

**EXPLORACIÓN GAS METANO ASOCIADO AL CARBÓN
ÁREA TASCO-SOCOTÁ**

Bogotá, marzo de 2014





RECURSOS DE RECURSOS MINERALES

EXPLORACIÓN GAS METANO ASOCIADO A CARBÓN

EXPLORACIÓN GAS METANO ASOCIADO AL CARBÓN ÁREA TASCO-SOCOTÁ

Por:

Claudia Inés Duarte Barrera

Ingeniera Geóloga

Fernando Andrés Parra Cristancho

Ingeniero Geólogo

Marco Antonio Rincón Mesa

Supervisor

Bogotá, marzo de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. METODOLOGIA	15
3. EXPLORACIÓN DE GMAC	18
3.1 GENERALIDADES	18
3.1.1 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
3.1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN	22
3.1.3 CLIMA Y VEGETACIÓN	22
3.1.4 HIDROGRAFÍA	23
3.1.5 HIDROGEOLOGÍA	23
3.1.6 POBLACIÓN	25
3.2 GEOLOGIA	25
3.2.1 ESTRATIGRAFÍA	25
3.2.1.1 Formación Areniscas de las Juntas (K ₁ aj)	26
3.2.1.2 Formación Fómeque (K ₁ f)	26
3.2.1.3 Formación Chipaque (K ₂ c)	26
3.2.1.4 Formación la Luna (K ₂ l).....	27
3.2.1.5 Formación los Pinos (K ₂ pi).....	28
3.2.1.6 Formación Arenisca Tierna (K ₂ t)	28
3.2.1.7 Formación Guaduas (K ₂ E ₁ g)	29
3.2.1.8 Formación Socha Inferior (E ₁ si)	30
3.2.1.9 Formación Socha Superior (E ₁ ss).....	31
3.2.1.10 Formación Picacho (E ₂ p).....	31
3.2.1.11 Formación Concentración (E ₂ c)	32
3.2.1.12 Depósito Fluvioglacial (Qfg)	33
3.2.1.13 Depósitos Coluviales (Qc).....	34

3.2.2	TECTÓNICA	34
3.2.2.1	Pliegues.....	34
3.2.2.2	Fallas.....	35
3.3	SECTORES EVALUADOS PARA EXPLORACIÓN DE GMAC.....	38
3.3.1	SECTOR MORTIÑO – EL POZO (SOCHA)	41
3.3.2	SECTOR COSCATIVÁ (SOCOTÁ)	43
3.3.3	SECTOR RUCÚ - GUATATAMO (SOCOTÁ).....	45
4.	GEOLOGIA DEL SUBSUELO	47
4.1	DESARROLLO DE PERFORACIONES.....	47
4.1.1	Pozo SOCOTÁ-1	47
4.1.2	Pozo SOCOTÁ-2	50
4.2	INCONVENIENTES REGISTRADOS DURANTE LAS PERFORACIONES.....	51
4.3	ANÁLISIS GEOLÓGICO DE LOS POZOS PERFORADOS.....	51
4.3.1	REGISTROS DE POZO	52
4.3.2	REGISTRO DE RAYOS GAMMA	52
4.3.3	REGISTRO DE DENSIDAD	52
4.3.4	REGISTRO TEMPERATURA	53
4.3.6	INTERPRETACIÓN DE REGISTROS	53
4.3.5.1	Pozo Socotá-1.....	53
4.3.5.2	Pozo Socotá-2.....	55
4.4	SELLAMIENTO	56
5.	CARACTERIZACION DE CARBONES	57
5.1	MUESTRAS ANALIZADAS	57
5.2	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	58
5.2.1	ANÁLISIS PRÓXIMO.....	58
5.2.2	PODER CALORÍFICO.....	59
5.2.3	ANÁLISIS ELEMENTAL.....	59
5.2.4	ÍNDICE DE HINCHAMIENTO	61
5.2.5	HUMEDAD DE EQUILIBRIO (HE)	61
5.2.6	GRAVEDAD ESPECÍFICA VERDADERA (GEV)	61
5.2.7	ÍNDICE DE MOLIENDA HARDGROVE (IHG).....	62
5.2.8	PLASTOMETRÍA	62
5.2.9	ANÁLISIS QUÍMICO DE CENIZAS	63
5.3	ANÁLISIS PETROGRÁFICOS.....	63
5.3.1	ANÁLISIS DEL CONTENIDO MACERAL.....	64
5.3.2	ANÁLISIS REFLECTANCIA DE LA VITRINITA (Ro).....	64
5.3.3	DETERMINACIÓN DEL RANGO POR RO	65

5.3.4	DETERMINACIÓN DEL RANGO POR RO	65
6.	MEDICIONES DE CONTENIDOS DE GAS	67
6.1	METODOLOGIA UTILIZADA PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE GAS EN LOS MANTOS DE CARBÓN (GMAC).....	67
6.1.1	PROCEDIMIENTO EN LA MEDICIÓN DE CONTENIDOS DE GMAC	68
6.1.1.1	Obtención de muestras en campo.....	68
6.1.1.2	Prueba de desorción en campo (Gas Perdido)	69
6.1.1.3	Mediciones en laboratorio.	70
6.1.1.4	Procesamiento de la información	73
6.2	RESULTADOS OBTENIDOS.....	74
6.2.1	POZO SOCOTÁ-1	74
6.2.2	POZO SOCOTÁ-2	75
6.2.3	FRENTES DE MINA	75
7.	CALCULO DE RECURSOS Y RESERVAS DE GAS METANO ASOCIADO AL CARBON.....	81
7.1	DEFINICIÓN DE RECURSO Y RESERVA	81
7.2	LIMITES PARA LA EVALUACIÓN DE RESERVAS Y RECURSOS.....	82
7.2.1	ZONA EXPLOTADA.....	82
7.2.2	ZONA DE DILUCIÓN	82
7.2.3	ZONA DE CONCENTRACIÓN.....	82
7.3	EVALUACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DE GMAC	83
7.3.1	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN	83
7.3.1.1	Categorías de Recursos y Reservas Medidos, Indicados, Inferidos ..	83
7.3.2	CÁLCULO DEL POTENCIAL DE GMAC.....	85
7.3.2.1	Recursos y Reservas de GMAC, Descripción de los mantos.....	86
7.3.2.2	Recursos Hipotéticos	135
8.	CONCLUSIONES	137
9.	RECOMENDACIONES	139
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fases en el desarrollo de un proyecto de Gas Metano asociado al carbón Fuente: Modificado de Mariño, 2010	15
Figura 2. Localización área de estudio.....	20
Figura 3. Afloramiento de la Formación Chipaque. Margen derecha Río Cómeza. Vereda Coscativá, Socotá.	27
Figura 4. Afloramiento de la Formación Arenisca Tierna. Vereda Mortiño, Socha.....	29
Figura 5. Trabajos de minería en la Formación Guaduas y contacto con la Formación Socha Inferior, sector Coscativá, Socotá	30
Figura 6. Se observa el contacto neto entre la Formación Guaduas y la formación Socha Inferior, Vereda Coscativá, municipio de Socotá.....	31
Figura 7. Formación Picacho, se evidencia hacia el núcleo del Sinclinal Rucú. Vereda Rucú, Socotá.	32
Figura 8. Afloramiento Formación Concentración. Vereda La Manga, Socotá. .	33
Figura 9. Sinclinal Rucú. Sinclinal asimétrico y buzante. Vereda Rucú, Socotá	35
Figura 10. Trazo de la Falla el Tirque, pone en contacto la Formación Los Pinos con la Formación Guaduas. Socha.	36
Figura 11. Falla Cómeza. Trazo paralelo al curso del Río Cómeza. Socotá	36
Figura 12. Falla El Gallinazo, la cual divide el Sinclinal Rucú hacia su cierre en un trazo paralelo al eje del mismo. Vereda Guatatamo, Socotá.	37
Figura 13. Falla Alto Grande. Vereda Cómeza. Coscativá.....	38
Figura 14. Localización sectores analizados para exploración de GMAC en la zona de estudio.....	40
Figura 15. Sector GMAC Mortiño – El Pozo. ubicado al suroccidente del municipio de Socha (Boyacá).....	41
Figura 16. Sector de interés denominado Coscativá. Flanco occidental del Anticlinal de Socotá.....	43
Figura 17. Sector GMAC Rucú –Guatatamo. Corresponde a parte del Flanco occidental del Sinclinal de Rucú.....	45
Figura 18. Localización perforaciones realizadas en la exploración de GMAC.	48

Figura 19. Montaje del Pozo Socotá-1, Vereda Coscativá, municipio de Socotá.	49
Figura 20. Montaje del Pozo Socotá-2, Vereda Parpa, municipio de Socotá....	50
Figuras 21 y 22. Equipos empleados en la ejecución de Registros Eléctricos Pozo Socotá-1.....	54
Figura 23. Toma de registros en el Pozo Socotá-2.....	55
Figura 24. Sellado del Pozo Socotá-1, municipio de Socotá.....	56
Figura 25. Generación de gas en el carbón Fuente: Law and Rice (1991).	65
Figura 26. Estados de carbonificación de acuerdo a la clasificación americana (ASTM, 1978).Fuente: Uribe y Pérez, 1987.	66
Figuras 27. Pruebas de hermeticidad en los canister. Muestreo frente de mina.	69
Figura 28. Sistema de medición del gas perdido en muestras de carbón pozo Socotá-1.....	70
Figura 29. Molino empleado para la determinación de gas residual en una muestra de carbón	72
Figura 30. Curva de desorción, donde se aprecia los intervalos para los contenidos de gas perdido, medido y residual.	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas área de estudio Tasco – Socotá	19
Tabla 2. Coordenadas Sector GMAC Mortiño-El Pozo	21
Tabla 3. Coordenadas Sector GMAC Coscativá	21
Tabla 4. Coordenadas Sector GMAC Rucú-Guatatamo	22
Tabla 5. Número y tipo de muestras obtenidas en el área de estudio. Tasco – Socotá.....	57
Tabla 6. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Pozo Socotá-1.....	76
Tabla 7. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Pozo Socotá-2.....	77
Tabla 8. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Frente de mina	78
Tabla 9. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Mortiño – El Pozo.....	99
Tabla 10. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Coscativá	103
Tabla 11. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Rucú-Guatatamo.....	105
Tabla 12. Clasificación de carbones por rango según la norma ASTM, Área Tasco-Socotá.....	108
Tabla 13. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 1	111
Tabla 14. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 2	112
Tabla 15. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 3	113
Tabla 16. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 4	114
Tabla 17. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 5	115
Tabla 18. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 6	116
Tabla 19. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 7	117

Tabla 20. Resumen Cálculo de Reservas y Recursos, Área Tasco – Socotá, Sector Mortiño – El Pozo	118
Tabla 21. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 1	119
Tabla 22. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 2	120
Fuente: Datos del Estudio	120
Tabla 23. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 3	121
Tabla 24. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 4	122
Tabla 25. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 5	123
Fuente: Datos del Estudio	123
Tabla 26. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 6	124
Tabla 27. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 7	125
Tabla 28. Resumen cálculo de Reservas y Recursos. Área Tasco – Socotá. Sector Coscativá	126
Tabla 29. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 1	127
Tabla 30. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 2	128
Tabla 31. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 3	129
Fuente: Datos del Estudio	129
Tabla 32. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 4	130
Tabla 33. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 5	131
Tabla 34. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 6	132
Tabla 35. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 7	133
Tabla 36. Resumen cálculo de Reservas y Recursos. Área Tasco – Socotá, Sector Rucú – Guatatamo	134
Tabla 37. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá. Sector Mortiño – El Pozo	135
Tabla 38. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá. Sector Coscativá	136
Tabla 39. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá. Sector Coscativá	136

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Inventario de minas en la zona de estudio	
Anexo B. Informe de perforaciones	
Anexo C. Resultados Análisis Elemental	
Anexo D. Resultados Análisis Formas de S, C, IH, GEV, IMH, HE, Hg, Ht	
Anexo E. Resultados Análisis Plastometría	
Anexo F. Resultados Análisis Cenizas	
Anexo G. Resultados Análisis Petrográfico	
Anexo H. Mediciones contenido de gas metano asociado al carbón	
Anexo I. Cartografía, Columnas	
Mapa 1. Mapa Geológico Área Tasco – Socotá	
Mapa 2. Mapa Geológico Área Tasco – Socotá	
Mapa 3. Mapa Geológico Área Tasco – Socotá	
Mapa 4. Mapa Geológico Área Tasco – Socotá. Sector Mortiño – El Pozo	
Mapa 5. Mapa Geológico Área Tasco – Socotá. Sectores Coscativá y Rucú – Guatatamo	
Mapa 6. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 1	
Mapa 7. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 2	
Mapa 8. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 3	
Mapa 9. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 4	
Mapa 10. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 5	
Mapa 11. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 6	

-
- Mapa 12. Contornos Estructurales. Sector Mortiño – El Pozo. Manto 7
- Mapa 13. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 1
- Mapa 14. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 2
- Mapa 15. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 3
- Mapa 16. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 4
- Mapa 17. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 5
- Mapa 18. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 6
- Mapa 19. Contornos Estructurales. Sector Coscativá. Manto 7
- Mapa 20. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 1
- Mapa 21. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 2
- Mapa 22. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 3
- Mapa 23. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 4
- Mapa 24. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 5
- Mapa 25. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 6
- Mapa 26. Contornos Estructurales. Sector Rucú – Guatatamo. Manto 7
- Columna 1. Sector Mortiño – El Pozo. Cooproval
- Columna 2. Sector – Coscativá. Mina Esperanza
- Columna 3. Sector Coscativá - Socha Inferior y Superior
- Columna 4. Sector Rucú – Guatatamo. Mina El Cielo
- Columna 5. Sector Rucú – Guatatamo. Rucú
- Columna 6. Sector Rucú – Guatatamo. Parpa - Guatatamo
- Columna 7. Pozo Socotá - 1
- Columna 8. Pozo Socotá – 2

RESUMEN

Con el fin de continuar con la investigación sobre la generación y almacenamiento de gas metano (CH_4) en los mantos de carbón de la Formación Guaduas en el área carbonífera Tasco-Sogamoso, se estableció un área de trabajo de 200 Km^2 , comprendida entre los municipios de Tasco y Socotá. En esta se realizaron actividades de exploración con el fin de adelantar dos perforaciones para mediciones de contenidos de gas metano.

De acuerdo al análisis realizado, se establecieron 3 sectores de evaluación denominados de sur a norte: Mortiño-El Pozo, Coscativá, Rucú-Guatatamo; en los dos últimos se realizaron las perforaciones. En el primero de ellos se realizó el Pozo Socotá-1, con una profundidad de 425.0 m y 8 capas de carbón identificadas; en el segundo sector se llevó a cabo el Pozo Socotá-2 con 510m de profundidad y 5 capas de carbón cortadas. Además de estas muestras, mediciones de contenidos de gas metano se realizaron en 21 muestras de frente de mina. Para el estudio, se definió el muestreo de capas de carbón con espesor mayor e igual a 0.40m. En cada pozo se corrieron registros de Resistividad Eléctrica, Temperatura, Gamma Ray, Densidad.

Las mediciones de CH_4 se efectuaron aplicando métodos directos; las muestras de carbón del pozo Socotá-1 arrojaron valores entre 19,49 a 163,85 pies^3/ton ; en el pozo Socotá-2, los contenidos de CH_4 variaron entre 54,13 a 63,11 pies^3/ton ; en los frentes de mina se obtuvo valores entre 11,92 a 65,53 pies^3/ton . Los mayores volúmenes los registraron los mantos: 2, 4 y 5 de la Formación Guaduas. Adicionalmente, se realizó una caracterización de carbones, en total se obtuvieron 38 muestras, 32 de carbón, 4 respaldos y 2 arenitas (tanto de pozo como de frente de mina). Los carbones muestreados fueron clasificados como Bituminoso alto volátil A a Bituminoso bajo volátil.

Finalmente, se determinó el potencial de gas metano en los mantos de carbón de interés, para lo cual se estructuró una metodología que permitió determinar recursos y reservas de GMAC en las categorías de Medido, Indicado, Inferido e Hipotético. El Potencial obtenido correspondió a 8,08 Bcf.

