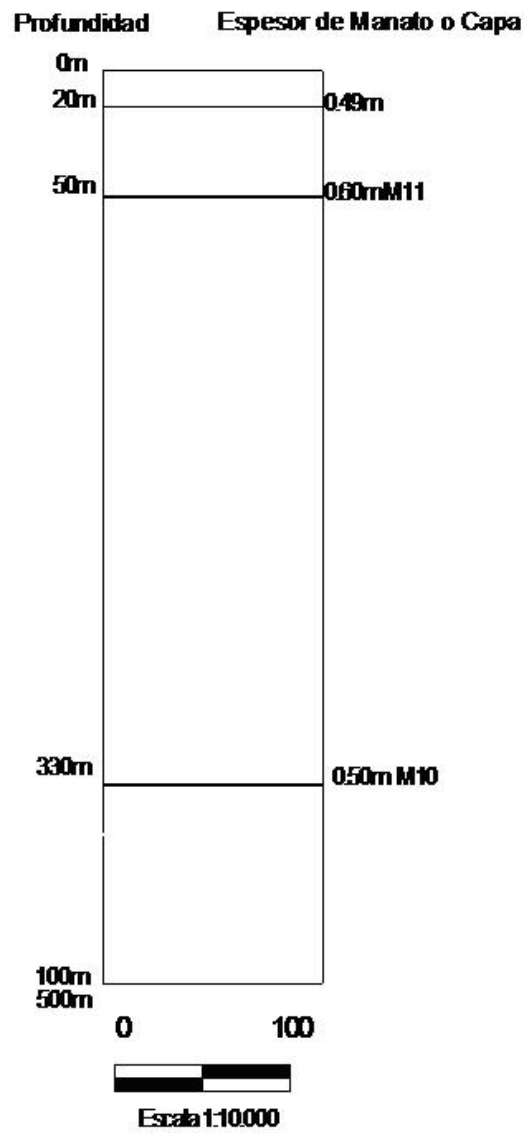


Figura 9. Pronostico de perforación secundaria. Profundidad programada: 500m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 1 POZO: Concesión-1-002 CORTE: 3
COORDENADA: E: 1086280 PROFUNDIDAD PROGRAMADA: 500m
N: 1290300



8.1.8 Conclusiones y Recomendaciones

- En la Concesión 1 se encontraron 12 Mantos definidos, los cuales fueron nombrados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11 y M12. La zona productiva de la Formación Umir se encuentra hacia el nivel superior, el promedio de los espesores de los mantos localizados en la concesión varían de 0.5m a 1.54m, siendo M4 y M7 los de mayor espesor (1.54m y 1.40m respectivamente); hacia el techo y base de estos mantos se encuentran capas delgadas de arcillolitas carbonosas y en su gran mayoría de arcillolitas grises en capas o estratos mucho más gruesos.
- A partir de los 11 cortes, con sus respectivos perfiles y columnas, se puede concluir que la relación manto-estéril esta muy por encima de los valores requeridos para una minería a cielo abierto, debido a que el material descapotable (estéril) es de gran espesor e incluso el promedio de buzamiento es alto entre 25° y 70°, no es aconsejable una minería a cielo abierto por sus altos costos. Es importante resaltar que aunque las relaciones mínimas manto-estéril (M7 (1:7), M2 (1:13) y M12 (1:13)), están cercanas a los valores óptimos, presentan altas magnitudes de buzamiento que, como ya se menciona, no son propicias para este tipo de explotación, por lo que se aconseja ser explotados de forma subterránea.
- El estudio realizado en esta concesión permite concluir que la mayor densidad de carbón superficial se encuentra hacia el SW y zona central de la concesión, principalmente sobre las quebradas Caño Salado, La Naranjera, Vereda Centenario y las haciendas Palmira, Cabalongo y hacia el norte de la concesión las haciendas El Fical y Barriales.
- Se recomienda realizar dos perforaciones, una prioritaria y otra secundaria. La perforación prioritaria es la más importante ya que se espera encontrar el M7 de 1.40 m de espesor, así como también la mayor densidad de mantos de carbón de la Concesión, los cuales pueden ser de gran interés económico. La perforación secundaria se propone para confirmar la existencia de los mantos M10 (0.50m), M11 (0.60m), M12 (0.53m) e igualmente para explorar en búsqueda de mantos productivos.

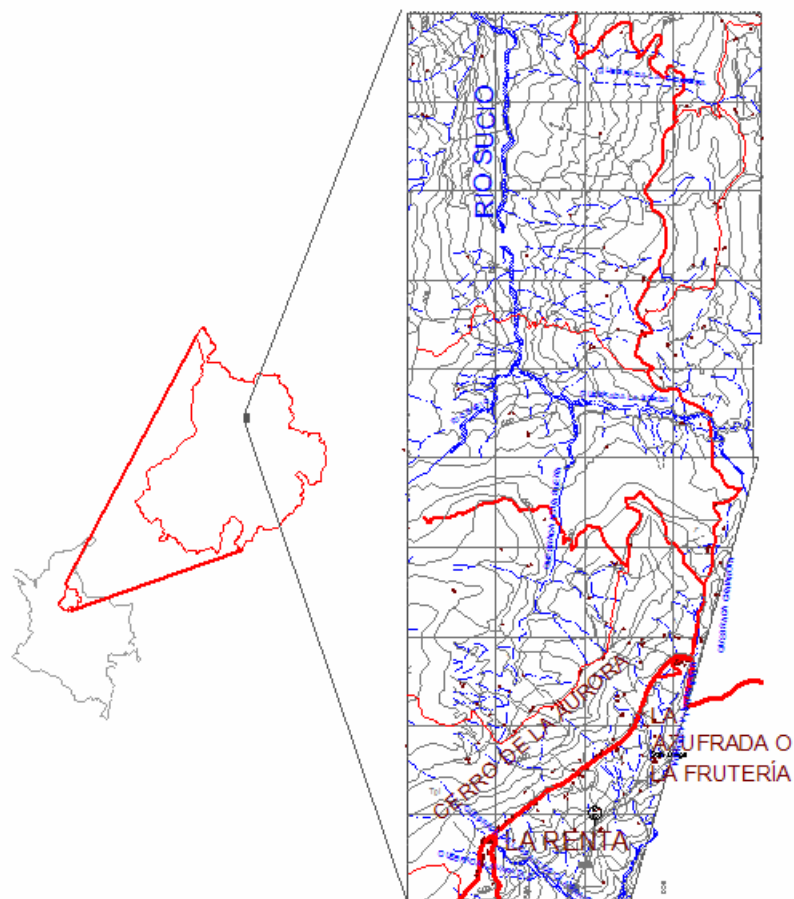
8.2 CONCESIÓN 2

8.2.1 Generalidades. El área de estudio se localiza en el Departamento de Santander, en la Vereda Río Sucio, tiene una extensión de 36km², comprendidos

dentro de un polígono demarcado por 9 vértices (ver figura 10). El 60% corresponde a lo que se define dentro de la literatura como Formación Umir, cuya unidad en su miembro superior contiene mantos y capas de carbón.

8.2.2 Hidrografía. El drenaje principal que se encuentra en el área de estudio es Río Sucio, el cual recorre la concesión en sentido sur-norte. Otros drenajes secundarios juveniles, representados por quebradas menores son: al nororiente de la concesión quebrada La Chorrera que desemboca en Río Sucio; en la zona centro de la concesión las quebradas La Sorda y Agua Buena que desembocan en Río Sucio; al suroriente de la concesión la quebrada La Azufrada y hacia el sur de la Concesión de estudio la quebrada De Los Altos o Las Raíces. Otros drenajes incluyen caños y pequeños afluentes de Río Sucio.

Figura 10. Mapa de localización de la Concesión 2.



8.2.3 Morfología. El principal relieve topográfico corresponde al Cerro La Aurora que se extiende en dirección NE sobre el flanco oriental del sinclinal Naranjo, con una altura máxima de 900 m.s.n.m. En general, esta Concesión está conformada por un relieve montañoso escarpado, característico de la Formación Lisama, la cuál cubre aproximadamente el 38% del área en concesión; las partes bajas, ubicadas al nor-occidente y sur-oriente del área en concesión, formado por colinas suavemente onduladas que corresponden Fm Umir y Fm La Luna que aproximadamente cubren 60% y 2%, respectivamente. La altura promedio del polígono es de 800 m.s.n.m, donde la mayor corresponde al Cerro La Aurora que alcanza hasta 900m y la mínima es de 450m que corresponde al suave relieve característico de la Formación Umir.

8.2.4 Estratigrafía. En el área de estudio se diferenciaron cuatro unidades litoestratigráficas, que se describen de más antigua a más reciente.

8.2.4.1 Formación La Luna. Calizas gris oscuras y lutitas grises a negras, calcáreas, que afloran formando un relieve tabular, compuesto por capas delgadas y gruesas. El espesor varía entre 100 y 150 m.

En el contacto con umir se observa un relieve de pendientes altas, localmente presenta microplegamientos

8.2.4.2 Formación Umir. Lutitas grises, arcillolitas, y areniscas finas cuarzosas, con intercalaciones de capas de carbón que van de 0.04 m hasta de 1.54 m. Hacia el techo se observan intercalaciones delgadas de arcillolitas grises laminadas con limolitas rojas, infrayacidas por intercalaciones de lutitas grises y limonitas rojas. Generalmente hacia la base y techo de los mantos de carbón se encuentran capas de arcillolitas carbonosas laminadas. En algunos sectores se observan arcillolitas grises con nódulos de pirita. Se encuentra suprayacido en contacto concordante con la Formación Lisama. El espesor calculado varía entre 400 y 500. Aflora formando suaves colinas topográficamente bajas.

En total se levantaron 15 columnas litoestratigráficas sobre la Formación Umir en las cuales se encontraron 8 mantos de espesor entre 0.50m y 1.63m y 42 capas de carbón de espesores que varían entre 0.04m y 0.45m, cuya continuidad lateral fue controlada con los cortes geológicos, y a partir de las cuales se realizó su respectiva correlación.

8.2.4.3 Formación Lisama. Areniscas de grano fino a grueso de color amarillo crema y grisáceas, y limolitas, con presencia de algunas capas delgadas de

carbón de espesor menor a 20 cm. El espesor calculado de esta unidad varía entre 200 y 250. El contacto con la Fm Umir es concordante. Aflora cubriendo las partes morfológicamente altas y escarpadas de la zona de trabajo. (ver figura 11).

8.2.4.4 Formación La Paz: Se presentan areniscas conglomeraticas de color amarillento cremoso en grandes paquetes los cuales afloran formando escarpes fuertes.

Figura 11. Afloramiento de la Formación Lisama donde se observa la geomorfología característica.



8.2.5 Características estructurales. La zona de estudio es estructuralmente compleja, está caracterizada por la presencia de estructuras sinclinales, anticlinales y una serie de fallas normales asociadas. El eje del sinclinal Naranjo se extiende casi a lo largo de toda la concesión en sentido N-S, dispuesto en gran parte sobre la Formación Lisama; hacia el noroccidente de la Concesión se encuentra anticlinal Rio Sucio, cuyo eje se prolonga en dirección SW-NE y se ubica sobre la Formación Umir.

En el flanco oriental del sinclinal Naranjo, los estratos y capas de carbón presentan un rumbo que varía entre N10°E y N54°E y se encuentran buzando entre 8°NW y 75°NW; en el flanco occidental el rumbo de los estratos y capas de carbón varía entre N5°E y N80°E y se encuentran buzando entre 3°SE y 65°SE.