ABSTRACT

In order to continue with the research on the generation and storage of methane gas (CH₄) in the coal beds in the Guaduas Formation in the coal Área of Tasco-Socotá, established an Área of 200 km², between the municipalities of Tasco and Socotá. In this área, exploration activities were conducted with the purpose of performing two perforations to measure the methane gas content.

According to the analysis, three áreas of evaluation were established which were called, from south to north: Mortiño-El Pozo, Coscativá, Rucú-Guatatamo. In the last two, where the holes were made. In the first one, the Socotá-1 well was carried out, with a depth of 425,0 m and eight (8) coal layers identified; in the second sector the Socotá-2 well was made with a depth of 510,0 m and three (3) bed cut. Besides these samples, measurements of methane gas content were performed on twenty one (21) samples of the mine. For the study, the sampling of coal seams was defined as thicker than and equal to 0.40m. In each well, logs were carried out of Electrical Resistivity, Temperature, Gamma Ray and Density.

CH₄ measurements were made using direct methods, the coal samples from the Socotá-1 well yielded values between 19,49 a 163,85 cf/ton. In the Socotá-2 well, CH₄ contents ranged from 54,13 a 63,11 cf/ton, the values obtained at the mines were between 11,92 a 65,53 cf/ton. The highest volumes were recorded on the following mantles: 2, 4 and 5 of the Guaduas Formation.

Additionally, characterizations of coals were performed, in total thirty eight (38) samples were obtained, thirty two (32) of coal, four (4) backs and two (2) sandstones (of the well as in front of the mine). The coals sampled were classified as high volatile A Bituminous to low volatile Bituminous.

Finally, the potential of methane gas in the coal seams of interest were determined, for which a methodology were structured to determine CBM reserves and resources in the Measured, Indicated, Inferred and Hypothetical categories. The Potential obtained corresponded to 8,08 Bcf.

1. INTRODUCCIÓN

El Servicio Geológico Colombiano, desde el año 2011, ha adelantado estudios encaminados a retomar el conocimiento del carbón como roca fuente y reservorio de gas metano, teniendo en cuenta el importante potencial carbonífero con que cuenta el país, la necesidad de identificar nuevas alternativas para proveer energía a la población y los hechos de accidentalidad registrados en diversas minas, ubicadas entre otros en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander y Antioquia, que han tenido como origen explosiones debidas a la presencia de este gas.

Estos estudios han permitido la identificación de zonas de interés en el país para adelantar proyectos de exploración de GMAC, es así, como hacia el año 2011, se llevó a cabo un proyecto de investigación en el área carbonífera Tausa-Guachetá, desarrollándose dos perforaciones, con un total de 700m lineales de perforación y la obtención de muestras de carbón para caracterización y análisis de contenidos de gas metano, registrándose valores de interés que orientaron la continuación de los trabajos hacia el área Guachetá-Samacá en el año 2012, con las mismas condiciones. Estas dos áreas de estudio, se localizaron en la estructura geológica denominada Sinclinal Checua-Lenguzaque. A partir de la información obtenida, se establecieron rangos de contenidos de Metano en cada manto y se identificaron los que mayores volúmenes poseían, con lo cual se realizó una estimación del potencial de este recurso en unos sectores de las áreas de estudio, elaborando para ello una metodología de trabajo acorde a las características del mismo.

De acuerdo a lo anteriormente señalado, el grupo de Exploración de Recursos Energéticos, enfocó sus actividades de exploración de GMAC en el año 2013, en el Departamento de Boyacá, en la zona que comprende los municipios de Tasco, Socha, Socotá, cubriendo un polígono de 200 Km², llevando a cabo para ello 900 metros de perforaciones en diámetro HQ, con recuperación de núcleo, a parte de la toma de registros eléctricos y de Temperatura.

De esta manera, se pretende, seguir aportando herramientas técnicas al sector minero, en procura de mejorar los trabajos de planificación y seguridad minera y continuar con el desarrollo del conocimiento sobre la existencia del gas metano en los mantos de carbón, en especial sobre su generación y almacenamiento.

2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto, se sigue acogiendo la metodología propuesta por Mariño, 2010, la cual se ha venido ajustando a partir de la experiencia y los resultados obtenidos en los estudios realizados. Las fases de trabajo expuestas a continuación están conformadas por todas las actividades adelantadas para evaluar de forma preliminar el potencial de GMAC que pueda tener un sector de interés, estas corresponden a Diagnóstico de la información, Geología de Superficie minería Geología del Subsuelo, Caracterización y Cálculo del potencial (Ver Figura 1):

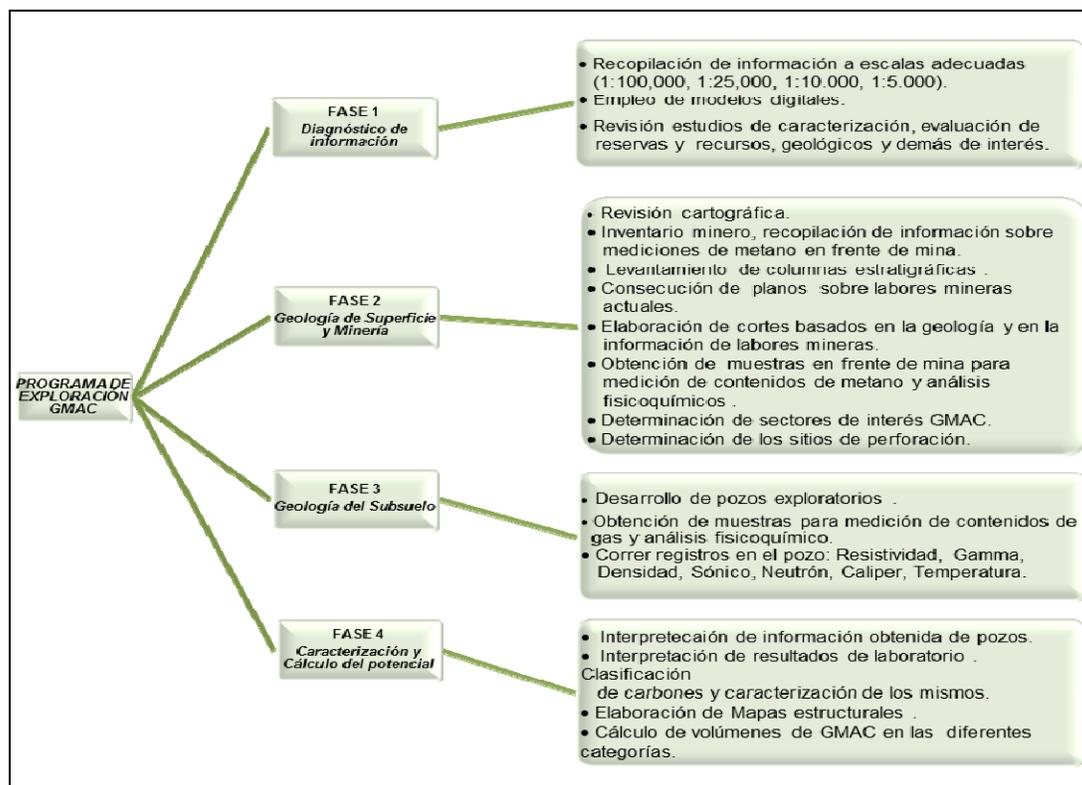


Figura 1. Fases en el desarrollo de un proyecto de Gas Metano asociado al carbón
Fuente: Modificado de Mariño, 2010

De esta manera, en el proyecto piloto adelantado, se desarrollaron las Fases que corresponden a la etapa de exploración en un proyecto de Gas Metano asociado al carbón, las cuales parten del análisis adelantado a las características geológicas de las diferentes zonas carboníferas del país, identificando así las que presentan mayor favorabilidad para adelantar estudios de investigación desde el punto de vista de estudios adelantados, escalas de trabajo adecuadas, desarrollo minero. Estas Fases se describen a continuación:

Fase I Preliminar

Recopilación de información. Se tomó como referencia el estudio: Programa de normalización de recursos y reservas de carbón en algunas áreas del departamento de Cundinamarca y Boyacá (Ecocarbón, 1997), Carbocol, 1991, Carbocol, 1993, igualmente la información contenida en los estudios sobre la geología de las Planchas Paz de Río, 172 y Soatá 152.

Fase II. Geología de superficie e información minera

En esta fase se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Sobre las áreas de interés, se realizó la recopilación y corrección de información geológica y minera a escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:100.000.
2. Levantamiento geológico del área de estudio a escala 1:10.000 que incluyó entre otros, definición de contactos, determinación de estructuras geológicas: dichas actividades tuvieron especial énfasis en la Formación portadora de los carbones (Formación Guaduas).
3. Determinación de sectores con mejores expectativas, evaluación de parámetros para la definición de sitios de perforación: Vías de acceso, Cobertera, Rango del carbón, reportes de mediciones de gases en las minas y de accidentalidad.
4. Localización de los pozos sobre la base de consideraciones geológicas, estructurales y técnicas.
5. Elaboración de columnas estratigráficas en los sectores de interés donde se adelantarán las perforaciones para mediciones de contenidos de gas metano.
6. Realización de cortes geológicos soportados con información obtenida en superficie, labores mineras actuales y perforaciones.

Fase III. Geología del subsuelo

- Conlleva la realización de perforaciones, con el fin de precisar estructuras, la ubicación y características de los mantos y de la litología en general de las áreas de interés, obtención de las muestras y corazones sobre los que se determinará el contenido de gas.

Fase IV. Caracterización y Cálculo del potencial

- A partir de las perforaciones realizadas se obtuvieron las muestras sobre las que se determinó el contenido de gas para evaluar posteriormente el potencial, en donde se desarrollaron actividades como:

- Descripción de núcleos
- Muestreo para análisis próximos, reflectancia de la vitrinita y contenido de gas.
- Mediciones de contenidos de gas metano en los mantos de carbón
- Registros eléctricos y de Temperatura.
- Análisis de la información obtenida, de acuerdo a la Caracterización geológica y minera realizada, las Curvas de desorción, los contenidos de Metano, los resultados de los análisis de laboratorio y los registros eléctricos.
- Cálculo de Recursos y Reservas, a partir de la elaboración de mapas de contornos estructurales de acuerdo con los parámetros establecidos por el Sistema de Clasificación ECOCARBON 1995, El Servicio Geológico de Los Estados Unidos en (Wood et al, 2003), y de acuerdo al análisis realizado para la exploración de este tipo de recurso que incluyó información de labores mineras y las normatividad sobre Exploración y Explotación de Gas Metano Asociado al Carbón por parte del Ministerio de Minas y Energía.
- Elaboración de informe, cuyo contenido describe las actividades realizadas para la estimación del potencial de gas metano asociado al carbón en el Sector de interés.

3. EXPLORACIÓN DE GMAC

En el desarrollo del estudio de exploración de GMAC, se adelantaron varias etapas que permitieron caracterizar el área de estudio, con el fin de lograr el entendimiento sobre la misma, facilitando la toma de decisiones de tipo técnico para lograr los objetivos propuestos.

3.1 GENERALIDADES

El conocimiento sobre el entorno del área de estudio, conllevó, la descripción de algunos aspectos generales de la zona, los cuales se refieren a: localización, vías de comunicación, clima, vegetación, hidrografía, hidrogeología, población, economía. Así mismo se realiza la descripción de las unidades geológicas identificadas, de los diferentes rasgos estructurales que caracterizan la zona y de la información minera obtenida.

Analizados todas estas variables, se procedió a determinar sectores de interés en donde se adelantaron las perforaciones que permitieron llevar a cabo las mediciones de contenidos de gas metano en la formación portadora de los mismos, la formación Guaduas (K2E1g).

3.1.1 Localización y extensión del área de estudio

El área de estudio corresponde al área carbonífera 804 denominada Sogamoso - Jericó que forma parte de la zona carbonífera 8 Boyacá (Ingeominas, 2004), localizada en la cordillera oriental, al noreste de la ciudad de Tunja. Para el presente trabajo se seleccionó un área de 211 Km² que comprende los municipios de Tasco, Socha y Socotá, en el departamento de Boyacá (Ver Figura 2), enmarcada dentro de las siguientes coordenadas (Ver Tabla1):

Tabla 1. Coordenadas área de estudio Tasco – Socotá.

PUNTO	NORTE	ESTE
1	1165000,00	1162500,00
2	1165000,00	1168000,00
3	1160000,00	1168000,00
4	1141550,00	1155290,00
5	1141549,00	1147190,00
6	1145049,00	1149590,00
7	1150224,00	1152891,00
8	1154707,00	1149395,00
9	1157662,00	1153251,00
10	1156514,00	1154128,00
11	1154919,00	1151989,00
12	1152049,00	1154190,00
13	1157518,00	1157625,00
14	1157934,00	1156968,00
15	1164156,00	1161019,00
16	1163721,00	1161658,00

Esta área se encuentra delimitada dentro de las planchas del I.G.A.C. a escala 1:25.000 correspondientes a: 210-I-C, 210-I-D, 210-1-A, 210-I-B, 191-III-D, 210-II-A, 191-IV-C, 191-IV-D y las planchas geológicas a escala 1:100.000, 172 Paz de Río y 152 Soata.

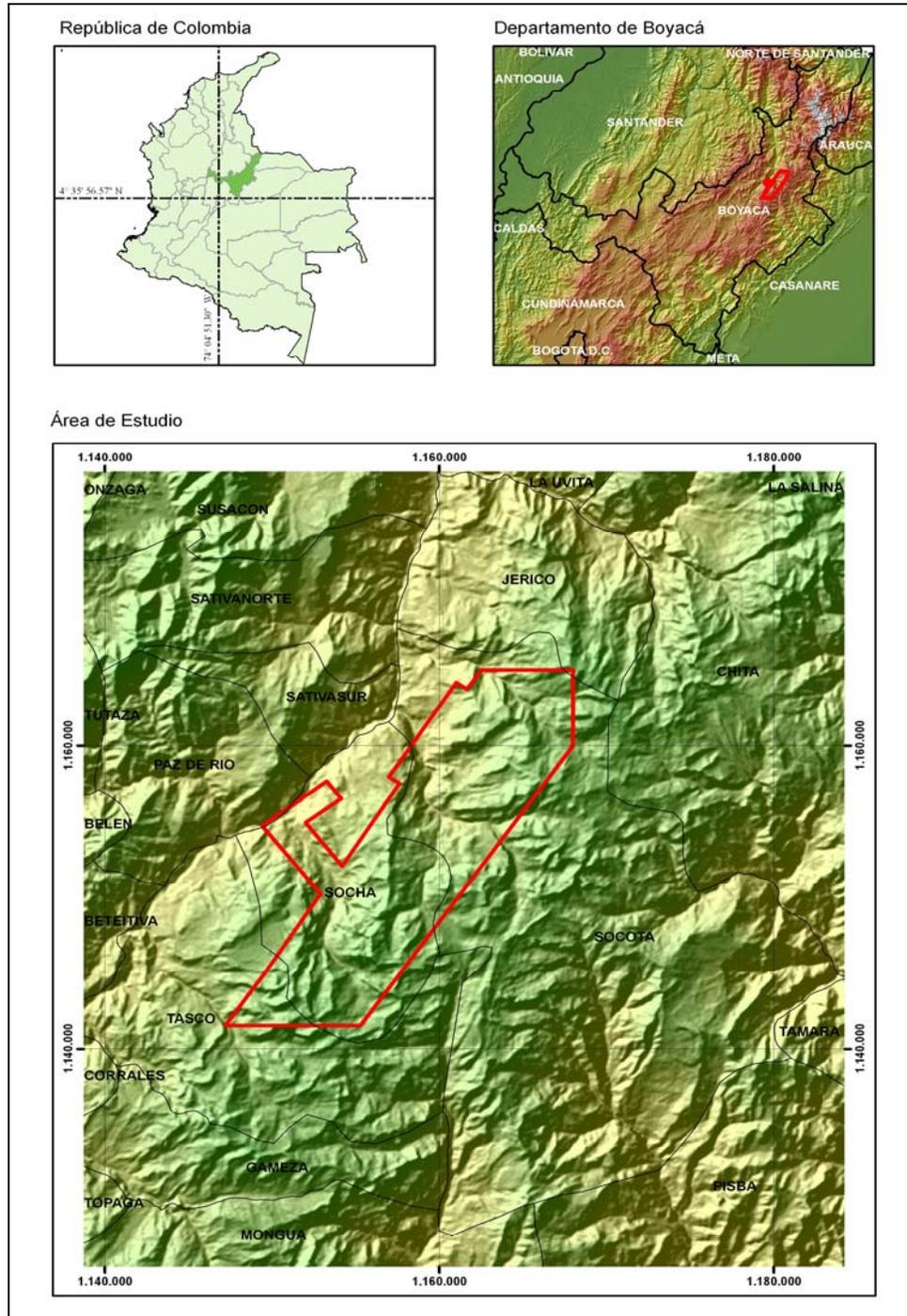


Figura 2. Localización área de estudio

En el área de estudio general (que cubre 211km²), se establecieron tres sectores de interés para adelantar la exploración de GMAC y proyectar las perforaciones, con las cuales se obtuvieron muestras de carbón para realizar mediciones de contenidos de gas metano; estos sectores se denominaron de sur a norte: Mortiño - El Pozo (Ver Tabla 2, Figura 3); Coscativá (Ver Tabla 3, Figura 3) y Rucú-Guatatamo (Ver Tabla 4, Figura 3).

El área del Sector Mortiño-El Pozo, posee 16 Km² y está delimitada por las siguientes coordenadas:

Tabla 2. Coordenadas Sector GMAC Mortiño-El Pozo.

PUNTO	NORTE	ESTE
1	1.156.514	1.154.128
2	1.154.919	1.151.989
3	1.151.134	1.154.889
4	1.149.232	1.153.669
5	1.154.707	1.149.395
6	1.157.662	1.153.251

El segundo sector de análisis, identificado como Coscativá, posee un área de 9 Km², y está definido por las siguientes coordenadas:

Tabla 3. Coordenadas Sector GMAC Coscativá.

PUNTO	NORTE	ESTE
1	1.156.376,00	1.156.946,00
2	1.157.523,00	1.157.643,00
3	1.157.935,00	1.156.972,00
4	1.160.631,00	1.158.731,00
5	1.160.248,00	1.159.875,00
6	1.158.074,00	1.159.587,00
7	1.155.102,00	1.158.873,00
8	1.156.036,00	1.157.803,00

El tercer sector de análisis, identificado como Rucú-Guatatamo, posee un área de 11 Km², y está definido por las siguientes coordenadas:

Tabla 4. Coordenadas Sector GMAC Rucú-Guatatamo.

PUNTO	ESTE	NORTE
1	1160202,00	1160328,00
2	1160522,00	1161099,00
3	1161863,00	1160554,00
4	1161757,00	1159332,00
5	1162844,00	1159090,00
6	1161968,00	1156252,00
7	1159538,00	1155527,00

3.1.2 Vías de comunicación

Para acceder a la zona de estudio en general, se cuenta con vías como las carreteras: Bogotá – Duitama - Paz de Río – Socotá; Bogotá – Sogamoso – Tasco – Socha - Socotá. Igualmente, existe una vía intermunicipal entre Jericó a Socotá.

3.1.3 Clima y Vegetación

En general los municipios que conforman la zona de estudio, poseen temperaturas medias entre 14 a 17 °C, con alturas que oscilan entre 2.100 m.s.n.m. a 4.000 m.s.n.m, definiéndose un relieve de tipo plano a montañoso, con características laderas empinadas.

El clima, corresponde a zonas climáticas entre frías a templadas y de Páramo. Se presenta un comportamiento bimodal de la precipitación, con dos periodos lluviosos, el primer periodo lluvioso se presenta en los meses de marzo, abril y mayo; el segundo periodo lluvioso corresponde a los meses de octubre y noviembre. Los meses secos corresponden a Enero y Febrero, Junio a Septiembre y Diciembre. Se presenta una variación en el comportamiento climático en el municipio de Socotá, ya que los períodos secos corresponden a los meses de enero, febrero, marzo, agosto, septiembre y diciembre, mientras que los períodos lluviosos a los meses de abril, mayo, junio, julio y octubre, noviembre.

En general en la zona de estudio, se han registrado valores de precipitación media anual entre 600 a 3500 mm.

Teniendo en cuenta las características de la zona, se encuentra vegetación de páramo (pajonales, frailejonales, chusque), rastrojo alto, bosque secundario

(aliso, uva camarona, arrayán, ciro, cucharo, borrachero, mangle), matorral bajo y pastos entre otros.

3.1.4 Hidrografía

La red hidrográfica principal hacia el municipio de Tasco, está constituida por fuentes hídricas de importancia como el río Chicamocha, quebradas como: Quebrada de Hoya Grande, Hoya de Ganado, Culebriada, El Cadillal, Patarro Tasajeras, el Playón, Tasajeritas, Las Guaipas y la Mermeja que son afluentes del río Cravo Norte, otras como las quebradas El Mortiño, La Leonera, Llano Grande, Llano de la Casa, El Sosque, Carbonera, que son afluentes de la Quebrada de Guaza, que a su vez, desemboca en el Río Chicamocha. Otras quebradas menores son: Canelas, Chorros, del Volador, La Chapa y la Tenería que también son tributarias del Chicamocha. Hacia el oriente del municipio se encuentran lagunas conocidas con los nombres de: Laguna del Oro, la del Barro, la de los Patos, Laguna Negra, Laguna Verde, La Colorada, Laguna Brava.

En el municipio de Socha, sobresale como principales fuentes hídricas el Río Cómeza, las Quebradas: El Tirque, El Ruchical, El Boche, La Chapa, El Monte, la Cabrerita, Laureles, Peñitas, Los Cabritos y Blanquiscal, entre otras; se encuentran además cuerpos de agua como las Lagunas de Socha, Los Patos, Corral Chiquito y Blanquiscal.

Hacia el municipio de Socotá, se destacan los ríos: Arzobispo, Payero o Pisba, Pauto y Cravo Sur. Hacia este municipio, se encuentra la mayor parte del área del parque natural nacional del páramo de Pisba, una de las condicionantes de relevancia en la determinación de los sitios donde se desarrollaron las perforaciones, allí, se tuvieron en cuenta las restricciones correspondientes con respecto al desarrollo del trabajo de exploración.

3.1.5 Hidrogeología

La presencia de cuerpos de agua subterráneos, como los acuíferos, en una zona de exploración de GMAC, incide en la retención de este recurso al estar confinado por el agua, la liberación de la presión confinante permite a su vez el flujo del mismo para su aprovechamiento. El estudio del comportamiento geológico de los acuíferos presentes por encima o por debajo de las capas de carbón, el conocimiento de los sitios de recarga, entre otros, permite definir mejor el planeamiento de un proyecto de GMAC, ya que dependiendo de esto, se debe manejar en un principio grandes volúmenes de agua antes de obtener los volúmenes de gas esperados.

A continuación se mencionan de forma general algunos aspectos hidrogeológicos de la zona de estudio, ya que no se cuenta con estudios detallados que permitan precisar el modelo hidrogeológico característico en la misma. Desde el punto de vista Hidrogeológico, la zona de estudio pertenece a la Provincia Hidrogeológica Andina (Ingeominas, 2003- Unesco, 1996), en donde los valles y las mesetas son los grandes centros de almacenamiento de agua tanto superficial como subterránea y en donde se han identificado las siguientes unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio:

La Formación Socha Inferior (E1si). Corresponde a un sistema acuífero de extensión Regional, confinado, continuo (Sistema Acuífero Paleógeno), con una capacidad específica Baja (0.1-0.5 l/s/m) compuesto por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso y conglomeráticas y delgadas capas de arcillolitas.

Las zonas de recarga están conformadas por agua lluvia y en menor proporción por las corrientes superficiales que discurren por las pendientes empinadas que conforman estos materiales.

La formación Guaduas, unidad portadora de carbones, se constituye en un acuífero confinante del Cretácico, clasificada como un acuitardo, teniendo en cuenta su composición litológica, de arcillolitas no permeables, con solo algunos niveles de arenisca, que presentan algún grado de permeabilidad.

En el caso de las formaciones Picacho y Socha Inferior, se tienen unidades hidrogeológicas correspondientes a acuíferos. Los acuíferos libres corresponden a depósitos cuaternarios. Los Acuíferos corresponden a las formaciones Concentración y Socha Superior.

De acuerdo a lo anteriormente citado, se tiene que las condiciones sobre la influencia del agua subterránea en cuanto a la retención del gas metano pueden ser favorables en la zona de estudio, ya que se cuenta con unidades suprayacentes correspondientes a acuíferos como la Formación Socha Inferior que podría estar facilitando la retención del gas en la formación portadora de los carbones, lo cual se constituye en factor de interés en el desarrollo del proyecto.

Hacia el norte de la zona de estudio, se presenta variación de los ángulos de inclinación de las capas que en algunos casos favorece la dirección del flujo del agua hacia el eje de las principales estructurales geológicas. Sin embargo, es importante mencionar la necesidad de adelantar estudios hidrogeológicos en las zonas de interés para GMAC, que puedan aportar toda la información necesaria al momento de realizar el análisis correspondiente a la viabilidad de un proyecto de estas particularidades.

3.1.6 Población

La zona de estudio, está ubicada en el extremo nororiental del departamento de Boyacá, comprende los municipios de: Tasco, Socha y Socotá. Estos municipios, hacen parte de la Provincia de Valderrama y de la Región Centro Oriente del departamento de Boyacá, siendo el municipio de Socotá geográficamente el más extenso de la provincia.

De acuerdo al Censo Dane, 2005, la población del Municipio de Tasco corresponde a 6.707 habitantes, la de Socha a 7.364 y la de Socotá a 9.812, consolidando entre los tres un total de 23.883 habitantes.

La base de la economía en el municipio de Tasco, al sur de la zona de estudio, está determinada por actividades como: la agricultura, la ganadería, la minería del carbón y de la explotación de arenas, las artesanías, la pequeña y mediana industria y el comercio. En el municipio de Socha, la actividad principal es la minería del carbón, seguida del transporte y el comercio, también se destaca la agricultura y la ganadería pero en menor escala; mientras en el municipio de Socotá, sobresalen actividades de tipo agropecuario, de minería del carbón, tejidos en telares, obras en madera y barro.

3.2 GEOLOGIA

En el área de estudio, afloran rocas de origen sedimentario con edades del Cretácico y Paleógeno, como las formaciones Areniscas de las juntas, Fómeque, Chipaque La Luna, Pinos, Tierna, Guaduas, Socha Inferior, Socha Superior, Picacho, Concentración y Cuaternario como los depósitos coluviales y fluvio-glaciales.

Como referencia de la cartografía presentada para el área de interés, se trabajó con base en la geología del estudio de Normalización de recursos y reservas de carbón departamento de Boyacá, (Eco carbón, 1996), en escala 1:25000 y las planchas 172 Paz de Rio (Ingeominas, 1998) y 152 Soata (Ingeominas, 1987) en escala 1:100.000.

3.2.1 Estratigrafía

Las unidades litológicas presentes en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias desde el Cretácico medio al superior, representadas por las formaciones Arenisca las Juntas (K_{1aj}), Fómeque (K_{if}), Chipaque (K_{2c}), Luna (K_{2l}), Pinos (K_{2pi}), Tierna (K_{2t}) y Guaduas (K_{2E1g}); hasta rocas del paleógeno representadas por las formaciones Socha Inferior (E_{1si}), Socha Superior (E_{1ss}), Picacho (E_{2p}), Concentración (E_{2c}) y el Cuaternario con depósitos de tipo Coluvial (Q_c) y Fluvio-glacial (Q_{fg}) que se describen a continuación desde la más antigua a la más reciente.

3.2.1.1 Formación Areniscas de las Juntas (K_{1aj})

El término Formación Areniscas de las Juntas fue propuesto por Ulloa & Rodríguez (1979a), para representar la secuencia estratigráfica compuesta por dos miembros arenosos, separados por un miembro lutítico, que aflora en la carretera Guateque – Santa María de Bata entre las cuchillas del volador y el dátil. La formación areniscas de las juntas está constituida por una sucesión de capas de arenitas finas a medias, de cuarzo, grises claras a blancas, cemento silíceo, a veces calcáreo, en capas delgadas a muy gruesas, micáceas, altamente piritosas, con juegos en pequeña escala de láminas inclinadas paralelas con intercalaciones de lodolitas grises oscuras a negras.

Ulloa & Rodríguez (1979a) le asignan a las areniscas de las Juntas un espesor de 910 m en su localidad tipo.

La edad es considerada por Hubach (1945a) y Burgl (1958), como Hauteriviano, con un ambiente de sedimentación probablemente deltaico.

3.2.1.2 Formación Fómeque (K_{1f})

El término Fómeque fue propuesto originalmente por Hubach (1931) bajo la denominación de “Conjunto de Fómeque”, y posteriormente Fómeque, para designar una sucesión de capas compuestas por “esquistos piritosos, caliza cristalina, areniscas y areniscas cuarcíticas”, que afloran en la parte media de la angostura del río Une y en la región de Ubaque – Choachí – Fómeque.

Hubach (1945b) le asigna un espesor entre 500 y 600 m; Ulloa & Rodríguez (1979a) estiman para esta unidad un espesor que varía entre 800 y 1200 m.

La parte inferior de la Formación Fómeque es considerada por Hubach (1957a) como Hauteriviano, debido a la presencia de *Olcostephanus* en la base de la formación.

3.2.1.3 Formación Chipaque (K_{2c})

El término Chipaque fue empleado por primera vez por Hubach (1931) bajo la denominación del conjunto Chipaque y posteriormente como Formación Chipaque, según su autor el techo de la formación Chipaque lo forma la caliza de Chipaque. El espesor total de esta unidad litoestratigráfica es de 226.45 m.

De acuerdo con la posición estratigráfica de la formación Chipaque, su base se considera de edad Cenomaniano.

En el área de estudio afloran limolitas silíceas de color gris oscuro con láminas de arenita de grano fino y arenita de grano fino, de color gris, en capas

delgadas con Arenita de grano muy fino, de color gris oscuro en capas delgadas, laminación plano paralelo discontinua y arcillolitas de color gris oscuro, laminación plano paralelo discontinua a laminación plano paralelo continua, (Ver Figura 3).

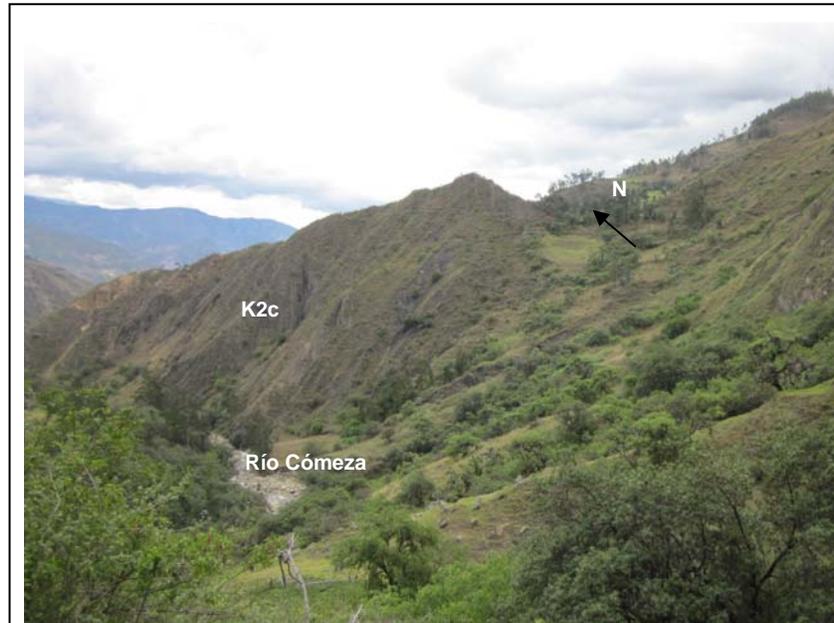


Figura 3. Afloramiento de la Formación Chipaque. Margen derecha Río Cómeza. Vereda Coscativá, Socotá.

3.2.1.4 Formación la Luna (K₂l)

Según Julivert (1968), el término “La luna limestone” fue introducido por Garner (1926), para designar la sucesión de shale calcáreo, negro, fosilífero, con concreciones de calizas negras. El nombre de la formación se deriva de la quebrada la luna, en la sierra de Perijá, Estado de Zulia, Venezuela. Posteriormente, Hedberg & Sass (1937) hacen una descripción detallada de la misma unidad litoestratigráfica y le dan el nombre de “La Luna Formation”. Notestein et al. (1944) introdujeron el término en Colombia y describen la formación la Luna en la concesión Barco, compuesta por caliza gris oscura, con foraminíferos y shale bituminoso calcáreo y nódulos de chert negro.