Debido a la actividad tectónica generada por las fallas y los plegamientos observados en el área, sumado a esto la acción erosiva de Río sucio y sus afluentes sobre la Formación Lisama expone gran parte de la Formación Umir.

8.2.6 Mantos de carbón. En la Concesión 2, se identificaron 8 mantos de carbón, de espesor entre 0.5m y 1.63m; denominándose como mantos M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, del superior hacia abajo, hacia el techo y base de los cuales se encuentran capas delgadas de arcillolitas carbonosas y en su gran mayoría de arcillolitas grises en capas o estratos mucho más gruesos; su continuidad lateral fue controlada principalmente a lo largo de la zona SE y NW de la concesión; además se localizaron 42 capas de carbón de espesores entre 0.04m a 0.45m. Los mantos de carbón se ubican en su mayoría hacia el SE y NW de la concesión, principalmente sobre las quebradas De Los Altos, La Sorda, Río Sucio y las haciendas Provincia, Planados y Villa Nueva. Las capas afloran a lo largo de toda la concesión en sentido sur-norte. (Ver Anexo C2)

En la tabla 4 se observa la relación promedio (1:178) manto - estéril de la Concesión en estudio, igualmente se registran los valores máximos que pertenecen a los M6 en el corte 8-8' (1:446) y M2 en el corte 3-3' (1:410) y las mínimas relaciones manto-estéril que corresponden al Manto 1, en el corte 6-6' (1:19) y en el corte 10-10' (1:15), y sin embargo los valores sobrepasan una relación buena para la explotación a cielo abierto.

Los 13 cortes y perfiles, además de los datos obtenidos en campo, de buzamiento de los mantos de carbón (30° a 46°NW), indican que estos mantos no pueden ser explotables a cielo abierto, calculándose un promedio de relación manto – estéril (1:178), que sobrepasa en gran cantidad la relación económica deseada. Estos mantos pueden ser explotados con minería subterránea.

Tabla 4. Relación manto-estéril para la Concesión 2

CORTE	MANTO	RUMBO	BUZ. (°)	ESPESOR (m)	EXTENSIÓN VISUAL (m)	ESPESOR ESTÉRIL (m)	RELACIÓN MANTO-ESTÉRIL
2-2'	M3	N40°W	34°NE	1.63	3,2	150	1:92

	M6	N25°E	24°NW	0.50	2,4	25	1:50
	M3-M6			2.13		230	1:108
3-3'	M2	NS	42°W	0.56	1,8	230	1:410
	M7	N34°E	42°NW	0.88	2,2	240	1:273
	M2-M7			1.44		470	1: 326
4-4' Flanco E sinclinal Naranjo	M2	N39°E	46°NW	0.50	2,1	120	1:240
6-6' Flanco E sinclinal Naranjo	M1	N24°E	36°NW	1.05	2,5	20	1:19
6-6' Flanco W sinclinal Naranjo	M6	N54°E	45°SE	0.60	1,8	50	1:83
8-8' Flanco W sinclinal Naranjo	M3	N54°E	30°SE	0.70	2	37	1:53
	M4	N64°E	30°SE	0.90	1,5	28	1:31
	M5	N42°E	19°SE	0.90	2,4	286	1:318
	M6	N50°E	36°SE	0.50	1,8	223	1:446
	M3-M4			1.60		65	1:41
	M5-M6			1.40		509	1:364
9-9' Flanco E sinclinal Naranjo	M3	N54°E	30°SE	0.87	1,5	70	1:80
	M4	N64°E	30°SE	0.90	3	25	1:28
	M3-M4			0.40		95	1:54
10-10' Flanco E anticlinal Río Sucio	M1	N70°E	24°SE	0.65	2,5	10	1:15
	M7	N60°E	40°SE	0.80	1,3	135	1:169
	M1-M7			1.45		706	1:487

11-11' Flanco W sinclinal Naranjo	M8	N6°E	32°NE	0.58	2,0	95	1:164
13-13'	M1	N39°E	44°SE	0.64	1,9	158	1:247
	M3	N24°E	46°SE	0.74	2,7	54	1:73
	M4	N24°E	46°SE	0.90	3,2	56	1:62
	M1-M3			1.38		417	1:302
	M1-M4			1.54		419	1:272

8.2.7 Plan de perforaciones. Para esta Concesión se propone un plan que incluye 4 perforaciones, de las cuales 3 son prioritarias y una es secundaria.

Las perforaciones prioritarias se realizan para confirmar la existencia y extensión lateral de los mantos M1, M3, M4 y M6, además se propone una perforación secundaria para confirmar el M7 y explorar posibles mantos que no afloren en superficie (ver Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Cantidad de metros de perforación propuestos

POZO	METROS PROPUESTOS	METROS PRIORITARIOS
2-001	280	178
2-002	325	126
2-003	400	400
2-004	380	380

Tabla 6. Plan preliminar de perforaciones

POZO	PRIORIDAD	PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)	OBJETIVO DE LA PERFORACION	TIPO DE PERFORACION
2-001	PRIORITARIA	280	1. Realizar 178 m de perforación para confirmar el M3 y M6.	CORAZONADA

			2. Perforar 102m adicionales para explorar la secuencia de mantos de carbón que no afloran en superficie. 3. Determinar la calidad de los carbones.	
2-002	PRIORITARIA	325	1. Controlar y confirmar la extensión lateral de los mantos M3 y M4 en los primeros 126 m, los 199 m siguientes son exploratorios. 2. Determinar la calidad de los carbones.	CORAZONADA
2-003	PRIORITARIA	400	1. Realizar 400 m de perforación prioritaria para confirmar y controlar los datos obtenidos del pozo 2-001; se espera encontrar el M3 a 46 m de profundidad y el M6 a 98m. 2. Determinar la calidad de los carbones.	CORAZONADA
2-004	SECUNDARIA	380	1. Controlar y confirmar el M7 que aflora en superficie y explorar en búsqueda de otros posibles mantos. 2. Determinar la calidad de los carbones.	CORAZONADA

Las perforaciones prioritarias tiene como objetivo confirmar los siguientes mantos: M3 (1.63m) que es el de mayor espesor encontrado, se encuentra a una profundidad de 46m por lo que se recomienda esta perforación como primordial; M6 con 0.50m de espesor a 34m de profundidad, M4 con 0.90 de espesor a 25m de profundidad, M1 con 0.64m de espesor y se encuentra a 60m de profundidad (ver figuras 12, 13 y 14)

Con la perforación secundaria se planea encontrar a 170m de profundidad el M7 de 0.80m de espesor, e igualmente explorar en búsqueda de otros mantos de interés económico (ver figura 15).

Figura 12. Pronostico de perforación prioritaria. Profundidad programada: 282m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 2 POZO: Concesión-2-001 CORTE: 2
COORDENADA: E: 1083875 N: 128091 OPROFUNDIDAD PROGRAMADA: 280 m

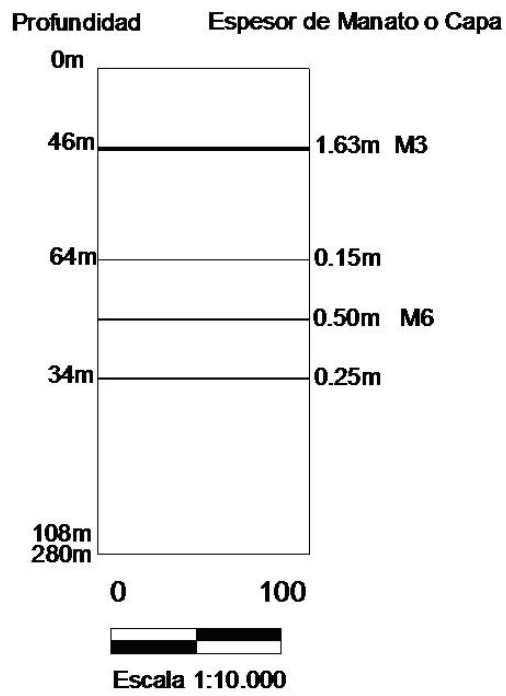


Figura 13. Pronostico de perforación prioritaria. Profundidad programada: 325m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 2 POZO: Concesión-2-002 CORTE: 9
COORDENADA: E: 1084185 N: 1286250 PROFUNDIDAD PROGRAMADA: 325m

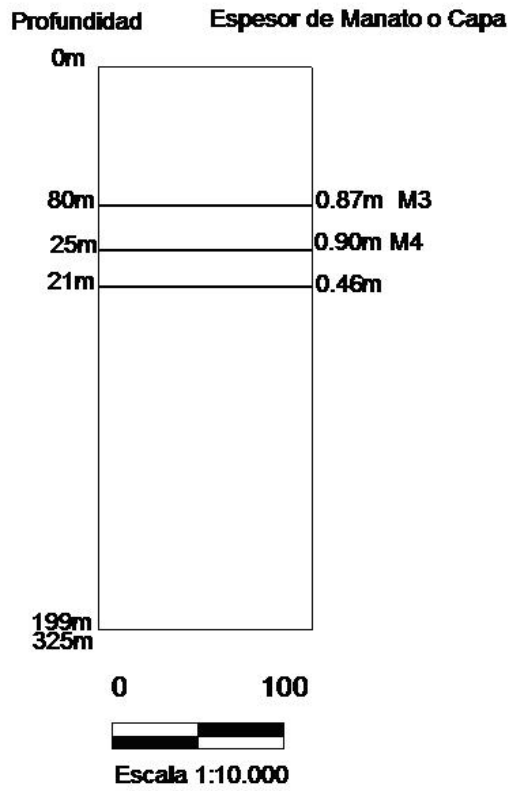


Figura 14. Pronostico de perforación prioritaria. Profundidad programada: 400m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 2 POZO: Concesión-2-003 CORTE: 13
COORDENADA: E: 1083301 PROFUNDIDAD PROGRAMADA: 400m
N: 1286318

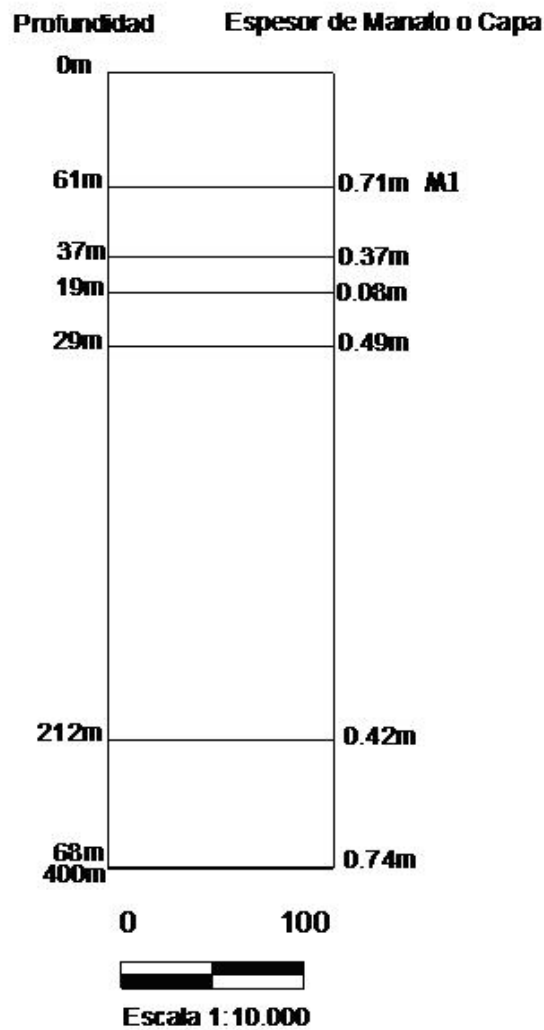
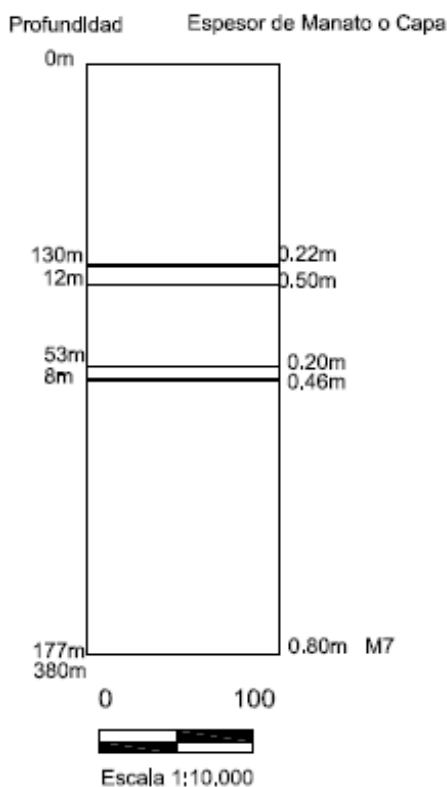


Figura 15. Pronostico de perforación secundaria. Profundidad programada: 380m

PROGRAMA DE PERFORACIONES EXPLORATORIAS
CONCESIÓN: 2 POZO: Concesión-2-004 CORTE: 10-10'
COORDENADA: E: 1083670 PROFUNDIDAD PROGRAMADA: 380m
N: 1286489



8.2.8 Conclusiones y Recomendaciones

- En la Concesión 2 se encontraron 8 Mantos definidos, los cuales fueron nombrados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8. La zona productiva de la Formación Umir se encuentra hacia el nivel superior, el promedio de los espesores de los mantos localizados en la concesión varían de 0.5m a 1.63m, siendo M3 el de mayor espesor encontrado (1.63m); hacia el techo y base de estos mantos se encuentran capas delgadas de arcillolitas carbonosas y en su gran mayoría de arcillolitas grises en capas o estratos mucho más gruesos.

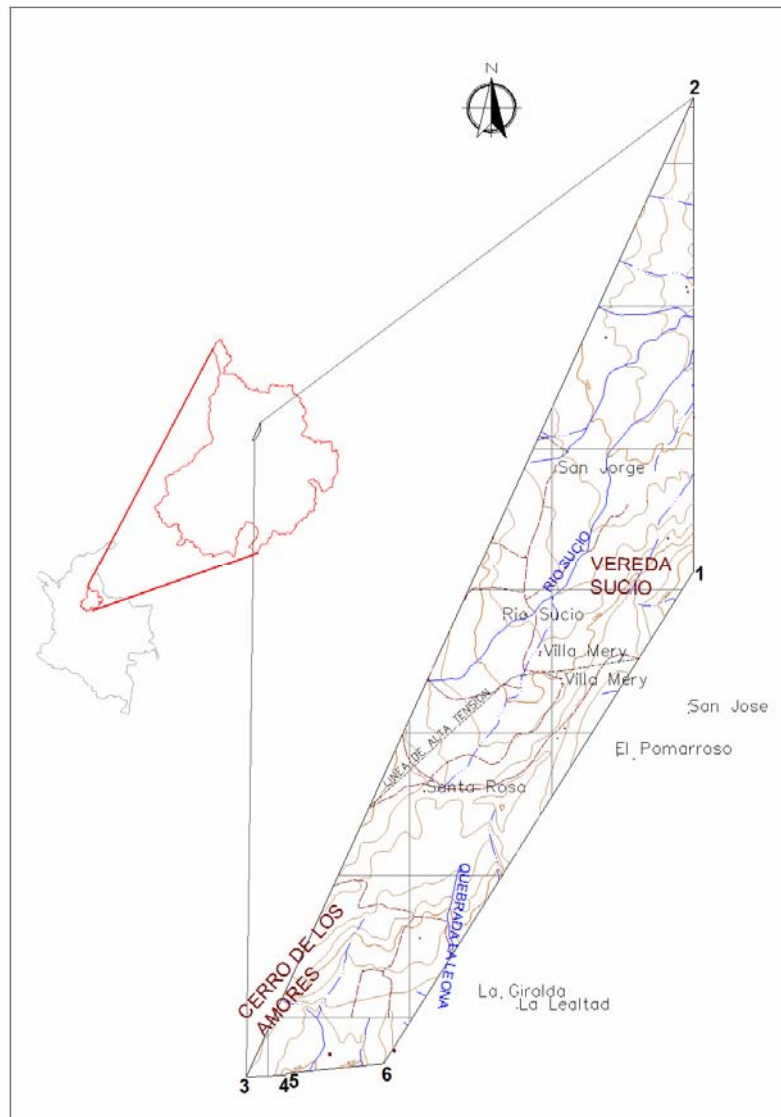
- A partir de los 13 cortes, con sus respectivos perfiles y columnas, se puede concluir que la relación manto-estéril esta muy por encima de los valores requeridos para una minería a cielo abierto; debido a que el material descapotable (estéril) es de gran espesor e incluso el promedio de buzamiento es alto entre 30° y 46°, no es aconsejable una minería a cielo abierto por sus altos costos, por lo que es recomendable explotar este recurso mineral de forma subterránea.
- El estudio realizado en esta concesión permite concluir que la mayor densidad de carbón superficial se encuentra hacia el SE y zona central de la concesión, principalmente sobre las quebradas De Los Altos, La Sorda, Río Sucio y las haciendas Provincia, Planados y Villa Nueva.
- Se recomienda realizar cuatro perforaciones, tres prioritarias y una secundaria, teniendo en cuenta que la perforación 2-001 es la mas recomendada debido a que en esta se espera encontrar el manto de 1.63m, seguido de una serie de capas y mantos de gran interés. La perforación secundaria se propone debido a que en esta zona se observo un manto de carbón puro de 0.80m el cual alcanza un espesor de 1.0m en otros afloramientos, pero como fue el único encontrado la perforación propuesta es de segundo orden, igualmente se explora en búsqueda de otros mantos cercanos que representen un importante interés económico. La dos perforaciones restantes y prioritarias se consideran a la vez de importancia debido a que en estas se encuentran mantos de espesor considerable los cuales también pueden variar y al estar en la zona se puede inferir que la tendencia de los mantos es a aumentar su grosor

8.3 CONCESION 3

8.3.1 Generalidades. El área de estudio se localiza se localiza en el Departamento de Santander, en la Vereda Río Sucio, tiene una extensión de 6.82km², comprendidos dentro de un polígono demarcado por 6 vértices, (ver figura 16). El 71,26% corresponde a lo que se define dentro de la literatura como Formación Umir, cuya unidad en su miembro superior contiene mantos y capas de carbón.

8.3.2 Hidrografía. En esta Concesión el drenaje principal es el Río Sucio que se desplaza al norte de la concesión por toda la Formación Umir, y una serie de caños y cañadas que nacen en la parte altas como la quebrada La Leona y ramales que desembocan en la quebrada Matecacao, en su mayoría intermitentes influenciados directamente por los periodos de lluvias.

Figura 16. Mapa de localización de la Concesión 3



8.3.3 Morfología. La Concesión 3 está conformada, en general, por un relieve relativamente suave representado por la Formación Umir, siendo las partes más

altas los cerros que pertenecen a la Formación Lisama, de los cuales el más alto alcanza los 1000m y se extiende sobre el borde oriental de la Concesión.

8.3.4 Estratigrafía. En la área de estudio se diferenciaron tres unidades litoestratigráficas, que se describen de más antigua a más reciente.

8.3.4.1 Formación Umir. Lutitas grises, arcillolitas, y areniscas finas cuarzosas, con intercalaciones de capas de carbón que van de 0.04 m hasta de 1.54 m. Hacia el techo se observan intercalaciones delgadas de arcillolitas grises laminadas con limolitas rojas, infrayacidas por intercalaciones de lutitas grises y limonitas rojas. Generalmente hacia la base y techo de los mantos de carbón se encuentran capas de arcillolitas carbonosas laminadas. En algunos sectores se observan arcillolitas grises con nódulos de pirita. Se encuentra suprayacido en contacto concordante con la Formación Lisama. El espesor calculado varía entre 400 y 500. Aflora formando suaves colinas topográficamente bajas.

En total se levantaron 6 columnas litoestratigráficas sobre la Formación Umir en las cuales se encontraron 3 mantos de carbón de espesor entre 0.50m a 0.70m y 41 capas de carbón, con un espesor que varía entre 0.08m y 0.47m, cuya continuidad lateral fue controlada con los cortes geológicos, y a partir de las cuales se realizó su respectiva correlación.

8.3.4.3 Formación Lisama. Areniscas de grano fino a grueso de color amarillo crema y grisáceas, y limolitas, con presencia de algunas capas delgadas de carbón de espesor menor a 20 cm. El espesor calculado de esta unidad varía entre 200 y 250. El contacto con la Fm Umir es concordante. Aflora cubriendo las partes morfológicamente altas y escarpadas de la zona de trabajo.

8.3.4.8 Depósitos Cuaternarios. Los depósitos cuaternarios corresponden a coluviones formados por bloques de areniscas de la Fm. Lisama de variado tamaño, los cuales descansan sobre la Formación Umir, inclusive de bloques desprendidos de la misma Formación Umir de arcillolitas y algunos pequeños bloques de carbón en menor proporción.

8.3.5 Características estructurales. La Concesión se encuentra surcada por el anticlinal de Río Sucio, el cual se proyecta con una dirección noreste a través de la hacienda Miramar. Su eje está dispuesto a lo largo de la formación Umir en dos franjas alargadas de la suprayacente formación Lisama, evidenciando que el eje

del anticlinal ha sido erodado, lo que promueve la generación de amplios coluviones que cubren la zona.

La Falla Río Sucio, que es de tipo inversa, comienza en el extremo sur del eje del anticlinal de Río Sucio, atravesando las formaciones Umir y Lisama en la ladera occidental del Cerro La Aurora.

El rumbo de las capas de carbón varía de N 8° a 70° E, y buzamiento entre 11° y 64° NW y 15° y 64°SE.

8.3.6 Mantos de carbón. En la Concesión 3, se identificaron 3 mantos de carbón, de espesor entre 0.5m y 0.7m; denominándose mantos M1, M2, M3 del superior hacia abajo, los cuales se controlaron principalmente a través del occidente y oriental de la concesión. Además se localizaron 41 capas de carbón, de espesor que varía de 0.08m a 0.47m. Los mantos de carbón se ubican en la vereda Río Sucio parte baja sector Villa Mary y en la finca Monte Cristo, sector norte de la concesión. Las capas se observan aflorando a lo largo de toda lo concesión en sentido sur-norte. (Ver Anexo C3)

En la tabla 7 se observa que la relación promedio (1:154) manto - estéril de esta Concesión no se encuentra en el rango optimo de 1:10, igualmente se puede observar que el manto que tiene menor relación es el M2, que se observa en el corte 5 – 5' (1:43), pero que es todavía un rango muy alto que sobrepasa la relación deseada.

Los 5 cortes y perfiles, así como los altos magnitudes de buzamiento (35° a 64°NW) obtenidos en campo, indican que estos mantos no pueden ser explotados a cielo abierto, calculándose un promedio de relación manto – estéril (1:154), que sobrepasa en gran cantidad la relación económica o deseada. Estos mantos pueden ser explotados con minería subterránea, sin embargo, la cantidad y espesor de los mantos no justificaría esta inversión.