Esta unidad aflora en el extremo nororiental de la plancha 172 (A8, A10). Hace parte de los flancos del anticlinal de Bisbita (B7, B8 y C7), en el núcleo del anticlinal de la Chapa (B6), al nororiente del municipio de Paz de Rio, y como parte de los flancos de una extensa estructura anticlinal al occidente de los municipios de Tasco y Corrales.

En el área de estudio el espesor de la formación tiene 180 m, teniendo en cuenta las planchas a escala 1:100.000 tomadas como referencia.

Según las determinaciones paleontológicas efectuadas por varios autores, la edad de la formación La Luna en la Serranía de Perijá es Turoniano, y se torna paulatinamente más joven hacia el sur (Turoniano a Coniaciano en el Cocuy) y Maastrichtiano inicial en Paz de Rio.

3.2.1.5 Formación los Pinos (K₂pi)

Este término es propuesto por Ulloa C. para designar una serie de arcillas con intercalaciones de calizas fosilíferas (ostreas) y algunas areniscas. La formación los Pinos reposa sobre la formación La Luna y esta superpuesta por la formación Arenisca Tierna, siendo ambos contactos concordantes.

Para esta formación se propone como localidad tipo, la inspección de policía del mismo nombre (Plancha 172 Paz de Rio, A10) y como localidades de referencia el sector de Tabor, al sur de Boavita (Cuadrángulo I-13, C5) de Vargas et al. (1981); y en la cuchilla de la Artesa (Plancha 187, F5) de Fabre (1986).

En la localidad de los Pinos (municipio de Socotá), la unidad presenta un espesor de 295 m, y en el área de estudio se evidencia un espesor de 200 m, según lo observado en campo.

La edad de esta unidad en el área de la plancha 173 Tamara, según Fabre (1986), es considerada como Campaniano hasta Maastrichtiano inicial, mientras en el área de Paz de Rio es Maastrichtiano inicial, según Sarmiento, en Osorno (1994).

3.2.1.6 Formación Arenisca Tierna (K₂t)

Renzoni, G. (1968) utiliza este término para referirse conjuntamente a las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna, miembros del Grupo Guadalupe. Pérez y Salazar (1978), separa la Formación Labor y Tierna en Formación Arenisca de Labor y Formación Arenisca Tierna. Ulloa y Rodríguez (1991), no separan claramente los miembros superiores de la Formación Guadalupe, mencionan al Miembro Los Pinos como una unidad blanda.

Montoya y Reyes (2005), de acuerdo a la similitud litológica y expresión morfológica emplean en una sola unidad a las dos formaciones Arenisca Labor y Arenisca Tierna y la denominan Arenisca de Labor-Tierna.

De acuerdo a Montoya y Reyes (2005), se ha registrado para esta formación un espesor de 123m en cercanías de Cucunubá. Para la zona de estudio se

consideró un espesor de 200m, teniendo en cuenta las planchas a escala 1:100.000 tomadas como referencia.

Etayo (1964) asigna la edad como Maastrichtiano medio. (Pérez y Salazar, 1978), como Maastrichtiano Inferior. Martínez (1989 en Sarmiento, 1992) reporta la zona bentónica Siphogenerinoides bramlettei, a la que considera de edad Maastrichtiano tardío. (Fúquen y Osorno, 2005) Sugieren como edad para la Formación Arenisca Tierna el Maastrichtiano medio. En la Figura 4, se observa la formación Arenisca Tierna.



Figura 4. Afloramiento de la Formación Arenisca Tierna. Vereda Mortiño, Socha.

3.2.1.7 Formación Guaduas (K_2E_1g)

La Formación Guaduas fue descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974) para referirse a una secuencia de arcillolitas varicoloreadas, areniscas, limolitas y mantos de carbón (Ver Figura 5). Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que suprayace sobre el Grupo Guadalupe e infrayace el Horizonte del Cacho o su correlacionable Socha inferior. Alvarado y Sarmiento (1944) denominaron Formación Guaduas al conjunto de estratos de areniscas y arcillolitas que contienen mantos de carbón explotables.

En el área de estudio se registra un espesor de la formación de 200 a 300 m, lo cual es acorde a los espesores que se manejan en la plancha 172 Paz de Rio y plancha 152 Soata, a escala 1:100.000, estas tomadas como referencia.

Análisis palinológicos realizados por Van der Hammen (1957, p.197) indican que la formación Guaduas, en la sabana de Bogotá es del Maastrichtiano – Paleoceno, y considera que la sucesión estratigráfica denominada formación Guaduas en la región de Paz de Río, no comprende el Paleoceno, lo cual queda confirmado con el estudio palinológico de Sarmiento, en Osorno (1994), quien le asignó una edad de Maastrichtiano.

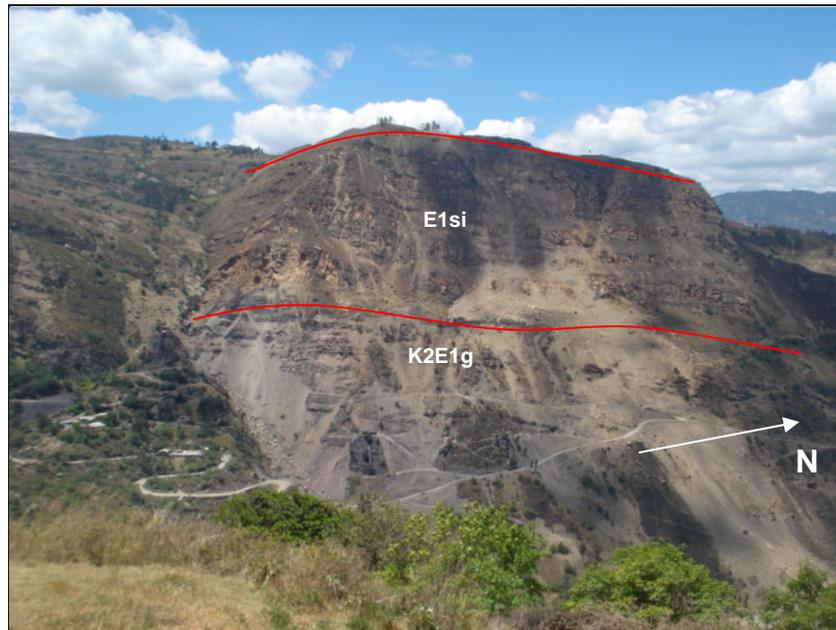


Figura 5. Trabajos de minería en la Formación Guaduas y contacto con la Formación Socha Inferior, sector Coscativá, Socotá .

3.2.1.8 Formación Socha Inferior (E_{1si})

La Formación Socha Inferior descrita por (ALVARADO & SARMIENTO 1944), se encuentra en el sector oriental de la Cordillera Oriental en la región de Paz de Río, Departamento de Boyacá, se considera como localidad tipo la sucesión litológica aflorante en Socha Viejo, allí, el espesor de la sucesión oscila entre 100 Y 150 m. De acuerdo con sus autores, "las areniscas son de grano medio, color blanco y consistencia media en su parte superior. La parte inferior del conjunto es de grano grueso y presenta zonas de grano muy grueso, hasta guijoso. Las areniscas son compactas y tienen estratificación cruzada (Ver Figura 6). En el área de estudio se observa un espesor de 160 a 170 m, lo cual es acorde a los espesores que se manejan en las planchas 172 Paz de Río y 152 Soata a escala 1:100.000, estas tomadas como referencia.

Van der Hammen (1957), según estudios palinológicos, indica para la formación Socha inferior, una edad paleocena temprana, intervalo de tiempo en el cual se

considera ocurrió la acumulación de la parte superior de la formación Guaduas y, probablemente, la parte inferior de la formación Cacho.



Figura 6. Se observa el contacto neto entre la Formación Guaduas y la formación Socha Inferior, Vereda Coscativá, municipio de Socotá.

3.2.1.9 Formación Socha Superior (E_{1ss})

El nombre Formación Socha Superior fue creado por Alvarado & Sarmiento R. (1944) para designar una sucesión de estratos de arcillas de colores gris, amarillo y verdoso, con bancos gruesos de arenisca y localmente con mantos de lignito y carbón en su parte media inferior. El espesor de la formación varía entre 180 y 400 m. Socha viejo es considerada como localidad tipo. En el área de estudio se registra un espesor de 200-300 m.

Van der Hammen le asigna una edad del Paleoceno medio al Paleoceno superior.

3.2.1.10 Formación Picacho (E_{2p})

El nombre de Formación Picacho fue dado por Alvarado & Sarmiento (1944) para designar un conjunto potente de areniscas que descansa sobre la formación Socha Superior y establece su localidad tipo en el cerro Picacho 1,5 Km al noroeste de Paz de Rio. La formación está constituida por arenisca de

color blanco, grano medio a grueso, en general friable que presenta zonas guijosas a través de toda la formación. El contacto superior con la formación Concentración es concordante y neto, y se marca en el techo de una sucesión de arenita de cuarzo media a gruesa.

Según Van Der Hammen (1957), en esta unidad no se han encontrado muestras con polen; sin embargo, basado en su posición estratigráfica, considera que su edad debe ser Eocena temprana, y establece su coetaneidad con las formaciones La Paz del Valle Medio del Magdalena, el Mirador de la concesión Barco y Hoyón del Valle Medio del Magdalena y la región de la sabana de Bogotá.

En el área de estudio, se observa arenitas de grano medio a conglomerático, en capas delgadas a gruesas de color gris verdoso a gris oscuro, moteado medio, limolitas de color negro, con láminas de arenita de grano fino, de color blanco. (Ver Figura 7).

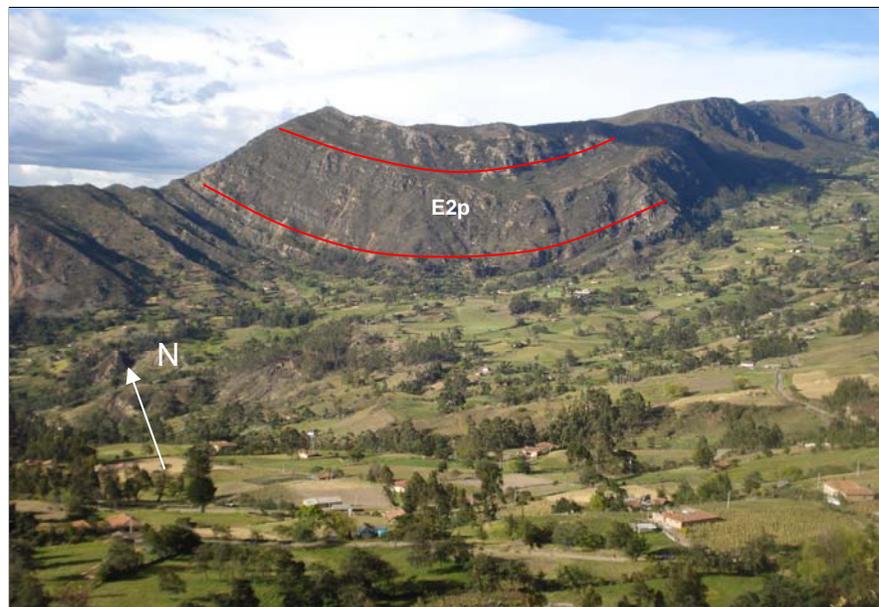


Figura 7. Formación Picacho, se evidencia hacia el núcleo del Sinclinal Rucú. Vereda Rucú, Socotá.

3.2.1.11 Formación Concentración (E_{2c})

El nombre y rango de la unidad litoestratigráfica Formación Concentración fueron dados por Alvarado & Sarmiento (1944), para designar una sucesión de arcillolitas comúnmente yesíferas y areniscas de grano fino a grueso, con

estratos de hierro oolítico, que descansa sobre la formación Picacho. Su sección tipo está localizada a lo largo del río Soapaga, entre el caserío de Concentración y el puente del Uvo (carretera Santa Rosa – Paz de Río – Socha), donde presenta un espesor que oscila entre 1368 y 1554 m.

La formación Concentración aparece muchas veces formando núcleos de sinclinales, consta en general de arcillas de tintes amarillentos y azulosos con intercalaciones delgadas de arenisca de color amarillento, grano fino, arcillosas y micáceo, en bancos delgados (Ver Figura 8). Como característica muy marcada se puede hablar de la presencia de mantos de hierro oolítico.

Según Thomas Van Der Hammen (1958, p. 93), la edad de la formación es Eoceno medio en su parte inferior, Eoceno superior a Oligoceno inferior en la parte media y oligoceno medio en su parte superior.



Figura 8. Afloramiento Formación Concentración. Vereda La Manga, Socotá.

3.2.1.12 Depósito Fluvioglacial (Qfg)

Constituido por capas muy gruesas con bloques y fragmentos subangulares de areniscas de grano fino a medio envueltos en una matriz arcillosa a arenosa, clastosoportadas y localmente imbricados. Forman abanicos, con longitud larga, laderas rectas, convexas e inclinadas (Carvajal, 2005).

3.2.1.13 Depósitos Coluviales (Qc)

Material transportado por gravedad, deshielo o principalmente por agua, de origen local producido por la alteración de las rocas in situ presentes.

3.2.2 Tectónica

La zona de estudio, se caracteriza por la presencia de una serie de pliegues afectados en su mayor parte por fallas de diferentes tipos y de ángulos mayores, que causan deformaciones, ocasionando estructuras escalonadas que inciden en la variación del espesor de las formaciones presentes y la continuidad de las diferentes capas. Los principales rasgos estructurales que modelan el área se describen a continuación:

3.2.2.1 Pliegues

Las principales estructuras plegadas existentes en el área de estudio, corresponden a Anticlinales y Sinclinales, caracterizados por estar afectados en su mayor parte por la presencia de fallas transversales y de cabalgamiento, determinando estructuras estrechas y muy fracturadas en sus flancos. Los principales, se mencionan a continuación:

Anticlinal de Bisbita. Este pliegue simétrico, está localizado hacia el Suroeste de la zona de estudio, cercano al municipio de Socha, Boyacá, en el núcleo de este anticlinal aflora la formación Chipaque y en sus flancos afloran las formaciones la Luna, los Pinos y arenisca la Tierna, con ángulos de inclinación.

Sinclinal de la Mesa. Este pliegue se encuentra ubicado hacia el sureste de la zona de estudio, en cercanías al municipio de Socha, Boyacá, en el núcleo de este sinclinal aflora la Formación Picacho y en sus flancos afloran las formaciones Socha superior y Socha inferior con ángulos de inclinación relativamente bajos que oscilan entre 7° a 27°, al norte es afectado por la falla El Cóndor.

Anticlinal de Socotá. Este anticlinal se ubica hacia la parte media de la zona de estudio, su núcleo se encuentra cubierto por un depósito Coluvial y sus flancos están conformados por las formaciones Socha superior, Socha inferior, Picacho, presentando ángulos de inclinación relativamente bajos en un rango de 11° a 40°.

Sinclinal Rucú – Guatamo. Esta estructura simétrica, presenta una orientación Noreste- Sureste, el núcleo de este sinclinal lo conforma la Formación Socha Superior, en algunos sectores, se identifica la formación Concentración y en otros, se encuentra cubierto por un depósito Coluvial. Sus flancos están conformados por las formaciones Socha Superior, Socha Inferior

y Guaduas, es afectado hacia el sur por fallas menores de desplazamiento (Ver Figura 9).



Figura 9. Sinclinal Rucú. Sinclinal asimétrico y buzante. Vereda Rucú, Socotá.

3.2.2.2 Fallas

La zona de estudio, se caracteriza por una fuerte actividad tectónica, originada por la presencia de fallas de diferente tipo como de cabalgamiento, normales, de rumbo, observándose en el relieve la presencia de bloques que ascienden y descienden y que limitan el avance minero de la zona. Los principales estructurales, se describen a continuación:

Falla el Tirque. Falla de tipo inverso con el bloque oriental levantado respecto al occidental, presenta una extensión de 12 Km aproximadamente, su trazo va desde el sureste de la zona de estudio hasta la parte Noroeste de la misma, cerca al municipio de Socha y Socha viejo, a lo largo de su trazo esta falla pone en contacto la formación los pinos y Tierna con la formación Guaduas (Ver Figura 10).



Figura 10. Trazo de la Falla el Tirque, pone en contacto la Formación Los Pinos con la Formación Guaduas. Socha.