Tabla 7. Relación Manto- estéril

CORTE	MANTO	RUMBO	BUZ. (°)	ESPESOR (m)	EXTENSIÓN VISUAL (m)	ESPESOR ESTÉRIL (m)	RELACIÓN MANTO-ESTÉRIL
1 -1'	M1	N33°E	41°NW	0.58	0.8	59.7	1:103
3-3' Flanco E del anticlinal Río Sucio	M1	N12°E	45°SE	0.60	3.0	93	1:155

4-4'	M1	N42°E	64°NW	0.52	1.5	180	1:346
5-5'	M1	N28°E	39°NW	0.60	10.0	150	1:250
	M2	N24°E	45°NW	0.69	10.0	30	1:43
	M3	N26°E	35°NW	0.54	10.0	35	1:64
	M1-M3			1.83		215	1:117

8.3.7 Plan de perforaciones. Para esta Concesión no se propuso un plan de perforaciones debido a que los mantos encontrados no presentan un espesor considerable y además se encuentran aislados, por lo tanto no es económicamente rentable proponer perforaciones.

8.3.8 Conclusiones y Recomendaciones

- En la Concesión 3 se encuentran 3 Mantos definidos, los cuales se mencionaron así M1, M2 y M3. La zona productiva de la Formación Umir se encuentra hacia el nivel superior, el promedio de los espesores de los mantos localizados en la concesión varían de 0.5m a 0.7m, siendo el de mayor espesor encontrado (0.69m), el techo y base de estos mantos consta de capas delgadas de arcillolitas carbonosas (0.10m a 0.20m) y en su gran mayoría de arcillolitas grises en capas o estratos mucho más gruesos.
- La mayor densidad de carbón superficial se encuentra en la vereda Río Sucio, sector Villa Mary y en la vereda Río Sucio alto, finca Montecristo, donde se observaron los afloramientos de carbón de mayor espesor en esta concesión.
- La relación manto-estéril esta muy por encima de los valores requeridos para una minería a cielo abierto (1:10), debido a que el material descapotable (estéril) es de gran espesor, e incluso la magnitud del buzamiento es alta, entre 35° y 64°, por lo tanto una minería subterránea no es aconsejable por sus altos costos que en este caso no se justifican.

9. RESULTADOS DE CARTOGRAFIA GEOLOGICA

La cartografía de las áreas de estudio se realizó usando como base, planchas topográficas a escala 1:25000 y 1:10000 del IGAC, así como el cuadrángulo H-12 del Ingeominas (escala 1:100000), empleado como referencia de la cartografía geológica existente hasta el momento.

Concesión 1

Para esta área se emplearon las planchas topográficas 109-III-B (escala 1:25000 usada para la geología de campo), 109-III-B-2 y 109-III-B-4 (escala 1:10000 usadas para consolidar la información obtenida en campo).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en esta área según el cuadrángulo H-12 concuerdan con las identificadas durante la realización de la cartografía de esta concesión (ver figura 17), sin embargo se identificaron una serie de plegamientos que se localizan al occidente de la concesión y que se orientan en sentido norte – sur, afectando a las Formaciones Umir y Lisama; esta serie de plegamientos explican la aparición de una franja aislada de la Formación Lisama separada por afloramientos de la Formación Umir dejados al descubierto por procesos de erosión, igualmente hacia el sur de la concesión se identificaron dos fallas locales.

Concesión 2

Para esta área se emplearon las planchas topográficas 109-III-D (escala 1:25000 usada para la geología de campo), 109-III-D-1, 109-III-D-2, 109-III-D-3 y 109-III-D-4 (escala 1:10000 usadas para consolidar la información obtenida en campo).

La cartografía final de esta área no difiere mucho de la cartografía inicial (ver figura 18), la diferencia se observa en pequeños cambios en el trazo de los contactos, basados en la evidencia observada en los recorridos de campo.

Concesión 3

Para esta área se emplearon las planchas topográficas 109-III-D y 120-I-B (escala 1:25000 usada para la geología de campo), 109-III-D-1, 109-III-D-2, 109-III-D-3 y 120-I-B-1 (escala 1:10000 usadas para consolidar la información obtenida en campo).

La cartografía final de esta área no difiere mucho de la cartografía inicial (ver figura 19), la diferencia se observa en pequeños cambios en el trazo de los contactos, basados en la evidencia observada en los recorridos de campo.

Figura 17. Comparación de la geología preliminar (Tomado de geología del cuadrángulo H12), con la geología final de la concesión 1

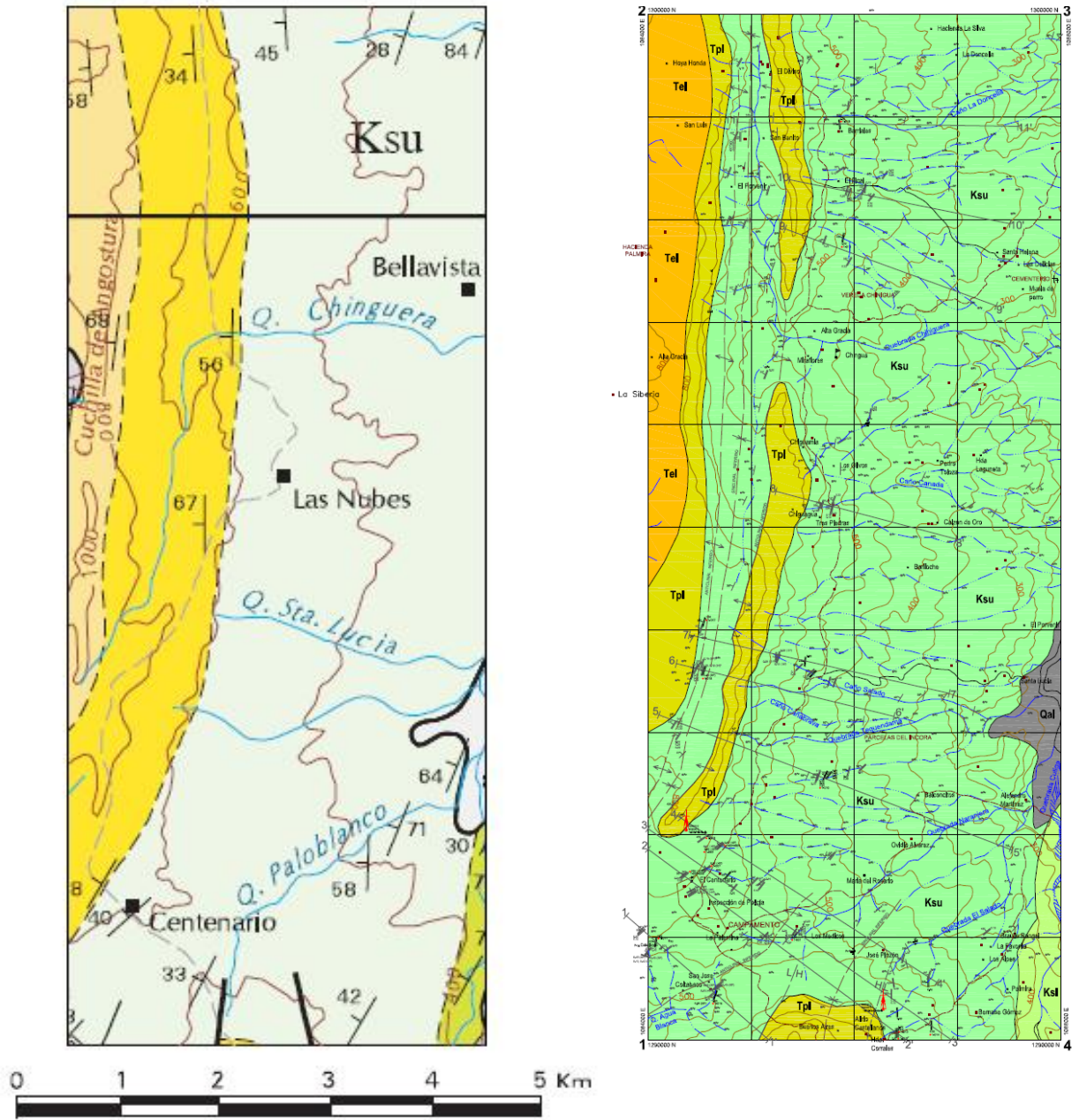


Figura 18. Comparación de la geología preliminar (Tomado de geología del cuadrángulo H12), con la geología final de la concesión 2.

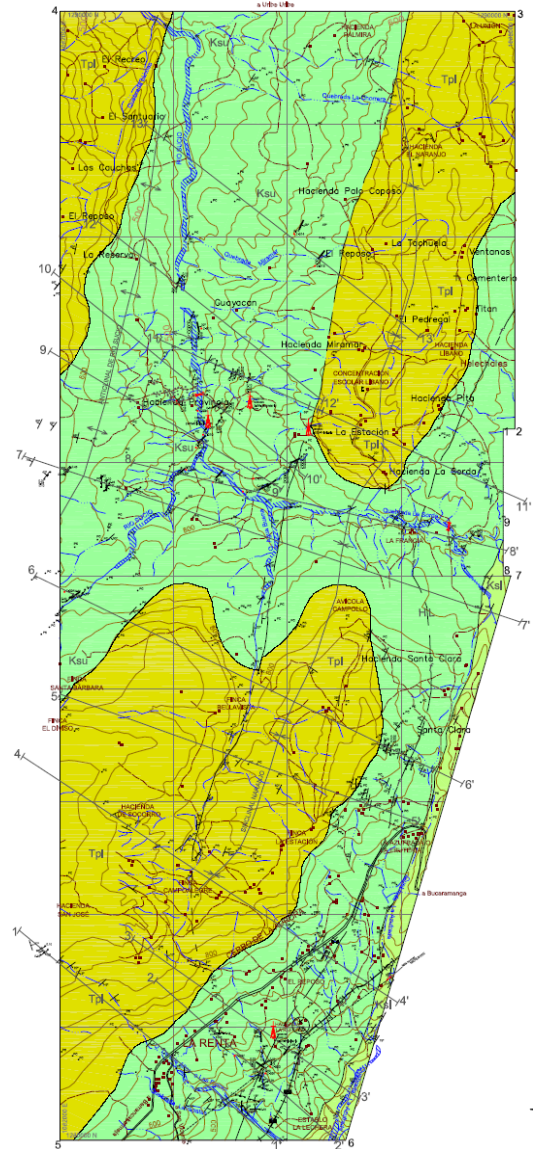
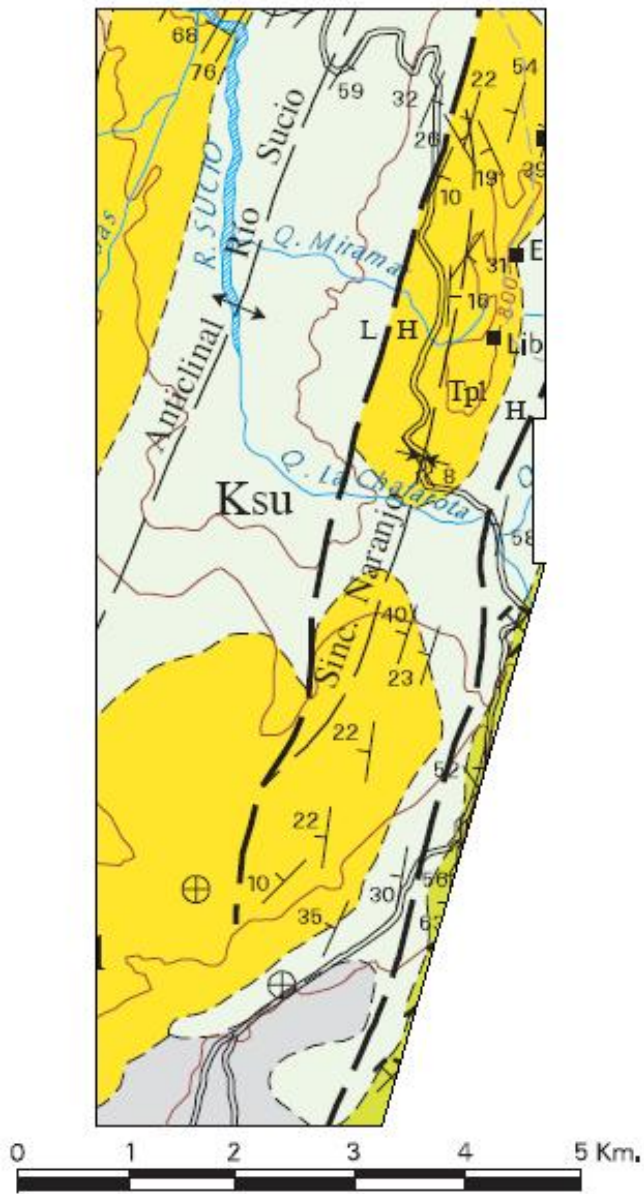
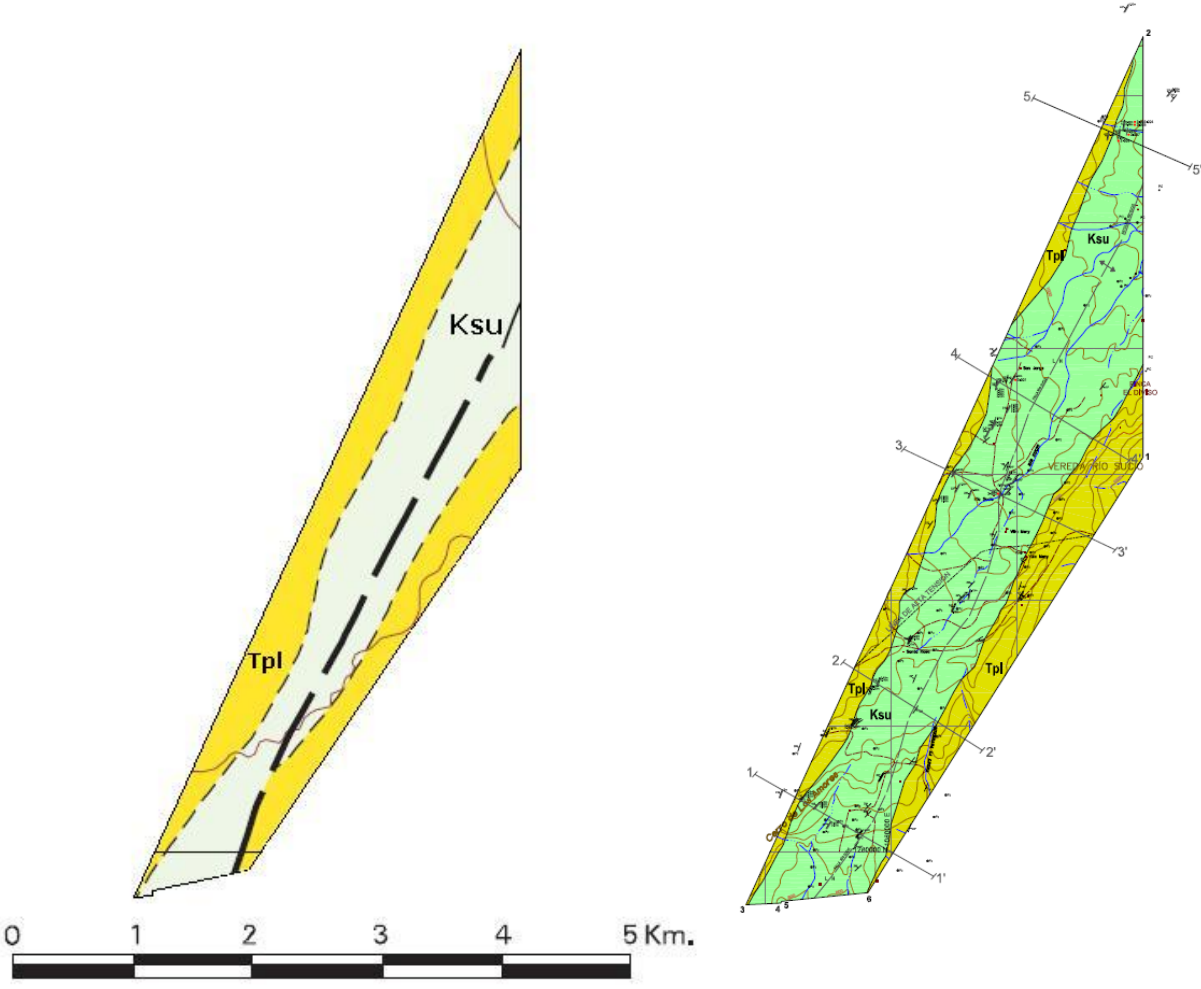


Figura 19. Comparación de la geología preliminar (Tomado de geología del cuadrángulo H12), con la geología final de la concesión 3.



10. CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS DE CARBON

10.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO

La clasificación de las muestras de carbón se hace a partir de los resultados de los análisis de laboratorio (ver tablas 8, 9 y 10), aplicando como método principal el sistema de clasificación ASTM.

El sistema de clasificación ASTM (1981), establece los rangos basado en los siguientes parámetros: poder calorífico, materia volátil y humedad, los cuales son calculados en base seca libre de humedad y ceniza (ver tabla 11). De acuerdo con esto los carbones se clasifican desde turba hasta antracita. El carácter aglutinante marca la diferencia entre los carbones del rango Subbituminoso A y Bituminoso C alto en volátiles, o Bituminoso bajo en volátiles y Semiantracítico⁸.

De acuerdo con el sistema de clasificación ASTM, en las tablas 12, 13 y 14 se presenta la distribución de las muestras de carbón según el rango para las Concesiones 1, 2 y 3, respectivamente. A partir de esta clasificación se puede deducir que en la Concesión 1 las clases Subbituminoso tipo A y tipo B y Bituminoso alto en volátiles tipo C son las predominantes pues representan un numero de muestras igual, en la Concesión 2 la clase Subbituminoso tipo A es la más representativa y para la Concesión 3 la distribución es igual para la clases subbituminoso tipo B y tipo C. En las tres concesiones la mayoría de las muestras son de carácter no aglomerante. Es importante destacar que un gran numero de muestras no fue clasificado debido a que los resultados de laboratorio indican que la muestras presentaban una alto grado de alteración.

⁸ MUKHOPADHYAY P., HATCHER P. Composition of Coal.

Tabla 8. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión 1

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono fijo (%)		Sulfuros (%)		Poder Calorífico(Btu/lb)		Índice de hinchamiento	Gravedad específica
		Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca		
1-001	5.98	20.61	21.92	37.27	39.64	36.14	38.44	1.87	1.99	10598	11272	1.0	1.4711
1-002	3.91	44.66	46.48	28.69	29.86	22.74	23.66	12.36	12.86	7107	7396	0.0	1.7115
1-003	3.64	20.15	20.91	39.03	40.50	37.18	38.58	1.54	1.60	11350	11779	1.0	1.4613
1-004	5.49	27.80	29.42	33.83	53.80	32.88	34.78	2.49	2.63	9811	10381	1.0	1.5354
1-005	3.90	16.50	17.17	39.57	41.18	40.03	41.65	2.48	2.58	11889	12371	1.0	1.4307
1-006	4.86	29.86	31.39	34.70	36.47	30.58	32.14	2.63	2.76	9637	10129	1.0	1.5706
1-007	3.16	13.58	14.02	42.95	44.35	40.31	41.63	2.09	2.16	12569	12979	1.5	1.4043
1-008	7.76	55.44	60.10	21.09	22.86	15.71	17.04	1.29	1.40	5019	5441	0.0	1.9496
1-009	6.33	57.46	61.34	20.87	22.28	15.34	16.38	1.49	1.59	5011	5350	0.0	1.9713
1-010	13.28	44.11	50.86	23.78	27.42	18.83	21.72	3.55	4.09	5521	6366	0.0	1.7910
1-011	5.87	37.12	39.43	31.07	33.01	25.94	27.56	1.33	1.41	8254	8769	0.0	1.6506
1-012	6.46	50.82	54.33	25.32	27.07	14.40	18.60	3.95	4.22	5790	6190	0.0	1.8497
1-013	6.01	22.93	24.40	37.50	39.90	33.56	35.70	4.13	4.39	10302	10961	1.0	1.4907
1-014	6.09	19.68	20.96	37.79	40.24	36.44	38.80	1.57	1.67	10702	11396	1.0	1.4617
1-015	8.25	18.18	19.81	36.94	40.26	36.63	39.93	1.36	1.48	10369	11301	1.0	1.4527
1-016	5.38	35.94	37.98	32.59	34.44	26.09	27.58	2.59	2.74	8512	8996	1.0	1.6480
1-017	9.99	4.60	5.11	40.23	44.70	45.18	50.19	3.78	4.20	11925	13249	1.0	1.3267
1-018	11.81	3.01	3.41	37.97	43.06	47.21	53.53	1.48	1.68	11529	13073	0.0	1.3109
1-019	5.16	22.72	23.96	37.43	39.47	34.69	36.57	2.36	2.49	10522	11094	1.0	1.5159

Tabla 9. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión 2

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono fijo (%)		Sulfuros (%)		Poder Calorífico (Btu/lb)		Índice de hinchamiento	Gravedad específica
		Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca		
2-001	2.80	28.84	29.67	34.42	35.41	33.94	34.92	0.59	0.61	10007	10295	1.0	1.5756
2-002	2.67	14.34	14.73	42.53	43.70	40.46	41.57	1.36	1.40	12311	12649	2.0	1.4085
2-003	8.01	14.31	15.56	35.97	39.10	41.71	45.34	0.92	1.00	11058	12021	2.0	1.4147
2-004	6.28	27.58	29.43	34.50	36.81	31.64	33.76	1.26	1.34	9314	9938	1.0	1.5355
2-005	5.57	28.65	30.34	34.74	36.79	31.04	32.87	1.42	1.50	9393	9947	1.5	1.5614
2-006	7.06	15.04	16.18	39.01	41.97	38.89	41.85	1.66	1.79	11136	11982	1.5	1.4231
2-007	5.83	46.57	49.45	27.40	29.10	20.20	21.45	11.11	11.80	6394	6790	0.0	1.7644
2-008	7.36	61.89	66.81	19.06	20.57	11.69	12.62	1.69	1.82	3904	4214	0.0	2.0679
2-009	9.42	18.98	20.95	35.68	39.39	35.92	39.66	1.52	1.68	9953	10988	1.0	1.6232
2-010	6.62	18.72	20.05	37.87	40.56	36.79	39.39	1.41	1.51	10637	11391	1.0	1.4568
2-011	4.14	23.14	24.14	36.96	38.56	35.76	37.30	3.49	3.64	10749	11213	1.0	1.6140
2-012	5.94	41.96	44.61	28.59	30.40	23.51	24.99	7.68	8.16	7126	7576	1.0	1.5469
2-013	12.62	43.20	49.44	24.37	27.89	19.81	22.67	2.85	3.26	5635	6449	0.0	1.7642
2-014	12.33	42.25	48.19	25.29	28.85	20.13	22.96	1.10	1.26	5557	6339	0.0	1.7434

Tabla 10. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón de la Concesión3

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono fijo (%)		Sulfuros (%)		Poder Calorífico (Btu/lb)		Índice de hinchamiento	Gravedad específica
		Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca		
3-001	6.22	41.22	43.95	25.68	27.38	26.88	28.67	0.98	1.05	7332	7818	1.0	1.6702
3-002	6.08	32.35	34.44	34.05	36.25	27.52	29.31	1.49	1.59	8823	9394	1.0	1.5781
3-003	6.34	52.62	56.18	23.40	24.98	17.64	18.84	2.38	2.54	5574	5951	1.0	1.8821
3-004	3.76	41.40	43.02	30.25	31.43	24.59	25.55	1.78	1.85	7932	8242	1.0	1.6550
3-005	2.71	35.10	36.08	34.55	35.51	27.64	28.41	1.95	2.00	9126	9380	1.0	1.5964
3-006	4.17	55.97	58.41	23.98	25.02	15.88	16.57	0.58	0.61	5593	5836	1.0	1.9201
3-007	3.18	27.04	27.93	36.05	37.23	33.73	34.84	2.39	2.47	10262	10599	1.0	1.5254

Tabla 11. Parámetros usados para el Sistema de Clasificación de Carbón ASTM. Tomado de MUKHOPADHYAY P., HATCHER P. Composition of Coal.