Falla de Cómeza. Falla de tipo inverso con el bloque oriental levantado respecto al occidental, se presenta en la parte media inferior Sur este de la zona de estudio y se prolonga hacia el Noroeste con una extensión de 15 kilómetros aproximadamente (Ver Figura 11).



Figura 11. Falla Cómeza. Trazo paralelo al curso del Río Cómeza. Socotá.

Falla El Cóndor. Falla de tipo inverso con el bloque occidental levantado respecto al bloque oriental, se ubica hacia la parte media de la zona de estudio, presenta una dirección Noreste, con una extensión de 10 a 12 Km, hacia la parte media de su trazo se encuentra con la falla el Gallinazo.

Falla El Gallinazo. Falla de tipo inverso que presenta pone en contacto las formaciones Guaduas y Socha Superior e Inferior. Su trazo se prolonga desde la falla el Cóndor hasta la parte norte de la zona de estudio con una extensión de 14 Km aproximadamente (Ver Figura 12).



Figura 12. Falla El Gallinazo, la cual divide el Sinclinal Rucú hacia su cierre en un trazo paralelo al eje del mismo. Vereda Guatatamo, Socotá.

Falla de Coscativá. Falla de tipo inverso presentando su bloque oriental levantado respecto al occidental, su trazo se prolonga desde la parte media de la zona de estudio con una extensión de 14 Km aproximadamente, esto hasta la parte Noroeste de la misma.

Falla Alto Grande. Falla de tipo inverso que presenta su bloque oriental levantado, su trazo presenta una extensión de 8 Km aproximadamente, desde la parte media de la zona de estudio hasta la parte norte de esta, en la parte sur, esta falla pone en contacto la formación la Tierna con la Formación Guaduas (Ver Figura 13).



Figura 13. Falla Alto Grande. Vereda Cómeza. Coscativá.

3.3 SECTORES EVALUADOS PARA EXPLORACIÓN DE GMAC

La selección de los sectores más favorables para realizar el estudio de GMAC en el país, tiene como referente el avance en el estudio de las principales zonas carboníferas en el mismo; como se mencionó en los informes anteriores se destaca los estudios y el desarrollo minero alcanzado en las Zonas carboníferas de Cundinamarca y Boyacá. Luego de analizar una de las estructuras más continuas e importantes en estas áreas, el Sinclinal Checua Lenguazaque, se orientaron los trabajos hacia el norte de Boyacá, encontrando estructuras de tipo anticlinal y sinclinal en un área ubicada entre los municipios de Tasco y Socotá. La información minera registrada previamente allí (Diagnóstico, 2010) identifica este sector como uno de los de mayor interés para adelantar proyectos de GMAC, esto sumado a algunas mediciones de contenidos de gas metano realizadas por el Grupo de Investigación de la UPTC sobre gas metano en el año 2012 (información suministrada a través de comunicación directa con el Dr. Jorge Mariño), dio cuenta sobre la decisión de enfocar la exploración de GMAC hacia esta zona.

La unidad geológica de interés en la zona de estudio definida, la constituye la formación Guaduas (K2E1g); allí, Ecocarbón en el año 1996 adelantó el Programa de Normalización de Recursos y Reservas de carbón (Departamentode Boyacá), definiendo para ello tres (3) sectores de evaluación denominados de sur a norte como: Cuitiva - Sogamoso, Sogamoso – Tasco, Tasco – Jericó, en este último, se localizó el área de exploración GMAC 2013.

Este sector carbonífero, se caracteriza por la identificación de 12 bloques carboníferos, de los cuales se destacan para el estudio los bloques: La Carbonera, Rucú, Guatatamo, El Pozo, Coscativá - Curital y Cabreritas. En estos, se logró obtener información de hasta 8 mantos de carbón, con espesores entre 0,50m a 3,50m y calidades correspondientes a carbones tipo Bituminosos Alto volátiles (Bav) y Bituminosos medio volátiles (Bmv).

Partiendo de esta información, los trabajos en superficie fueron orientados a recopilar datos sobre las características de los mantos que trabajaban las diferentes minas del área de estudio, junto con la revisión de la geología existente, lo cual permitió identificar algunos mantos, en cuyos trabajos se ha detectado una concentración importante de gas metano y se conoció sobre la ocurrencia de accidentes e incluso de muertes por explosiones. Los mantos que mayor información referente al objeto del estudio presentaron corresponden a los mantos M2 (nomenclatura de base a techo) o M7 (nomenclatura de techo a base) y M6 (nomenclatura de base a techo). En las labores que desarrollan trabajos en estos mantos, se destaca, que la ventilación debe llevarse a cabo durante las 24 horas, es decir de forma constante y continúa.

Del área de estudio, objeto de revisión cartográfica, se definieron 3 sectores GMAC con el fin de puntualizar los aspectos geológicos y estructurales de los mismos y así definir los sitios donde se adelantaron las perforaciones, teniendo en cuenta como se mencionó anteriormente los bloques carboníferos identificados en la zona de estudio (Ecocarbón, 1996), los cuales en algunos casos se unieron para definir estos sectores. Estos sectores se denominaron de sur a norte: Mortiño-El Pozo, ubicado en el municipio de Socha, Coscativá y Rucú-Guatatamo, ubicados en el municipio de Socotá, (Ver Figura 14).

Estos sectores, se caracterizaron por presentar información representativa de mediciones de metano en frente de mina de acuerdo a la información suministrada por trabajadores, encargados e Ingenieros de las minas objeto de referencia para el presente estudio. Además de la información anterior, en los sectores se evaluó las características topográficas, de vías de acceso, fuentes hídricas presentes, ángulos de inclinación de las capas. La delimitación de los mismos, comprende el área de influencia en donde se localizaron minas (Ver Anexo A) cuya actividad minera registró mayores mediciones de metano (entendiéndose las que el minero realiza diariamente antes de iniciar trabajos, con el empleo de un multidetector) y como se mencionó anteriormente en ocasiones corresponden a la unión de varios bloques carboníferos.

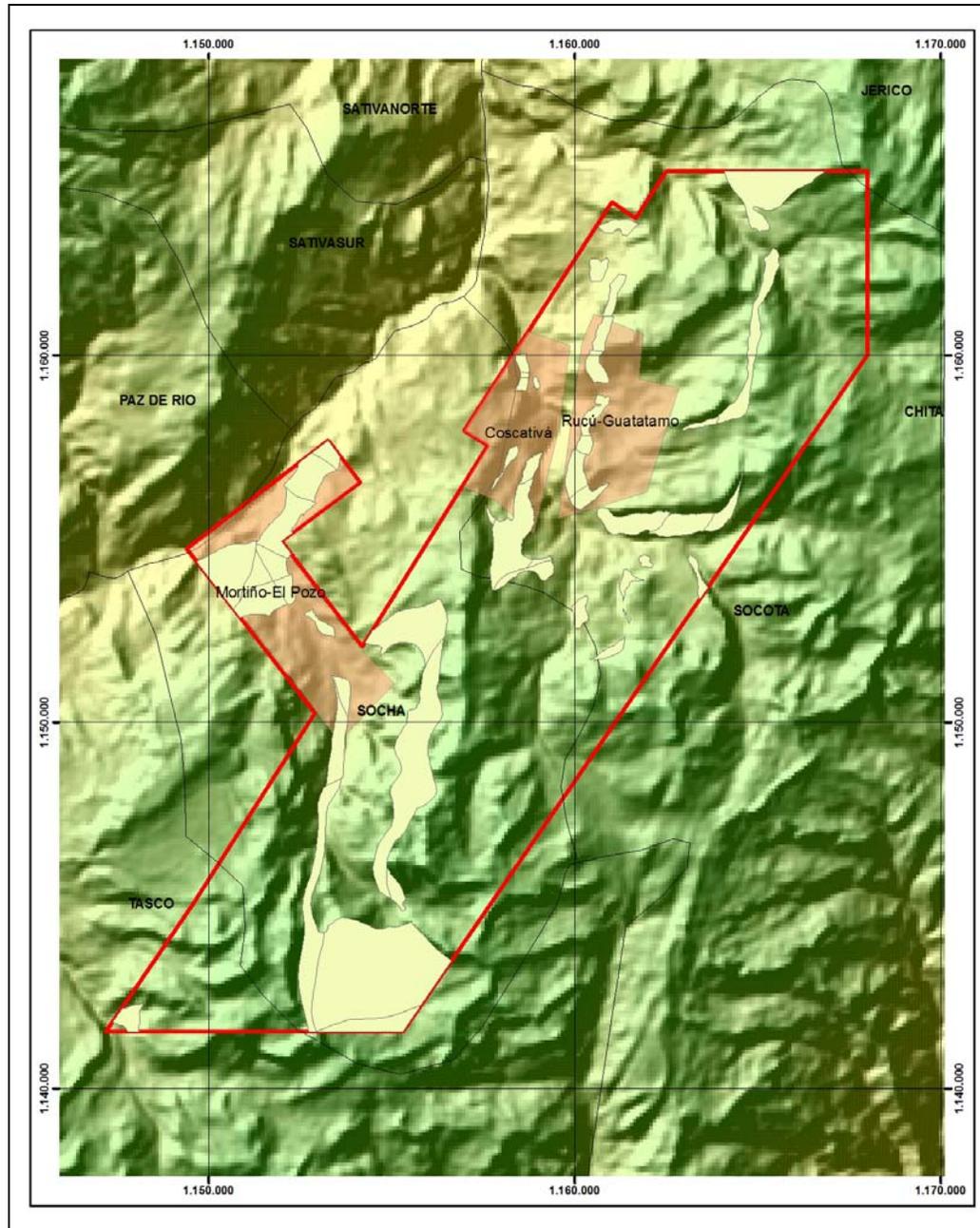


Figura 14. Localización sectores analizados para exploración de GMAC en la zona de estudio.

Del análisis realizado en cada sector, se seleccionó como mejores alternativas para el desarrollo de las perforaciones, los sectores: Coscativá y Rucú-Guatatamo. El sector Mortiño - El Pozo, aunque es muy atractivo por la información obtenida sobre metano, posee como limitantes para la ubicación de los pozos, el avance de las minas (los cuales se registran hasta de 500 m), la proximidad a los trabajos de la empresa Minas Paz de Río S.A y al casco urbano del municipio de Socha, la influencia del complejo del Páramo de Pisba. Sin embargo, para futuros trabajos, a continuación, se hace mención de las características de todos los sectores evaluados en el estudio.

3.3.1 Sector Mortiño – El Pozo (Socha)

Localización. Este sector se encuentra localizado entre las veredas Mortiño y El Pozo, ubicadas al Occidente y sur respectivamente del municipio de Socha (Ver Figura 15)

Vías de acceso. Para acceder a este sector se toma la vía que de Socha conduce a Paz de Río en el departamento de Boyacá, avanzando 8km aproximadamente, se toma la vía hacia el oriente dirigiéndose así hacia la vereda El Pozo. Para acceder al costado oriental del sector, se parte desde el casco urbano del municipio de Socha, tomando la vía que conduce hacia Bisbita y El Mortiño, en un trayecto aproximado de 9 km.



Figura 15. Sector GMAC Mortiño – El Pozo. ubicado al suroccidente del municipio de Socha (Boyacá).

Características de los mantos. En este sector, se adelantan trabajos en 7 mantos, en algunos títulos mineros trabajan hasta 8, siendo identificados en la mayor parte del área en una secuencia de techo a base (se incluye en la nomenclatura el Manto 0), los espesores varían entre 1.0 a 3.5 m (Ver Columna 1). Estos mantos, se caracterizan por presentar propiedades coquizables.

Los respaldos de los mantos de interés son principalmente arcillolitas y limolitas de color gris.

El sistema de fracturamiento natural (SFN) se ha identificado como definido, sobresaliendo los face cleats hacia techo, con fracturas sin relleno en los mantos M2, M1 y M6; en los restantes mantos en general se describe como poco definido a sin definir.

Información minera. De acuerdo al recorrido, reconocimiento y socialización realizada en las minas de este sector, se tiene que las mediciones de Metano efectuadas en los frentes de mina que desarrollan trabajos en los mantos anteriormente mencionados, registran concentraciones de gas importantes principalmente en los mantos: M2 y M6 (nomenclatura de base a techo), con valores que superan los límites permisibles ($CH_4 > 1\%$), en ocasiones presentando accidentes por explosión. Los avances en las labores mineras se desarrollan entre los 250 a 500m.

Geología. Los carbones de interés se localizan en la formación Guaduas (K2E1g), que reduce su espesor hacia el norte del departamento de Boyacá (250 a 350 m). El sector, se caracteriza por su gran complejidad estructural, evidenciada en la presencia de fallas de tipo inverso, normal, de rumbo, las cuales causan interrupción en la continuidad de los mantos existentes. Es de interés la existencia entre otras de la Falla El Tirque, la cual coincide su trazo con el curso de la quebrada del mismo nombre, esta falla ocasiona la repetición de la secuencia carbonífera y el origen de varios bloques carboníferos. Además de la anterior, se destacan las Fallas Mesa Alta, Central, El Pozo, Bachauta, Los Caracoles, Quebrada Honda.

La inclinación de las capas posee un rumbo entre N 10° a 80° E con buzamientos entre 4° y 37° al SE principalmente (Ver Mapa Geológico 2 y 4).

Análisis del sector. De acuerdo a los factores anteriormente mencionados, se concluye que es un sector que podría presentar una buena información sobre contenidos de Gas Metano Asociado al Carbón (GMAC), puesto que en la mayoría de las minas se registra de manera significativa concentraciones del gas, pero debido a la complejidad estructural evidenciada, a la cercanía con el

casco urbano del municipio de Socha y con la empresa Minas Paz de Río S.A., el avance de las labores mineras, las restricciones de tipo ambiental existentes hacia el oriente del mismo por encontrarse allí la delimitación del Complejo del páramo de Pisba; el desarrollo de un proyecto piloto sobre GMAC es poco atractivo, sin embargo se hace análisis del mismo, teniendo en cuenta el muestreo para medición de contenidos de gas metano efectuado en algunas minas, estableciendo información sobre el potencial a nivel de Recursos.

3.3.2 Sector Coscativá (Socotá)

Localización. Este sector se encuentra localizado en la Vereda Coscativá al occidente del municipio de Socotá, Boyacá, (Ver figura 16).

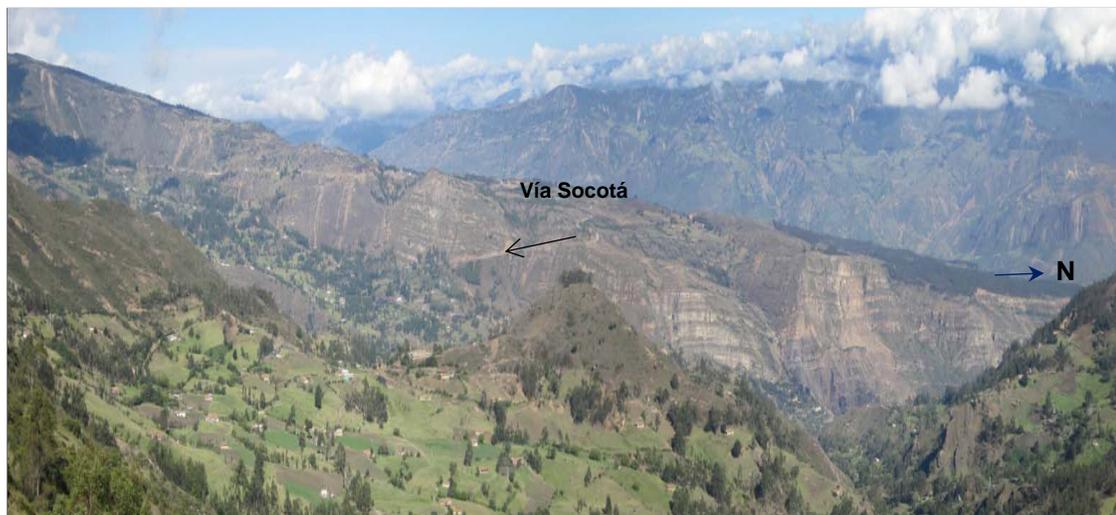


Figura 16. Sector de interés denominado Coscativá. Flanco occidental del Anticlinal de Socotá.