Table 8. Parameters used for ASTM Coal Classification^a (after ASTM, 1991).

Class	Group	Fixed Carbon Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Gross Calorific Value Limits, Btu/lb (Moist, ^b Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
I. Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	—	—	2	—	—	} nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	—	—	
	3. Semianthracite ^c	86	92	8	14	—	—	
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	—	—	} commonly agglomerating ^e
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	—	—	
	3. High volatile A bituminous coal	—	69	31	—	14 000 ^d	—	
	4. High volatile B bituminous coal	—	—	—	—	13 000 ^d	14 000	} agglomerating
	5. High volatile C bituminous coal	—	—	—	—	{ 11 500 10 500	{ 13 000 11 500	
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	—	—	—	—	10 500	11 500	} nonagglomerating
	2. Subbituminous B coal	—	—	—	—	9 500	10 500	
	3. Subbituminous C coal	—	—	—	—	8 300	9 500	
IV. Lignitic	1. Lignite A	—	—	—	—	6 300	8 300	} nonagglomerating
	2. Lignite B	—	—	—	—	—	6 300	

^a This classification does not apply to certain coals.

^b Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.

^c If agglomerating, classify in low-volatile group of the bituminous class.

^d Coals having 69% or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of gross calorific value.

^e It is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in high volatile C bituminous group.

Tabla 12. Clasificación de las muestras de carbón según el rango, para la Concesión 1

MUESTRA	MANTO	CLASE	GRUPO	CARÁCTER AGLOMERANTE
1-001	M10	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
1-002	M3	Muestra alterada		
1-003	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
1-004	M7	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
1-005	M7	Bituminoso	Bituminoso alto en volátiles tipo C	Comúnmente aglomerante
1-006	M9	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
1-007	M6	Bituminoso	Bituminoso alto en volátiles tipo C	Comúnmente aglomerante
1-008	M5	Muestra alterada		
1-009	M5	Muestra alterada		
1-010	M9	Muestra alterada		
1-011	M4	Muestra alterada		
1-012	M11	Muestra alterada		
1-013	M12	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
1-014	M10	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
1-015	M10	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
1-016	M8	Subbituminoso	Subbituminoso tipo C	No aglomerante
1-017	M1	Bituminoso	Bituminoso alto en volátiles tipo C	Comúnmente aglomerante

1-018	M2	Bituminoso	Bituminoso alto en volátiles tipo C	Comúnmente aglomerante
1-019	M8	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante

Tabla 13. Clasificación de las muestras de carbón según el rango para la Concesión 2

MUESTRA	MANTO	CLASE	GRUPO	CARÁCTER AGLOMERANTE
2-001	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
2-002	M3	Bituminoso	Bituminoso alto en volátiles tipo C	Comúnmente aglomerante
2-003	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
2-004	M7	Subbituminoso	Subbituminoso tipo C	No aglomerante
2-005	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo C	No aglomerante
2-006	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
2-007	M4	Muestra alterada		
2-008	M5	Muestra alterada		
2-009	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante
2-010	M6	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
2-011	M8	Subbituminoso	Subbituminoso tipo A	No aglomerante
2-012	M1	Muestra alterada		
2-013	M1	Muestra alterada		
2-014	M4	Muestra alterada		

Tabla 14. Clasificación de las muestras de carbón según el rango para la Concesión 3

MUESTRA	MANTO	CLASE	GRUPO	CARÁCTER AGLOMERANTE
3-001	M1	Muestra alterada		
3-002	M1	Muestra alterada		
3-003	M2	Muestra alterada		
3-004	M1	Muestra alterada		
3-005	M1	Subbituminoso	Subbituminoso tipo C	No aglomerante
3-006	M2	Muestra alterada		
3-007	M3	Subbituminoso	Subbituminoso tipo B	No aglomerante

En la figura 20 se puede observar la distribución porcentual de las muestras de carbón de las 3 Concesiones. Según el sistema de clasificación ASTM, la mayoría de las muestras corresponden a la clase Subbituminoso tipo A con el 20% del total, la clase Subbituminoso tipo B representa el 17.5%, el 12.50% de las muestras pertenecen a la clase Bituminoso alto en volátiles tipo C, y la clase Subbituminoso tipo C representa el 10%; sin embargo el mayor porcentaje (40%) corresponde a muestras alteradas.

Este 40% corresponde a muestras alteradas para las cuales no es posible aplicar el poder calorífico como criterio de clasificación, por lo tanto es necesario clasificarlas usando como parámetro el contenido de materia volátil (base seca libre de ceniza) que es principalmente empleado en la determinación de la naturaleza del carbón (ver figura 21)

Figura 20. Clasificación de las muestras de carbón según el rango

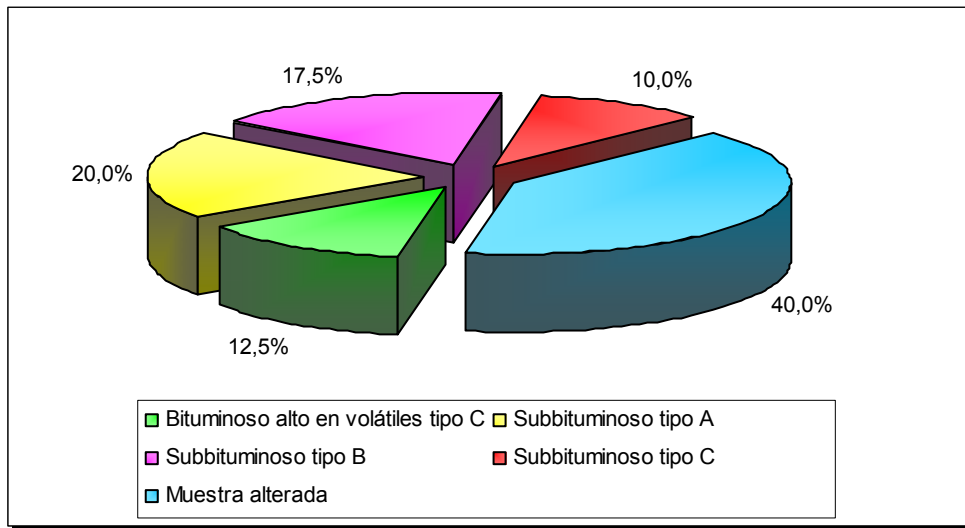
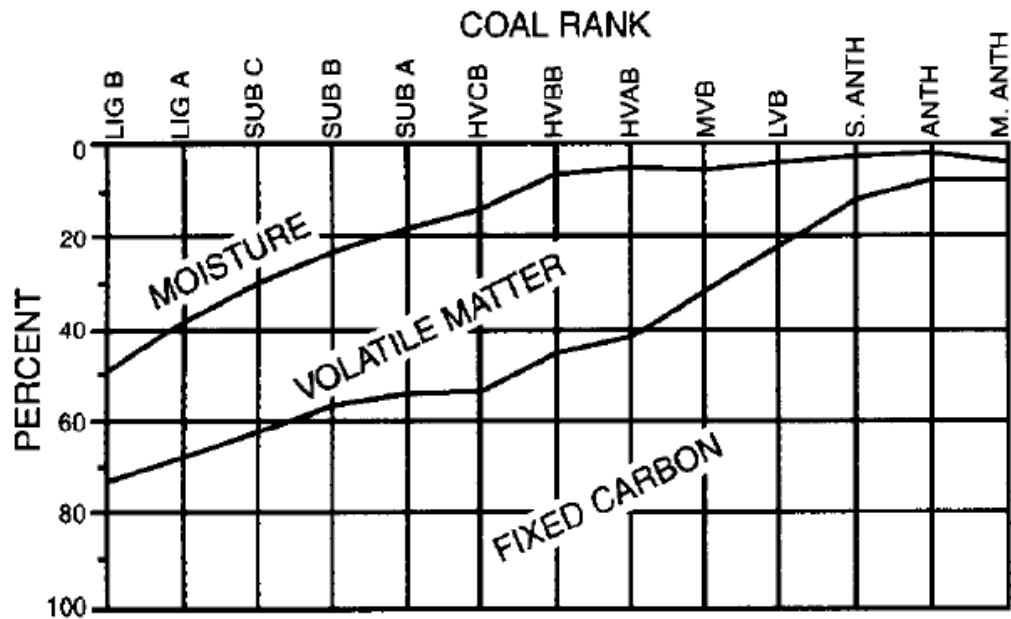


Figura 21. Relación entre humedad, materia volátil y carbono fijo y el rango del carbón. Tomado de Mukhopadhyay P., Hatcher P. Composition of Coal.



En las tablas 15, 16 y 17 se encuentra la clasificación del 40% las muestras que no fueron clasificadas según el sistema de Clasificación ASTM, usando como nuevo parámetro de clasificación el contenido de materia volátil.

Tabla 15. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 1 según el contenido de materia volátil

Muestra	MANTO	Materia volátil (Base seca)	Clase
1-002	M3	29.86	Bituminoso medio en volátiles
1-008	M5	22.86	Bituminoso medio en volátiles
1-009	M5	22.28	Bituminoso medio en volátiles
1-010	M9	27.42	Bituminoso medio en volátiles
1-011	M4	33.01	Bituminoso alto en volátiles tipo A
1-012	M11	27.07	Bituminoso medio en volátiles

Tabla 16. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 2 según el contenido de materia volátil

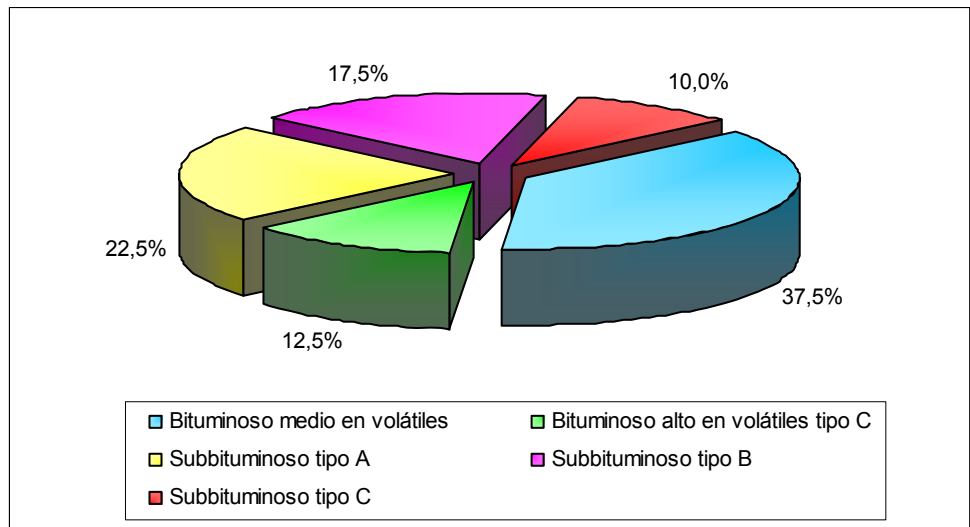
Muestra	MANTO	Materia volátil (Base seca)	Clase
2-007	M4	29.10	Bituminoso medio en volátiles
2-008	M5	20.57	Bituminoso medio en volátiles
2-012	M1	30.40	Bituminoso medio en volátiles
2-013	M1	27.89	Bituminoso medio en volátiles
2-014	M3	28.85	Bituminoso medio en volátiles

Tabla 17. Clasificación de las muestras de carbón de la Concesión 3 según el contenido de materia volátil

Muestra	MANTO	Materia volátil (Base seca)	Clase
3-001	M1	27.38	Bituminoso medio en volátiles
3-002	M1	36.25	Bituminoso medio en volátiles
3-003	M2	24.98	Bituminoso medio en volátiles
3-004	M1	31.43	Bituminoso medio en volátiles
3-006	M2	25.02	Bituminoso medio en volátiles

En la figura 22 se presenta la clasificación final de las muestras de las tres Concesiones, usando como criterios el Poder Calorífico (Sistema de Clasificación ASTM) y el contenido de Materia Volátil. El 37,5% de las muestras corresponde a la clase Bituminoso medio en volátiles, el 22,5% representa a la clase Subbituminoso tipo A, la clase Subbituminoso tipo B comprende el 17,5% del total, y las clases Bituminoso alto en volátiles tipo C y Subbituminoso C representan el 12,5% y 10% respectivamente.

Figura 22. Clasificación final del total de muestras de carbón



11. CALIDAD DEL CARBON

Las propiedades físicas y químicas de los carbones son las que definen la calidad y determinan el uso del material. A continuación se describen, según los resultados obtenidos para cada concesión.

11.1 HUMEDAD

Cuatro tipos de humedad en los carbones son usualmente consideradas⁹:

1. *Adherente o humedad libre.* Retenida en carbón en un estado libre en la superficie, en fracturas o cavidades. No esta conectada con la estructura del carbón y tiene presión de vapor normal.
2. *Inherente o capa de humedad.* Absorbida físicamente en los microporos y capilares de la estructura del carbón y tiene presión subnormal.
3. *Limite químico de humedad o agua de descomposición.* Asociado orgánicamente dentro de las estructuras moleculares del carbón. Durante la carbónificación natural o artificial esta humedad es liberada.
4. *Agua de hidratación.* Asociada con los constituyentes orgánicos (materia mineral) del carbón como minerales arcillosos (especialmente kaolinita e illita-montomorillonita) y yeso. Durante la carbónificación, la kaolinita, la illita-motmorillonita y el yeso liberan 14%/peso, 8%/peso y 23%/peso de agua de hidratación, respectivamente.

La humedad se presenta como humedad total, inherente o de equilibrio, superficial, agua de hidratación o agua de descomposición. La tabla 18 presenta los valores máximos, mínimos y promedio para cada concesión. Se puede observar que estos valores comparados con los de Cerrejón zona central, son relativamente bajos y por lo tanto favorables para los procesos de trituración.

⁹ Mukhopadhyay P., Hatcher P. Composition of Coal. Chapter 4

Tabla 18. Cuadro comparativo de los valores de Humedad de las 3 Concesiones con Cerrejon Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (%)	5.38	2.67	2.71	9.7
Valor máximo (%)	13.28	12.62	6.34	12.9
Promedio (%)	6.03	6.90	4.64	11.94

11.2 CENIZAS

Las cenizas son residuos no combustibles de origen orgánico e inorgánico. En la tabla 19 se puede observar que los contenidos de cenizas de las 3 concesiones son muy altos comparados con los de Cerrejón Central. El alto contenido de las cenizas afecta la materia volátil produciendo una alta sensibilidad a la dilución, desmejorando la calidad del carbón. Los valores máximos de las tres concesiones que sobrepasan el 50%, que corresponden a las muestras 1-008, 1-009, 1-012, 2-008, 3-004 y 3-006 se clasifican como shales carbonosos.

Tabla 19. Cuadro comparativo de los valores de Ceniza de las 3 Concesiones con Cerrejón Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (%)	13.58	14.31	27.04	1.2
Valor máximo (%)	57.46	61,89	55.97	12.7
Promedio (%)	27.01	27.97	35.42	6.94

11.3 MATERIA VOLÁTIL

La materia volátil incluye todos los componentes volátiles liberados del carbón seco durante la combustión (a 950°C) bajo una atmósfera inerte. El contenido total de materia volátil es el total de hidrocarburos ya generados o presentes mas los hidrocarburos generados durante la pirolisis de la porción de kerogeno del carbón residual¹⁰.

¹⁰ Mukhopadhyay P., Hatcher P. Composition of Coal. Chapter 4

La tabla 20 muestra que los porcentajes de materia volátil de las áreas en estudio son comparativamente más bajos que los de Cerrejón Central. Este contenido es usado como criterio de selección del carbón para gasificación o licuefacción.

Tabla 20. Cuadro comparativo de los valores de Materia Volátil de las 3 Concesiones con Cerrejón Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (%)	20.78	19.06	23.4	33.8
Valor máximo (%)	42.95	42.53	36.05	38.0
Promedio (%)	22.97	32.60	29.71	35.92

11.4 CARBONO FIJO

El carbono fijo es una medida de material combustible sólido. A partir de la tabla 21 se deduce que los carbones de las concesiones estudiadas presentan valores de Carbono Fijo bajos comparados con los de Cerrejón Central. El carbono fijo es usado para definir los procesos de combustión y carbonización.

Tabla 21. Cuadro comparativo de los valores de Carbono Fijo de las 3 Concesiones con Cerrejón Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (%)	15.34	11.69	17.64	38.0
Valor máximo (%)	40.31	40.46	33.73	52.0
Promedio (%)	28.93	30.11	24.84	45.20

11.5 AZUFRE TOTAL

En la tabla 22 se puede observar que los porcentajes de azufre total de los carbones de las 3 Concesiones son demasiado altos comparados con Cerrejón Central. Estos contenidos altos generan compuestos corrosivos en las calderas y gases venenosos que contaminan el ambiente.

Tabla 22. Cuadro comparativo de los valores de Azufre total de las 3 Concesiones con Cerrejón Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (%)	1.29	0.59	0.58	0.20
Valor máximo (%)	12.36	11.11	2.39	0.66
Promedio (%)	2.92	2.72	1.65	0.43

11.6 PODER CALORÍFICO

El poder calorífico representa la energía de combustión del carbono e hidrogeno y del azufre. La tabla 23 muestra los valores máximos, mínimos y promedios de poder calorífico para las 3 concesiones estudiadas y se comparan con los de Cerrejón Central, que son en promedio mucho más altos. Esta magnitud fue el criterio usado para clasificar las muestras según el rango en la sección anterior.

Tabla 23. Cuadro comparativo de los valores de Poder Calorífico de las 3 Concesiones con Cerrejón Central

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Central
Valor mínimo (Btu/lb)	5.011	3.904	5.574	10.670
Valor máximo (Btu/lb)	11.889	12.311	10.262	12.500
Promedio (Btu/lb)	8.903	8.798	7.806	11.586

12. RESERVAS

La reserva es la porción del recurso identificado de la cual el mineral utilizable puede ser económica y legalmente extraído, en el momento de evaluar el yacimiento correspondiente¹¹.

Siguiendo el procedimiento descrito previamente para el cálculo de reservas, se estimaron los valores para cada Concesión. En las tablas 24, 25 y 26 se puede observar el volumen total de reservas de todas las zonas estudiadas. La Concesión 1 es la que tiene un mayor volumen de reservas con 19.457.105 toneladas, seguida por la Concesión 2 cuyo aporte a las reservas es de 17.686.139 toneladas y finalmente la Concesión 3, que posee la menor cantidad de reservas, con 548.339 toneladas.

Tabla 24. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 1

Manto	Extensión Lateral (m)	Profund. (m)	Espesor Promedio (m)	Buzamie. Promedio (°)	Volumen (m ³)	Gravedad específica	Toneladas
M1	500	200	1.15	36	898.692	1.33	1.195.261
M2	300	200	0.80	35	53.115	1.31	69.581
M3	1900	200	0.52	41	200.134	1.71	342.229
M4	500	200	1.54	42	385.014	1.65	635.273
M5	2300	200	0.75	32	413.558	1.96	810.574
M6	300	200	0.83	42	124.505	1.43	178.042
M7	200	200	1.40	40	83.966	1.48	124.269
M8	1200	200	0.79	32	227.277	1.65	375.007
M9	1000	200	1.0	55	9.038.831	1.68	15.185.235
M10	1000	200	0.52	34	122.559	1.46	178.936
M11	300	200	0.67	27	137.606	1.85	254.571
M12	200	200	0.53	27	72.568	1.49	108.127
Total							19.457.105

¹¹ ZONAS CARBONIFERAS DE COLOMBIA. 1979

Tabla 25. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 2

Manto	Extensión Lateral (m)	Profund. (m)	Espesor Promedio (m)	Buzamie. Promedio (°)	Volumen (m ³)	Gravedad específica	Toneladas
M1	1800	200	0.76	37	357.454	1.66	593.373
M3	2300	200	1.19	40	820.766	1.58	1.296.810
M4	2300	200	0.72	38	346.779	1.75	606.864
M5	300	200	0.90	19	54.617	2.07	113.057
M6	1200	200	0.54	33	9.761.427	1.53	14.934.983
M7	200	200	0.80	40	47.980	1.54	73.890
M8	300	200	0.58	32	41.715	1.61	67.162
Total							17.686.139

Tabla 26. Reservas indicadas (o probables) para la Concesión 3

Manto	Extensión Lateral (m)	Profund. (m)	Espesor Promedio (m)	Buzamie. Promedio (°)	Volumen (m ³)	Gravedad específica	Toneladas
M1	1200	200	0.58	47	140.275	1.52	213.218
M2	600	200	0.69	45	157.618	1.65	260.069
M3	400	200	0.54	35	47.804	1.57	75.052
Total							548.339

12.1 CLASIFICACIÓN DE LAS RESERVAS

Las reservas calculadas para cada concesión se clasifican según la clase de carbón en las tablas 27, 28 y 29. En la Concesión 1 el carbón Subbituminoso tipo B es el de mayor proporción, para la Concesión 2 la clase de carbón predominante es Subbituminoso tipo B y en la Concesión 3 el Lignito tipo B es la clase de carbón más representativa.