Vías de acceso. Para acceder a este sector se toma la vía que desde el municipio de Paz del Río conduce a Socotá, aproximadamente a 15 km, en donde se encuentra el sitio conocido como Alto de Sagra, lugar donde se localiza centros de acopio de carbón; siguiendo esa vía y a 3km aprox. se llega a la vereda Coscativá del municipio de Socotá, que conforma el sector de estudio.

Características de los mantos. En este sector se han identificado hasta 7 mantos de carbón, denominados (base a techo): M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, con espesores entre 0.60 a 2.50 m (Ver Columnas 2 y 7). Los respaldos de los mantos son principalmente limolitas arcillosas, hacia el techo de la formación,

se identifican mantos con algunos niveles de arenita de grano fino como respaldos superiores.

Los respaldos de los mantos de interés son principalmente arcillolitas y limolitas de color gris con algunos niveles de arenitas como respaldos superiores en los primeros mantos que se encuentran de techo a base.

El sistema de fracturamiento natural de los carbones, es definido, sobresaliendo los face cleats hacia techo, con fracturas sin relleno en los mantos M2 y M6, en los restantes mantos en general se describe como poco definido a sin definir.

Información minera. De acuerdo a la información suministrada en las minas de este sector, se tiene que se han registrado avances en las labores mineras de hasta 500m. Los trabajos que reportan mayores dificultades por la presencia de gas metano corresponden a los adelantados en los mantos M2 y M6, se han registrado accidentes por explosiones.

Geología. Los carbones de interés forman parte de la formación Guaduas. Este sector, se caracteriza por la presencia de fallas de tipo normal que han originado el levantamiento y hundimiento de bloques, que imprimen al relieve unas condiciones especiales con pendientes altas donde se desarrolla la minería. Los ángulos de inclinación de las capas de la secuencia carbonífera varían entre 5° y 36°. Se destacan las fallas de tipo normal: la Carbonera, Los Hoyos, Las Cuartas, Llano Largo, El Burro, Perdida, las cuales poseen desplazamiento tanto en el componente vertical como en el horizontal y producen interrupción en la continuidad de los mantos.

Análisis del sector. De acuerdo a las características descritas en este sector, se tiene la presencia de una serie de bloques levantados y hundidos que limitan el desarrollo de las labores mineras y por ende de las proyecciones realizadas para las perforaciones, sin embargo es de gran interés puesto que allí se han realizado pruebas en algunos mantos obteniendo muestras en frente de mina con muy buenos resultados en las mediciones de GMAC.

Los primeros mantos presentes en la Formación Guaduas hacia el techo, se encuentran a distancias muy cortas al contacto con la formación Socha Inferior (E1si), lo cual define la necesidad de ubicar las perforaciones por encima de la misma, hecho que contribuye a obtener una mejor cobertera en el muestreo esperado y por ende mayores concentraciones del gas a medida que se cubre la secuencia carbonífera.

Por las anteriores razones, se seleccionó este sector para adelantar un pozo exploratorio y estratigráfico denominado Socotá-1.

3.3.3 Sector Rucú - Guatatamo (Socotá)

Localización. El sector objeto de estudio está conformado por las Veredas Rucú, San Pedro, Parpa y Guatatamo, localizadas hacia el oriente del municipio de Socotá. (Ver Figura 17).

Vías de acceso. Para acceder al sector, se toma la vía que desde el casco urbano del municipio de Socotá conduce a la vereda Guatatamo, esta atraviesa el sector de norte a sur.



Figura 17. Sector GMAC Rucú –Guatatamo. Corresponde a parte del Flanco occidental del Sinclinal de Rucú.

Geología. Los carbones de interés forman parte de la Formación Guaduas. Los límites del sector se han establecido hacia el norte hasta la falla La Playa y al sur hasta la Falla El Gallinazo y el cierre del Sinclinal Rucú.

En este sector, las capas presentan buzamientos entre 11° a 37° , con presencia de fallas de tipo inverso como la Falla El Gallinazo y de rumbo caracterizadas por tener un componente vertical y horizontal, como las fallas: La Playa, Omichote, La Loma, El Volcán. Entre estas fallas, se ha identificado en los trabajos mineros la presencia de pliegues a menor escala, que inciden en la variación en el espesor de los mantos.

Características de los mantos. Los mantos de interés, poseen espesores que varían entre 0.60 a 2.80 m. Se trabajan 7 mantos denominados (base a techo):

Manto 1, Manto 2, Manto 3, Manto 4, Manto 5, Manto 6, Manto 7. (Ver columnas 4, 5, 6 y 8).

Los respaldos de los mantos de interés son principalmente arcillolitas y limolitas de color gris.

El sistema de fracturamiento natural (SFN) se ha identificado como definido, sobresaliendo los face cleats hacia techo, con fracturas sin relleno en los mantos M2, M1 y M6, en los restantes mantos en general se describe como poco definido a sin definir, con presencia de diaclasas sin relleno dispuestas en forma diagonal a los face cleats.

Información minera. De acuerdo a información de las minas, en los trabajos de los mantos M2 básicamente, se ha registrado mediciones de CH₄ con valores que superan el permisible. De acuerdo a lo registrado en campo, el avance en las labores mineras hacia el sur, en algunos casos, llega a los 800m, hacia el norte, los trabajos alcanzan los 500m. Se observan igualmente trabajos recientes y vestigios de labores antiguas de las cuales no se tiene conocimiento en cuanto a su avance, se evidencian hacia el norte del sector.

Análisis del sector. El sector posee una topografía suave a inclinada, con baja influencia tectónica, se registra información importante sobre mediciones de gas metano, posee poca información sobre exploración, solo la correspondiente al desarrollo minero. Por su relativa tranquilidad tectónica se consideró este sector para desarrollar la segunda perforación de GMAC.

4. GEOLOGÍA DEL SUBSUELO

Como una de las fases en la metodología empleada para determinar el potencial de GMAC en un sector de interés, se tiene la fase de Geología del Subsuelo, mediante la cual, se desarrollan actividades encaminadas a conocer las características físicas de los materiales presentes en el mismo; en este caso se hace especial énfasis en determinar el comportamiento de las diferentes capas de carbón presentes en los sectores con mejores perspectivas para adelantar proyectos de este tipo. La información obtenida se basó en la realización de dos perforaciones en los sectores determinados, donde además se corrieron registros eléctricos y de Temperatura; esta información fue complementada con los datos adquiridos en las diferentes minas, lo cual permitió definir de forma más acertada la secuencia carbonífera en la zona.

4.1 DESARROLLO DE PERFORACIONES

Con el fin de conocer las características de los mantos y realizar las mediciones de contenidos de gas en los mismos, se llevaron a cabo dos perforaciones una con una profundidad de 425,0 m y otra de 510,0 m. Los pozos perforados se denominaron, de acuerdo al municipio donde se localizaron como Pozo Socotá-1 y Socotá-2 respectivamente (Ver Figura 18). En cada uno de ellos, se realizó la descripción de núcleos y se corrieron registros eléctricos tales como: Resistividad, Potencial Espontáneo, Densidad, Gamma Ray, Temperatura. A continuación, se describen los principales aspectos técnicos de los pozos realizados.

4.1.1 Pozo Socotá-1

Localización. Este pozo, se ubicó en el sector GMAC Coscativá, en la vereda del mismo nombre, localizada en el municipio de Socotá (Ver Figura 19), cuyas coordenadas corresponden a:

Norte	Este	Altura (msnm)
1157786	1158336	2695

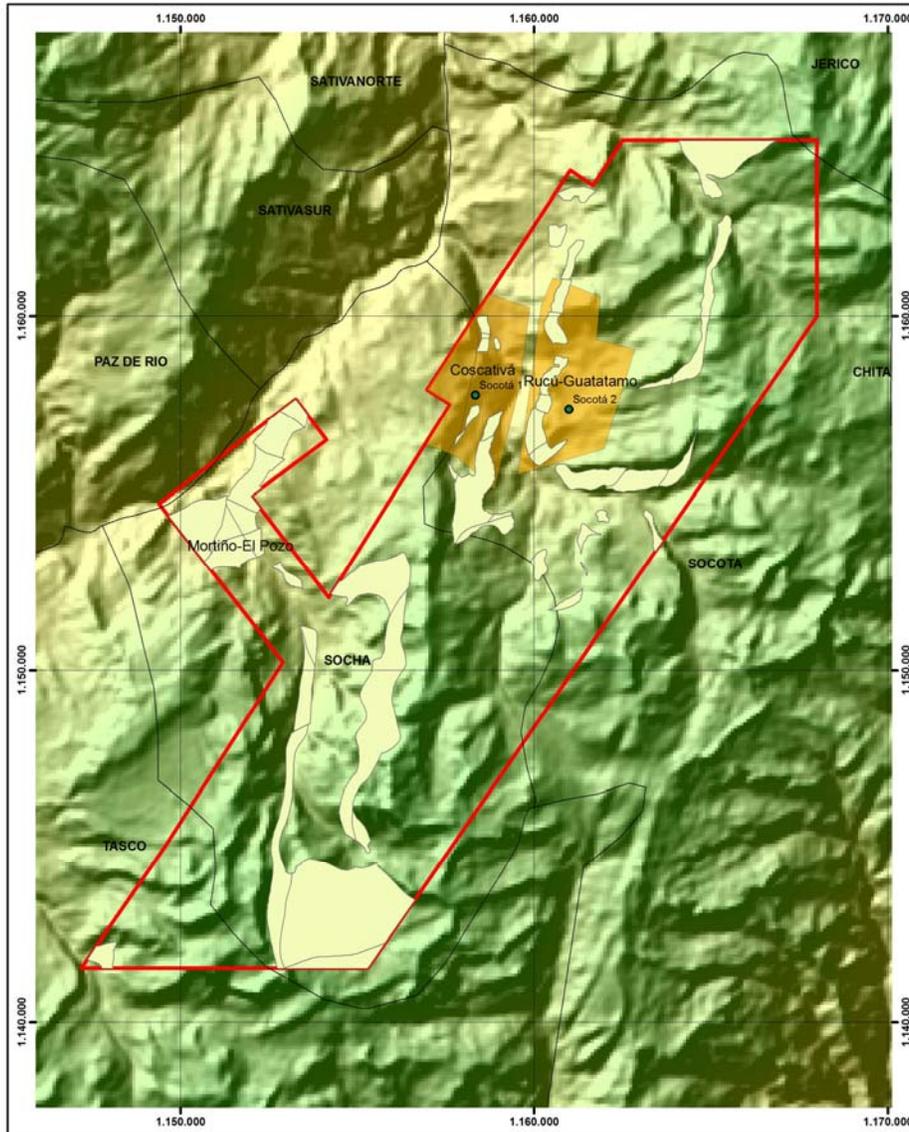


Figura 18. Localización perforaciones realizadas en la exploración de GMAC.



Figura 19. Montaje del Pozo Socotá-1, Vereda Coscativá, municipio de Socotá.

Estratigrafía. El material principalmente que cortó este pozo fue arenitas de grano fino a medio, arcillolitas de color gris claro, limolitas de color gris, se registraron 8 capas de carbón de interés, entre las cuales están los mantos: Manto1, Manto2, Manto3, Manto4, Manto5, Manto6, Manto7, que fueron objeto de muestreo para medición de contenidos de CH₄.

Los ángulos de buzamiento oscilaron entre 12° y 32°.

Desarrollo. Se empleó para el desarrollo de la perforación un taladro LONGYEAR 44-1 de corazonamiento continuo, provisto con el sistema Wireline y bombas de lodo Been Royal 535, GMC Y FXD, con brocas de diamante y barriles de corazonamiento HQ para recuperación de núcleos y Tubería Regular 2-7/8" para la Perforación abierta (Ver Anexo B).

Se instaló revestimiento (CASING) hasta los 56,76 m. diámetro HW que al final de la perforación fue recuperado.

El almacenamiento de los núcleos se realizó desde los 93.00m de profundidad, con la respectiva descripción litológica, desde la profundidad 0 hasta los 93.00m se recuperó muestra de ripios cada 3.0 m. Estos núcleos reposan en la Litoteca del Servicio Geológico Colombiano. La recuperación de los núcleos en general fue del 97%.

Se empleó agua con bentogel como lubricante de perforación.

4.1.2 Pozo Socotá-2

Localización. Se ubicó en la vereda Parpa del municipio de Socotá (Ver Figura 20) en las coordenadas:

Norte	Este	Altura (msnm)
1157381	1160981	2867

Estratigrafía. La secuencia corresponde a rocas de la formación Socha Superior, Socha Inferior y Guaduas, conformadas por arenitas de grano fino a medio, Arcillolitas abigarardas con niveles de arenitas arcillosas y limolitas de color gris claro y por último alternancia de Arcillolitas y limolitas de color gris y mantos de carbón respectivamente. Se registraron 5 capas de carbón de interés, con espesores variables, algunos de ellos con intercalaciones (partings) de arcillolita o lutita carbonosa, solo tres capas fueron muestreadas para medición de CH₄, debido a la dificultad en la recuperación de las mismas, el material se encontraba muy fracturado, poco compacto, entre los cuales están los mantos: M6 y M5.

Los ángulos de buzamiento oscilaron entre 20° a 37°. Con muchas variaciones a profundidad y evidencias en los núcleos de fracturamiento vertical.



Figura 20. Montaje del Pozo Socotá-2, Vereda Parpa, municipio de Socotá.

Desarrollo. El equipo empleado en la perforación correspondió a un Taladro LONGYEAR LF 90D de corazonamiento continuo, provisto con el sistema Wireline, con capacidad para perforar en cualquier dirección y bombas de lodo Been Royal 535, GMC Y FXD, con brocas de diamante y barriles de corazonamiento HQ para recuperación de núcleos, tubería Regular 2-7/8" para la perforación abierta, HW (4½" de diámetro), como revestimiento y HQ (3 1/2" de diámetro), para perforar (Ver Anexo B).

Teniendo en cuenta inconvenientes en el inicio del pozo por obstrucción en el avance a causa de la existencia de un tubo suelto que no pudo ser pescado, se movió aproximadamente 5.0 m el punto donde el avance se desarrolló sin mayores inconvenientes. En el primer punto se llegó a una profundidad de 79.25m., en el segundo punto, se realizaron los 150.0m iniciales con recuperación de muestras de ripio, cada 3.0m, de esta profundidad y hasta los 510.0m., se realizó perforación con recuperación de muestra corazonadas, empleando tubería HQ y brocas impregnadas. Estos núcleos reposan en la Litoteca del Servicio Geológico Colombiano.

Se instaló revestimiento (CASING) hasta los 90.0 m. en diámetro HW que al final de la perforación fue recuperado.

La recuperación en general de los núcleos fue del 82%, obteniéndose importante pérdida en la recuperación de las capas de carbón.

4.2 INCONVENIENTES REGISTRADOS DURANTE LAS PERFORACIONES

En el desarrollo de los pozos para el proyecto de exploración, se presentaron los siguientes inconvenientes (Ver Anexo B):

- Pérdidas de circulación por las fracturas generadas en capas de areniscas y de carbón, situación que fue estabilizada con la utilización de polímeros, aditivos PAC, PHPA, AUSDET y cristales de AMC y realización de cementación en algunos tramos.
- Presencia de material muy fino en el lodo de perforación en cantidades considerables que ocasionó deterioro en los equipos de circulación y bombeo.

4.3 ANÁLISIS GEOLÓGICO DE LOS POZOS PERFORADOS

A partir de registros de pozo se ha podido definir en forma más precisa la secuencia carbonífera presenta en los sectores d interés, donde además se ha podido conocer información importante en el proceso de cálculo del potencial de

GMAC, como espesor de los mantos, inclinación de las capas, rocas adyacentes a los mantos de carbón, a continuación se describe los registros corridos en los pozos y el comportamiento de los mismos principalmente en las capas de carbón identificadas.

4.3.1 Registros de Pozo

Los registros eléctricos se constituyen en una herramienta importante en la exploración de recursos minerales en general; en el caso de los mantos de carbón, permiten determinar tanto propiedades físicas como algunas características de los mismos en contraste con las rocas que infrayacen y

suprayacen estas capas, tales como baja radioactividad natural, baja densidad, alta resistencia a la corriente eléctrica, espesor de las capas, características litológicas, contenido de fluidos, profundidad de los diferentes estratos. A continuación, se hace una breve descripción sobre su importancia y uso para posteriormente presentar los resultados obtenidos en las perforaciones adelantadas (Ver Anexo B).