Tabla 27. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 1

Manto	Clase	Toneladas
M1	Bituminoso alto en volátiles tipo C	1.195.261
M2	Bituminoso alto en volátiles tipo C	69.581
M3	Bituminoso medio en volátiles	342.229
M4	Bituminoso alto en volátiles tipo A	635.273
M5	Bituminoso medio en volátiles	810.574
M6	Bituminoso alto en volátiles tipo C	178.042
M7	Subbituminoso tipo B	124.269
M8	Subbituminoso tipo C	375.007
M9	Subbituminoso tipo B	15.185.235
M10	Subbituminoso tipo A	178.936
M11	Bituminoso medio en volátiles	254.571
M12	Subbituminoso tipo B	108.127
<i>Total carbón Bituminoso medio en volátiles</i>		<i>1.407.374</i>
<i>Total carbón Bituminoso alto en volátiles tipo C</i>		<i>1.442.884</i>
<i>Total carbón Subbituminoso tipo A</i>		<i>814.209</i>
<i>Total carbón Subbituminoso tipo B</i>		<i>15.417.631</i>
<i>Total carbón Subbituminoso tipo C</i>		<i>375.007</i>

Tabla 28. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 2

Manto	Rango	Toneladas
M1	Bituminoso medio en volátiles	593.373
M3	Bituminoso alto en volátiles tipo C	1.296.810
M4	Bituminoso medio en volátiles	606.864
M5	Bituminoso medio en volátiles	113.057
M6		14.934.983

	Subbituminoso tipo A	
M7	Subbituminoso tipo C	73.890
M8	Subbituminoso tipo A	67.162
<i>Total carbón Bituminoso medio en volátiles</i>		1.313.294
<i>Total carbón Bituminoso alto en volátiles tipo C</i>		1.296.810
<i>Total carbón Subbituminoso tipo A</i>		15.002.145
<i>Total carbón Subbituminoso tipo C</i>		73.890

Tabla 29. Clasificación de reservas indicadas (o probables) según el rango del carbón para la Concesión 3

Manto	Rango	Toneladas
M1	Bituminoso medio en volátiles	213.218
M2	Bituminoso medio en volátiles	260.069
M3	Subbituminoso tipo B	75.052
<i>Total carbón Bituminoso medio en volátiles</i>		473.287
<i>Total carbón Subbituminoso tipo B</i>		75.052

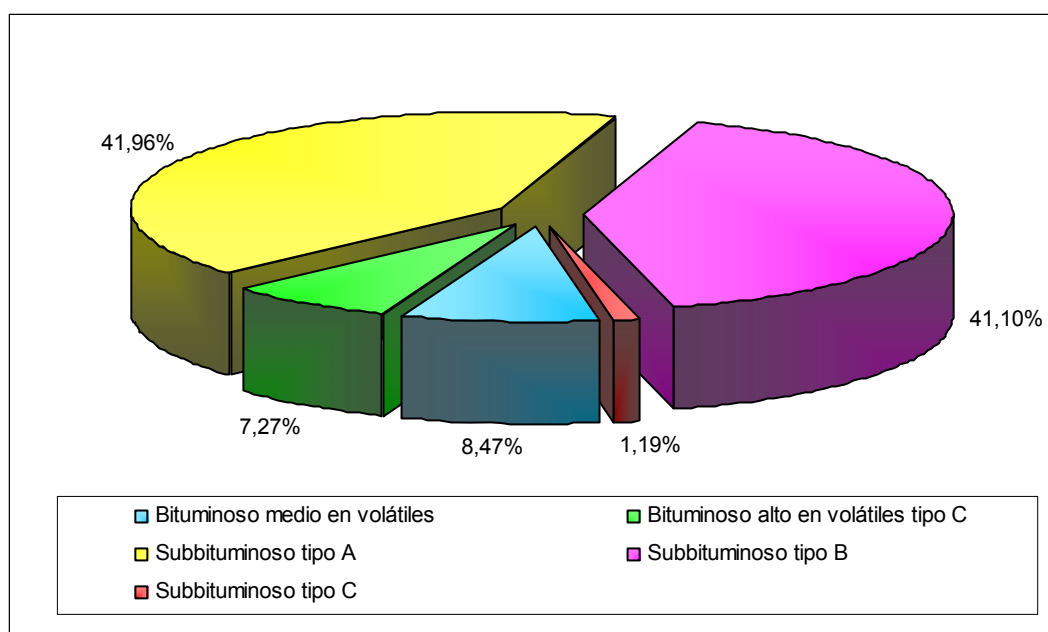
En la tabla 30 se puede observar que el total de las reservas de las 3 concesiones es 37.691.583 toneladas, las cuales fueron clasificadas según el rango del carbón. Finalmente se puede indicar que para el carbón Subbituminoso tipo A se obtuvieron las mayores reservas (15.816.354 toneladas), seguido del carbón Subbituminoso tipo B (15.492.683 toneladas), mientras que las menores reservas corresponden a carbón Subbituminoso tipo C (448.897 toneladas)

La figura 23 muestra la distribución porcentual del total de las reservas de acuerdo a la clasificación obtenida. Se puede observar que las mayores proporciones corresponden al carbón Subbituminoso tipo A y Subbituminoso tipo B, con el 41,96% y 41,10%, respectivamente, mientras que la menor proporción corresponde al carbón Subbituminoso tipo C que representa el 1,19% del total.

Tabla 30. Reservas indicadas (o probables) totales de las zonas de estudio

Clase de carbón	Reservas (Toneladas)	Reservas (%)
Bituminoso medio en volátiles	3.193.955	8,47
Bituminoso alto en volátiles tipo C	2.739.694	7,27
Subbituminoso tipo A	15.816.354	41,96
Subbituminoso tipo B	15.492.683	41,10
Subbituminoso tipo C	448.897	1,19
TOTAL	37.691.583	100

Figura 23. Clasificación de las reservas indicadas (o probables) totales según la clase de carbón



12.2 COMPARACIÓN DE LAS RESERVAS CON LA FORMACIÓN UMIR CON LA FORMACIÓN CERREJÓN Y LA FORMACIÓN GUADUAS

En la tabla 31 Se hace la comparación en tonelaje de reservas presentes en el Cerrejón Norte y las indicadas en este proyecto, en cada una de las formaciones generadoras de carbón.

Tabla 31. Comparación de reservas presentes en el Cerrejón Norte y las indicadas en este proyecto para la Concesión 1, 2 y 3

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Cerrejón Norte
Área de estudio	40 Km ²	36 Km ²	6.82 Km ²	40 Km ²
Área generadora de carbón	32.14 Km ²	21.6 Km ²	4.86 Km ²	40 Km ²
Reservas (Toneladas)	19.457.105	17.686.139	548.339	210.526.315

Se puede observar que hay gran diferencia de reservas, esto se debe a que los mantos encontrados en el área de estudio son de espesores menores a los del Cerrejón Norte, además, estas reservas son probadas con perforaciones y las de las concesiones en estudio son solo reservas indicadas (o probables) por exploración.

Para el Cerrejón Norte se encuentran 9 mantos de hasta 2 m de espesor a una profundidad de 180m para el nivel medio, ya probados con perforaciones. En la concesión 1 estudiada en 180m se pueden observar en superficie 2 mantos de espesores 0.83m (M6) Y 0.65m (M5) (ver anexo C1 - Columna 3-3')

En la concesión 2 se encuentran 3 mantos de 0.70m (M3), 0.90m (M4) Y 0.90m (M5) (ver anexo C2 - Columna 8-8'). Esto a 314m de profundidad, por el contrario en Cerrejón Norte se encuentra los mismos 9 mantos de hasta 2m de espesor a 180m de profundidad, por ultimo para el área 3 se observan las menores reservas y también menor área generadora de carbón. Para esta concesión se encuentran 3 mantos de 0.60 (M1), 0.69 (M2) y 0.54 (M3) en 185m de profundidad (ver anexo C3 - Columna 5-5').

En la tabla 32 Se hace la comparación en tonelaje de reservas indicadas en el Área Tunja – Paipa – Duitama (Boyacá) y las indicadas en este proyecto, en cada una de las formaciones generadoras de carbón.

Se puede observar que las reservas comparadas en la siguiente tabla no difieren en grandes proporciones de tonelaje, esto se debe a que para el área de Tunja – Paipa – Duitama las reservas son indicadas al igual que en las concesiones exploradas, además, en esta área se explota de forma subterránea debido a las altas relaciones Manto – Estéril las cuales no permitirían rentabilidad económica si se explotaran a cielo abierto.

Tabla 32. Comparación de reservas presentes en la formación Guaduas y las indicadas en este proyecto para la Concesión 1, 2 y 3

	Concesión 1	Concesión 2	Concesión 3	Formación Guaduas (Área Tunja-Paipa-Duitama)
Área de estudio	40 Km ²	36 Km ²	6.82 Km ²	80 Km ²
Área generadora de carbón	32.14 Km ²	21.6 Km ²	4.86 Km ²	40 Km ²
Reservas (Toneladas)	19.457.105	17.686.139	548.339	23.595.038

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la exploración de estas tres concesiones se puede mostrar un total de 23 mantos de carbón: 12 mantos en la Concesión 1, 8 mantos en la Concesión 2 y 3 mantos en la Concesión 3; con espesores entre 0.50 m y 1.63 m. en algunos sectores estos mantos se encuentran muy espaciados (250m) por lo cual no es posible proponer una perforación, también hay secuencias que se encuentran a pocos metros de separación (10m, 5m y hasta de pocos cm) mostrando capas de espesores considerables entre los mantos. El espesor acumulado de los mantos de carbón es 18,91 m. Se recolectaron 40 muestras distribuidas así: 19, 14 y 7 muestras respectivamente de las cuales se hizo un análisis lo más detallado posible el cual se concluye adelante.
- Las reservas encontradas en este proyecto para las concesiones en estudio son muy bajas (37.691.583 toneladas) comparas con las indicadas de la formación Guaduas y Cerrejón, se debe tener en cuenta que estas son basadas únicamente en la exploración, mientras las de Cerrejón son probadas con perforaciones. Se recomienda perforar en algunos de los puntos propuestos y muy probablemente las reservas aumentarían en buena proporción.
- El tipo de minería sugerido para la Concesión 1, 2 y 3 es una minería subterránea, esto debido a que la relación manto-estéril para las tres áreas son muy altas en promedio (1:157) por tanto si el objetivo es una minería a gran escala, se recomienda entregar esta áreas, si por el contrario se requiere realizar una minería a pequeña escala se debe hacer en forma subterránea como se indico anteriormente.
- De acuerdo a las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras se puede establecer que en general estos carbones son de mala calidad, ya que presentan contenidos de cenizas elevados de hasta 58%, altos contenidos de sulfuros que alcanzan en promedio 2,10%, e índice de hinchamiento muy bajo o nulo. Es importante destacar que un porcentaje considerable de las muestras presentaba una gravedad específica y contenidos de ceniza muy altos por lo cual se consideró que estas muestras se encontraban alteradas en el momento de su recolección.
- La mayor parte de las reservas de carbón calculadas para las tres concesiones en estudio pertenece a la clase Subbituminoso tipo A, B y C, que tiene como uso principal la generación de energía eléctrica y otros usos industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LUNA L., El carbón colombiano recursos, reservas y calidad. Instituto Colombiano de Geología y Minería. Ministerio de Minas y Energía. Geoestudios Bogotá, 2004.

UPME, 2005. La cadena del carbón.

MUKHOPADHYAY P., HATCHER P. Composition of Coal. Chapter 4.

ORTIZ DELGADO HERNAN. Geología Minera del Oro en Vet. Segunda Edición. Marzo de 2006

ROYERO G. J., CLAVIJO J. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa. Escala 1:400000. Ingeominas. 2001.

ZONAS CARBONIFERAS DE COLOMBIA. Recursos, clasificación y convenios bilaterales. Ingeominas. Bogotá. 1979