4.3.2 Registro de Rayos Gamma

Este registro mide la radioactividad natural del carbón proveniente de la desintegración de tres elementos Uranio, Torio, Potasio. Se emplea en la determinación de la arcillosidad en las formaciones permeables, puede contribuir a detectar los mantos de carbón a través del revestimiento, ya que el carbón tiene una radioactividad natural baja en comparación con otros tipos de roca (Wood et al, 2003).

4.3.3 Registro de Densidad

El registro de densidad en un pozo, permite identificar la densidad media de las capas presentes a través de una fuente radioactiva dispuesta en una sonda, que detecta el número de rayos gamma emitidos por las rocas. A mayor densidad de las rocas más rayos gamma son absorbidos y menos retornan al detector (Wood et ál., 2003). Las unidades empleadas para expresar el valor de densidad son gramos/cm³. La mayoría de capas de carbón poseen una densidad baja entre 0.7 a 1.8 gramos/cm³, por tanto este registro se considera importante en la determinación de los espesores de estas capas. De acuerdo a Wood et ál. (2003), el registro de Densidad, puede también aportar información referente a composición y rango del carbón, ya que carbones con altos contenidos de cenizas poseen un valor mayor de densidad comparado con capas de carbón con bajos porcentajes en cenizas.

4.3.4 Registro Temperatura

El registro de Temperatura, permite determinar un perfil a lo largo del pozo con el fin de identificar las variaciones de la misma con respecto a la profundidad y a los materiales que atraviesa. Con este registro se pretende establecer una referencia sobre la temperatura de cada manto de carbón in situ, de tal manera que esta información permita simular luego en el laboratorio las condiciones propias del yacimiento para la realización de las mediciones de contenidos de gas metano.

4.3.5 Registros de Resistividad

A través de este registro, se mide la resistividad eléctrica o capacidad que presentan las rocas de conducir la electricidad cuando están saturadas por agua. Las unidades en que se expresa estas medidas corresponden a Ohm-m. Este registro se emplea entre otras, para determinar espesores de capas, teniendo en cuenta que la resistividad en una roca varía según su dureza y el fluido que contiene. Las arcillolitas presentan resistividades bajas y constantes, comparadas con el carbón, que posee resistividades altas.

Basados en estos principios, se corrieron los registros en mención, obteniéndose variaciones en los valores reportados de acuerdo al tipo de material que compone la litología de cada pozo. Los resultados se expresan para cada pozo así:

4.3.6 Interpretación de Registros

Con el fin de determinar las características de las rocas presentes en cada uno de los pozos realizados, en especial la de los mantos de carbón, se adelantaron registros eléctricos y de Temperatura, los cuales se describen a continuación (Ver Anexo B):

4.3.5.1 Pozo Socotá-1

Registros. Los registros corridos en el Pozo Socotá-1, corresponden a Temperatura, Gamma Natural, Densidad, Resistividad. La toma de los registros eléctricos se realizó por dentro de la tubería una vez terminado el pozo. Inicialmente se realizó el registro de Densidad, luego el registro Gamma y por último el de Temperatura. Para el registro de Temperatura, se sacó la tubería, y se corrió el registro hasta el frente de la perforación (Ver Figuras 21 y 22).

La toma del registro eléctrico se realizó utilizando el equipo de marca Mount Sopris, modelo MGX-II, Matrix, acoplado directamente a un computador Portátil, HP, utilizando el software Logshell Matrix y Wellcad, para el manejo de las

sondas y procesamiento de la información, las curvas se graficaron en escala 1:200.



Figuras 21 y 22. Equipos empleados en la ejecución de Registros Eléctricos Pozo Socotá-1.

Registro Gamma Ray. Los intervalos del registro presenta valores que varían entre 0 y 210 cuentas por segundo (cps), los valores promedios presentes en el registro son medios altos debido a la presencia de material tipo arcillolitas y limolitas. Las capas de carbón, presentan valores medios de radioactividad con valores entre 18 y 45 cps.

Registro de Densidad. La escala empleada para este registro esta entre 0 a 3 g/cm³, registrándose en el caso de las capas de carbón valores entre 1.10 g/cm³, a 1.30 g/cm³, para los demás materiales como las arcillolitas y limolitas se registraron valores entre 1.1 g/cm³. a 2.2 g/cm³.

Registro de Temperatura. La escala de valores empleada en este registro esta entre 6 y 31 °C., la curva obtenida, permite identificar un aumento de la temperatura con la profundidad, teniendo en cuenta el valor registrado en superficie de 18 °C, la variación de temperatura en cada capa de carbón presenta una variación muy leve, en la primera capa se registra una temperatura de 19°C en relación con el último manto que registra una temperatura de 24°C y se identificó a una profundidad de 412, 0 m.

Resistividad. Los valores obtenidos están expresados en unidades de ohm- m., las capas de carbón identificadas han registrado valores entre 225 a 455 Ohm – m, presentando valores de resistividad altos comparados con los valores de materiales como las arcillolitas.

4.3.5.2 Pozo Socotá-2

Registros. En el Pozo Socotá-2, se corrieron registros de Temperatura, Rayos Gamma, Densidad, Resistividad hasta una profundidad de 510,0 m (Ver figura 23).



Figura 23. Toma de registros en el Pozo Socotá-2.

La toma de los registros se realizó una vez culminó el pozo y sin la tubería. Inicialmente se corrió el registro de temperatura, luego los registros Gamma, Densidad finalmente, se tomaron los registros de resistividad, hasta alcanzar la profundidad total del pozo.

Registro Gamma Ray. Este registro, se tomó utilizando una escala de 0 a 240 cuentas por segundo (cps), los valores promedios presentes en el registro son medios altos en razón a la predominancia de capas arcillo limosas, los niveles de carbón presentan valores de radiactividad entre 48 y 80 cps.

Registro de Densidad. Respecto al registro de Densidad corrido, se toma como referencia una escala entre 0 a 3 g/cm³. La sonda indicó valores entre 0.9 a 1.3 g/cm³ para las capas de carbón y valores de 1.75 a 2.3 g/cm³ para las capas de arcillolitas y limolitas.

Registro de Temperatura. Para este registro, se empleó una escala entre 18° y 28 °C, con un valor cerca de la superficie de 18 °C. La primera capa de carbón registra una temperatura de 25°C y la última capa identificada a 432,70 m,

registra una temperatura de 26°C. No se observa variación significativa en la temperatura en el segmento en el cual se encuentran los mantos de carbón.

Resistividad. Los valores obtenidos están expresados en unidades de ohm- m., las capas de carbón identificadas han registrado valores entre 414 a 520 Ohm – m, presentando valores de resistividad altos comparados con los valores de materiales como las arcillolitas.

4.4 SELLAMIENTO

Una vez terminado los pozos con sus respectivos registros eléctricos se procedió al sellado de los mismos, para lo cual se construyó un mojón con una placa en cemento acompañado de una placa en aluminio, en la cual se registró la información sobre: nombre del pozo, las coordenadas, Entidad contratante, Contratista, profundidad alcanzada y año (Figura 24).



Figura 24. Sellado del Pozo Socotá-1, municipio de Socotá.

5. CARACTERIZACIÓN DE CARBONES

A continuación se presenta la caracterización fisicoquímica de los carbones objeto de muestreo en la zona de estudio, que aporta información importante acerca de su comportamiento y naturaleza química. Los análisis realizados corresponden a: Análisis próximo (humedad residual, materia volátil, cenizas y carbono fijo), análisis elemental (carbono, hidrogeno, nitrógeno y azufre total), Químico de cenizas (diez elementos mayores), elementos menores, poder calorífico, Mercurio, Índice de Hinchamiento, Plastometría y Petrografía.

5.1 MUESTRAS ANALIZADAS

En la zona de estudio se colectaron 38 muestras de diferente tipo de material entre carbones, respaldos e intercalaciones, niveles de arenitas, tanto en frente de mina como en las perforaciones, para realizar tanto análisis fisicoquímicos como medición de contenido de gas metano. (Ver Tabla 5); las cuales se discriminan así:

Tabla 5. Número y tipo de muestras obtenidas en el área de estudio. Tasco – Socotá.

Sector	Perforaciones					Frente de minas			Total
	Socotá-1			Socotá-2		Carbón	Respaldos	Intercalaciones	
	Carbón	Respaldos	Arenitas	Carbón	Respaldos				
Coscativá	8		2			21	1		38
Rucú - Guatatamo				3	3				

Fuente: Datos del estudio

De estas 38 muestras se envían 34 al laboratorio de carbones para su respectivo análisis, de las cuales 32 son de carbón y 2 son respaldos.

5.2 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

Los diferentes análisis se realizaron bajo las metodologías que están documentadas en los métodos de ensayo del grupo de laboratorios del Servicio Geológico Colombiano, basados en las normas internacionales ASTM Volumen 05.06, Gaseous Fuels; Coal and Coke.

5.2.1 Análisis Próximo

El análisis próximo de las muestras estudiadas se realizó según la norma ASTM D 5142-09, y cubre las determinaciones de humedad residual, materia volátil, cenizas, carbono fijo, las cuales resultan de la pérdida de peso de las muestras después del calentamiento en un ambiente controlado de temperatura y presión, empleando para ello el equipo Analizador Termogravimétrico LECO TGA-601.

De acuerdo a las muestras analizadas, se han registrado los siguientes valores para los diferentes parámetros de evaluación, así: Humedad Residual valores entre 0.42 – 1.08%, con un promedio de (0.66%); Materia Volátil un rango entre 11.76 – 31.34%, con un promedio de 20.62%, Cenizas un rango entre 2.80 – 70.21%, con un promedio de 15.43%, Carbono Fijo un rango entre 17.05 – 77.81%, con un promedio de 63.73%.

En el pozo Socotá-1, el manto M2, registró el valor más alto en contenido de gas total libre de cenizas de (163.85 pies³/ton), posee un valor de Humedad Residual de 0.43%, Materia Volátil de 16.33%, Cenizas de 36.37%, Carbono Fijo de 46.88%. En el Pozo Socotá-2, el manto M6, registró el valor más alto en contenido de gas total libre de cenizas (62.15 pies³/ton), con valores de Humedad Residual de 0.42%, Materia Volátil de 15.50%, Cenizas de 36.79%, Carbono Fijo de 47.30%. En frente de mina, el manto M2 y M4, registraron los mayores valores en contenido de gas total libre de cenizas, (72.91 y 43.55 pies³/ton) con Humedades Residuales de (1.08 y 0.68 %), Materia volátil de (15.17 y 21.99%), Cenizas de (36.55 y 4.72%), Carbono Fijo de (48.27 y 73.29%), respectivamente.

De estos análisis cabe destacar el correspondiente al contenido de cenizas, pues en una muestra de carbón, este puede disminuir el potencial de metano, ya que actúa como diluyente de la materia orgánica en el mismo. Por tal razón se puede mencionar que entre mayor sea el contenido de cenizas del carbón menor será su potencial de generación (Das y otros, 1991). Con respecto a las muestras que obtuvieron mayores contenidos de metano, se tiene que en el caso del Pozo Socotá-1, el manto M2 registra un valor de Cz de (36.37%); en el Pozo Socotá-2, el manto 6 registra un valor de Cz de (36.79%); en el caso de las muestras en frente de mina, los mantos M2 y M4 presentan valores de

(36.55 - 4.72) %, respectivamente, estos valores según los análisis físicoquímicos, pero debido a los altos contenidos de cenizas en algunas muestras que influyeron en los altos valores de gas total libre de cenizas que no son acordes a los valores presentes en la zona, se optó por tomar un valor promedio de cenizas en la zona de estudio del 8 %, el cual se utilizó para los cálculos de medición de gas total libre de cenizas.

5.2.2 Poder Calorífico

Análisis efectuado para conocer la capacidad calorífica del carbón; a través de la quema de una muestra de carbón, en una bomba calorimétrica en condiciones normalizadas, se determina el aumento de temperatura producido en el calorímetro y se calcula el poder calorífico bruto de acuerdo a la Norma ASTM D-5865-04, empleando para ello el calorímetro isoperibol PARR-6200.

El valor calorífico bruto en carbón, coque y materiales afines es utilizado en:

- Contratos de compraventa para carbones térmicos.
- Evaluación de rendimientos de procesos térmicos.
- Investigación y clasificación de carbones.
- Cálculos para determinar con el azufre, el cumplimiento de los requerimientos para combustibles industriales.

Los valores registrados de Poder Calorífico (PC) en las muestras analizadas de la formación Guaduas (K2E1g) determinan rangos en general entre 1984.44cal/gr a 8675.55 cal/gr.

Para el manto M2 del pozo Socotá-1, el cual registra el valor más alto en contenido de gas total libre de cenizas, se observa el valor de 5469,44 cal/gr, mientras que para el manto M6 del pozo Socotá-2, el cual registra el valor más alto en contenido de gas total libre de cenizas, se registra un valor de 5417.77 cal/gr. Para el manto M2 muestreado en frente de mina, el cual registra el mayor contenido de metano, el PC fue de 5295.00 Cal/gr.

5.2.3 Análisis Elemental

Este tipo de análisis se emplea para identificar la composición elemental de cada muestra, con valores de contenidos de Carbono total, Hidrógeno total, Nitrógeno total, Oxígeno total y Azufre total compuesto por Azufre pirítico, Azufre sulfato, Azufre orgánico, Estos elementos no se encuentran como tal en

el carbón, sino que forman compuestos orgánicos complejos con grupos aromáticos y alifáticos y también forman parte de la materia mineral del carbón.

Para la determinación del Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, se siguió la norma ASTM D - 5373-08, cuyo fundamento indica la determinación automática, quemando una cantidad pesada de muestra en medio de una corriente de oxígeno puro a 950°C. El carbono y el hidrógeno son determinados por un detector infrarrojo, mientras que el nitrógeno es determinado por conductividad térmica, el equipo empleado es el Analizador LECO TruSpec CHN.

Los valores que se registran a continuación hacen referencia a las muestras enumeradas en el anexo B, en este anexo dichas muestras se observan de la siguiente manera, de la muestra 01 a 21 (Frente de mina) y de 22 a 34 (pozos de perforación, de las cuales las muestras 30 y 32 son respaldos) para un total de 34 muestras. El análisis elemental en las muestras analizadas de la formación Guaduas (K2E1g), en general, determinan rangos de Carbono entre 19.57 a 86.90%; Hidrogeno entre 2.04 a 5.23%; Nitrógeno entre 0.77 a 2.02%, Oxigeno entre 0.81 a 14.75%, estos rangos y promedios se realizan sin las muestras (30-32-33-34), debido a que estas muestras presentaban altos contenidos de ceniza.

De esta forma se ha identificado que hay valores promedio de Carbono de 76.35%, en Hidrogeno de 4.42%, en Nitrógeno de 1.64%, en Oxigeno de 3.09% Cabe resaltar, que el contenido de Nitrógeno se utiliza en la evaluación de óxidos de nitrógeno, los cuales son contaminantes atmosféricos, aunque por parte del carbón la producción de NOX es casi nula frente a los óxidos de nitrógeno que se producen por contacto del nitrógeno de la atmósfera con las altas temperaturas generadas en el proceso de combustión.

En cuanto a la determinación de azufre total en las muestras de carbón realizado con base en la norma D-4239-08, entre otros tiene como objetivo, definir los procesos de limpieza de carbones altos en azufre, evaluar los procesos de beneficio del carbón, las emisiones potenciales de azufre en la combustión del carbón o en otros procesos de conversión. Se realiza utilizando el método instrumental de combustión en horno tubular a alta temperatura y detección infrarroja mediante el equipo LECO S144-DR.

Los diferentes tipos de Azufre, fueron obtenidos aplicando la Norma ASTM D-2492-02(07); para el azufre pírítico, se realiza la extracción con ácidos y la determinación por absorción atómica, por gravimetría, se obtiene el azufre sulfato y por diferencia entre los anteriores, el valor de azufre orgánico. Los equipos empleados son: el Espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 3100, Mufla Lab – Line, Balanza analítica.

Los valores registrados en las formas de azufre en las muestras analizadas de la formación Guaduas son: Azufre pirítico, un rango entre 0.03 a 1.91%, con un promedio de 0.41%; azufre sulfato, un rango entre 0.00 – 0.24%, con un promedio de 0.02%; azufre orgánico, un rango entre 0.11 a 0.84%, con un promedio de 0.59%, estos rangos y promedios realizados en las muestras de frentes de mina, según anexo c en las primeras 21 muestras.

La importancia de este análisis, que hace una diferenciación del contenido de azufre dependiendo de su forma química, como pirítico, sulfato y orgánico, permite identificar características importantes al momento de la combustión de los carbones.

5.2.4 Índice de Hinchamiento

Análisis empleado para obtener información sobre las propiedades de hinchamiento libre del carbón; indica las propiedades de aglomeración de un carbón cuando se quema como combustible y el grado de oxidación aproximado de un carbón. Este método sigue la norma ASTM D - 720-91-04 Standard Terminology of Coal and Coke.

Los valores registrados en el análisis de índice de hinchamiento (IH) en general, determinan rangos entre 2½ a 9, para el manto M2 muestreado en frente de mina se determina un valor de índice de hinchamiento de 3½.

De acuerdo a las muestras analizadas, se puede observar que al poseer mayores propiedades aglomerantes el carbón, este genera menor contenido de gas total libre de cenizas y viceversa.

5.2.5 Humedad de Equilibrio (He)

Teóricamente, es la humedad que el carbón puede retener cuando está en equilibrio a una atmósfera de presión y 100% de humedad relativa; para su determinación se logra una humedad relativa aproximada del 96%. Su valor es requerido para calcular el poder calorífico en base húmeda y así clasificar los carbones según su rango con la norma ASTM. Este análisis se fundamenta en la norma ASTM D-1412-07.

Los valores registrados en el análisis de Humedad de Equilibrio en general, determinan rangos entre 0.90 a 1.60%, con un valor promedio de 1.19, estos valores para las 21 muestras de frentes de mina, según anexo c.

5.2.6 Gravedad Específica Verdadera (GEV)

Se entiende como la densidad referida a la densidad del agua a 4°C. Este análisis se fundamenta en la determinación de la gravedad específica

verdadera del carbón o coque pulverizado, con relación al agua, de acuerdo a la Norma ASTM D167-93.

La gravedad específica varía de acuerdo al rango del carbón y tiene una relación directa con el contenido de cenizas. Se emplea en el cálculo de recursos y reservas de carbón.

Los valores registrados en gravedad específica verdadera en las muestras analizadas de la formación Guaduas (K2E1g) en general, determinan rangos entre 1.14 a 1.38, con un valor promedio de 1.28, estos valores calculados para las 21 muestras de frentes de mina. El manto M2 de frente de mina presenta un valor de 1.38; De acuerdo a los valores obtenidos, se tiene que las muestras con mayor contenido de metano, poseen mayor valor de gravedad específica verdadera.

5.2.7 Índice de Molienda Hardgrove (IHG)

Es el indicativo del grado de triturabilidad de un carbón. Este análisis, permite identificar el grado de triturabilidad de un carbón en los procesos de transformación del mismo, de acuerdo a la norma D-409/D409M-09.

Los valores registrados en el Índice de molienda Hardgrove (IHG) en las muestras analizadas en los carbones de la formación Guaduas (K2E1g) en general, determinan rangos entre 73 a 108, con un valor promedio de 96. Para el manto M2 de frente de mina el cual registra mayor contenido de metano, se determina un valor de IHG de 102. Las muestras con mayor contenido de metano, poseen menor Índice de Molienda Hardgrove (IHG).

5.2.8 Plastometría

Teniendo en cuenta que los carbones de la zona de estudio se caracterizan por sus propiedades coquizables, se realizó a algunas de las muestras recopiladas análisis de Plastometría; método que tiene como finalidad determinar las propiedades plásticas del carbón mediante el método Gieseler de torque constante, de acuerdo con el estándar ASTM D-2639-08, proporcionando información de valores semicuantitativos, tales como: Rango de plasticidad, fluidez máxima, que se utilizan para determinar qué mezclas de carbones son óptimas para el coque.

De las muestras colectadas, se realizó análisis de Plastometría a 21 muestras de frente de mina, y a las muestras (22-29-31) de pozos de perforación, para un total de 24 muestras. Se obtuvieron en los frentes de mina valores promedios de temperatura de máxima fluidez, de 454.38°C; Rango plástico de 85.5°C; máxima fluidez de 9389.8 ddpm, y en las tres muestras de los pozos de

perforación se obtiene valores promedios de temperatura máxima de fluidez de 456.92°C; Rango plástico de 68.4°C; máxima fluidez de 3177.9 ddpm.

Para el manto 2 de frente de mina, el cual registra mayor contenido de gas total libre de cenizas, se determina un valor de temperatura de máxima fluidez de 467 °C; Rango plástico de 62 °C; máxima fluidez 37.4ddpm.

5.2.9 Análisis Químico de Cenizas

La composición química de las cenizas de carbón es un factor importante porque provee datos que pueden predecir el comportamiento de las cenizas del carbón y la escoria en los procesos de combustión, tales como el escoriamiento, deposición, suciedad y viscosidad de las cenizas de carbón en el fondo de los hornos y calderas, de acuerdo a la norma D-3682-01-(06). Se realiza Análisis Elemental de Trazas.

De las muestras de frente de mina de (1 a 21) objeto de análisis químico de cenizas se obtienen los siguientes rangos: Silicio (SiO₂), 18.48 a 28.23; Aluminio (Al₂O₃), 46.8 a 68.88; Hierro (Fe₂O₃), 1.40 a 17.19; Calcio (CaO), 0.26 a 13.24; Magnesio (MgO), 0.12 a 1.42; Sodio (Na₂O), 0.05 a 1.42; Potasio K₂O, 0.05 a 2.48; Titanio (TiO₂), 0.85 a 1.73; Fósforo (P₂O₅), 0.06 a 6.45; Azufre (SO₃), 0.04 a 10.87; Estroncio (SrO), 0.03 a 0.33; Bario (BaO), 0.02 a 0.19.

Para el manto 2, de frente de mina, el cual registra mayor contenido de gas metano, se observa un valor en Silicio de 24.93; Aluminio de 61.9; Hierro de 7.25; Calcio de 0.44; Magnesio de 0.87; Sodio de 0.53; Potasio de 2.48; Titanio de 0.85; Fósforo de 0.22; Azufre de 0.09; Estroncio de 0.04; Bario de 0.05.

5.3 ANÁLISIS PETROGRÁFICOS

Se realizó análisis petrográfico por el método de luz reflejada a 31 muestras de las cuales 21 son de frentes de mina, y 10 de pozo de perforación, con el fin de establecer características como la composición maceral y el poder reflector medio promedio de la vitrinita o Reflectancia de la Vitrinita (Ro), de acuerdo a las normas establecidas por el Comité Internacional de Petrografía del Carbón (ICCP, 1963) con el equipo Microscopio petrográfico Lietz ORTHOLUX II POL-MK.

A través de este análisis, es posible determinar el rango del carbón, considerado como uno de los factores relevantes en el estudio de GMAC y las posibles fuentes que pueden originar la presencia del mismo en los mantos de carbón, conociendo su composición maceral, mediante la cual, se hace la determinación cuantitativa de la composición microscópica de un carbón; estos macerales se distinguen por su color, reflectividad, forma y relieve.

El análisis de reflectancia media de la vitrinita es una medida del rango del carbón y el análisis de macerales ayuda a visualizar una caracterización del origen y de los posibles usos tecnológicos, dependiendo de los porcentajes de vitrinita, exinita e interinita.

5.3.1 Análisis del contenido Maceral

El análisis del contenido maceral permite realizar la determinación del tipo de carbón a través de la identificación de los componentes orgánicos del mismo de acuerdo a la norma D-2799-05a, con el equipo Microscópio petrográfico Lietz ORTHOPLAN.

El valor de la vitrinita, se utiliza para la medición del rango, debido a que se considera como el grupo maceral más abundante en el carbón y es relativamente fácil de aislar.

Respecto a los resultados obtenidos en las muestras analizadas se registra en la vitrinita un rango entre 12.20 a 80.0%, con un promedio de 55.41%; Inertinita, un rango entre 9.80 a 48.40% ; con un promedio de 29.43%; Liptinita con un rango entre 0.10 a 2.60% con un promedio de 1.06%, estos rangos y promedios sin tener en cuenta las muestras (27-30-32), esto debido a los altos valores de cenizas registrados.

5.3.2 Análisis Reflectancia de la Vitrinita (Ro)

Este análisis tiene como objetivo determinar cuantitativamente los componentes minerales del carbón de acuerdo a la norma ASTM D-2798-06. El valor determinado se expresa como reflectancia media promedio y máxima promedio; de los cuales, se ha empleado para determinación del rango y ajuste de las mediciones de contenidos de gas metano en las muestras recopiladas el valor de Reflectancia media promedio de la vitrinita.

En las muestras tomadas se observa un rango de Reflectancia media promedio de la vitrinita “Ro” de 0.75 a 1.62%; con un promedio de 1.24%. En el Pozo Socotá-1, el manto 2, registró mayor contenido de gas total libre de cenizas, presentando un contenido de “Ro” de 1.62; en el pozo Socotá-2, el manto 6, el cual registra mayor contenido de gas total libre de cenizas, posee un valor de “Ro” de 1.29 y para el manto 2 muestreado en frente de mina, el cual registra el valor más alto en contenido de gas total libre de cenizas, se determina un valor de “Ro” de “1.36”.

El carbón al presentar un alto contenido en “Ro” Reflectancia media de la vitrinita, se dice que es un carbón que ha tenido mayor madurez térmica y por lo tanto tiene menos contenido en cenizas, siendo estas características de interés en carbones con buenas perspectivas para la generación de GMAC.

De los valores de R_o registrados, se puede concluir que existe una relación inversa entre la “ R_o ” y el contenido de cenizas, a mayor contenido de “ R_o ” menor contenido de cenizas.

5.3.3 Determinación del Rango por R_o

Además de la determinación del rango de los carbones objeto de análisis a través de la norma ASTM D-388, se procedió a definir este mismo a partir de los valores de reflectancia de la Vitrinita, empleando para ello la Figuras No 32 y 33, en la cual se relacionan valores de R_o desde 0 hasta 4.0 y se comparan varios sistemas de clasificación, obteniéndose para los carbones con mayores contenidos de metano un rango Bituminosos medio Volátil a bituminosos bajo volátil.

5.3.4 Determinación del Rango por R_o

Además de la determinación del rango de los carbones objeto de análisis a través de la norma ASTM D-388, se procedió a definir este mismo a partir de los valores de reflectancia de la Vitrinita, empleando para ello la Figuras No 32 y 33, en la cual se relacionan valores de R_o desde 0 hasta 4.0 y se comparan varios sistemas de clasificación, obteniéndose para los carbones con mayores contenidos de metano un rango Bituminosos medio Volátil a bituminosos bajo volátil.

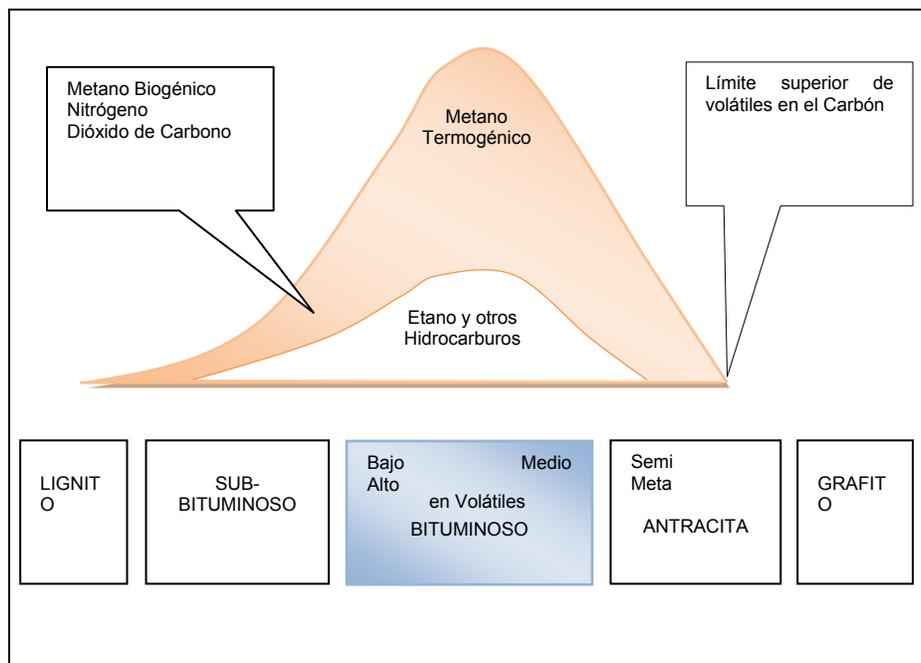


Figura 25. Generación de gas en el carbón Fuente: Law and Rice (1991).

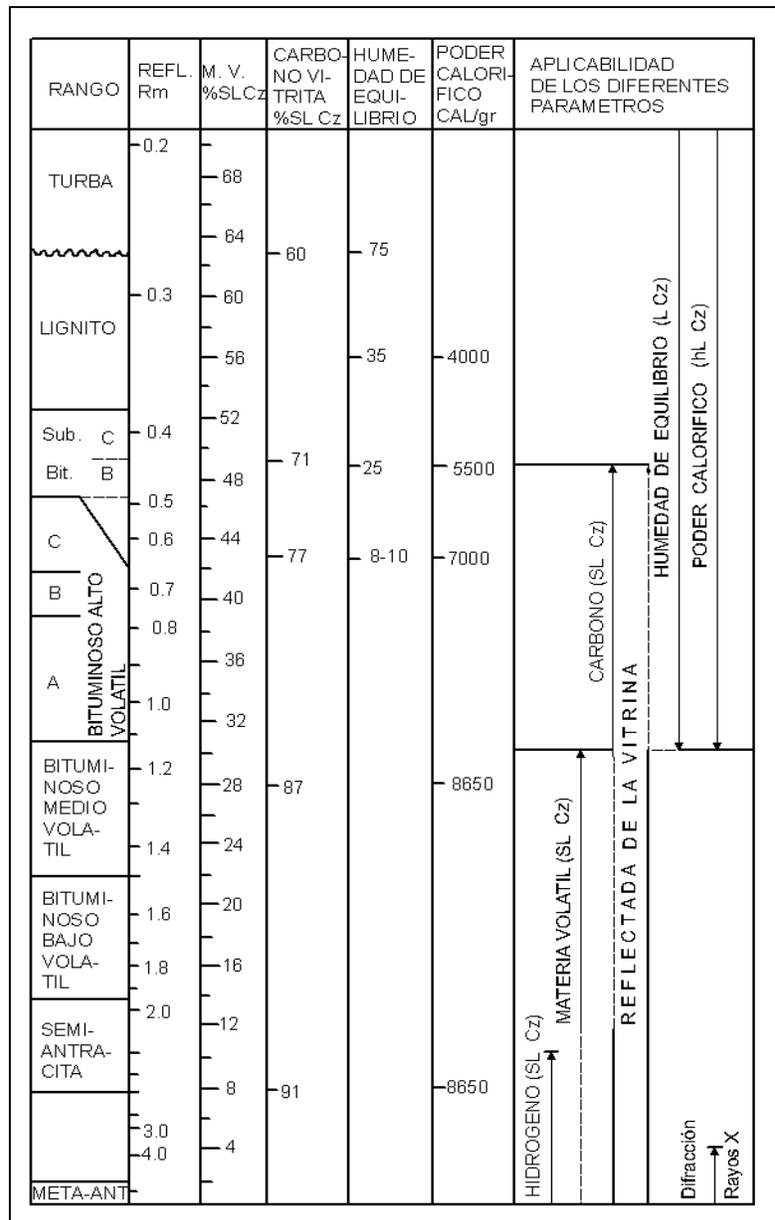


Figura 26. Estados de carbonificación de acuerdo a la clasificación americana (ASTM, 1978).Fuente: Uribe y Pérez, 1987.

6. MEDICIONES DE CONTENIDOS DE GAS

Para determinar el potencial de GMAC que un área de interés pueda llegar a tener, es necesario adelantar mediciones de contenidos de gas en los mantos de carbón de interés o en toda la secuencia carbonífera existente, que como en el presente caso, están basadas en el empleo de métodos directos que permiten medir tanto la desorción de núcleos de perforación en un equipo hermético (canister) una vez extraídos en campo, como el gas desorbido y residual en función del tiempo en cada muestra y bajo condiciones de presión y temperaturas que simulan las características del yacimiento en un ambiente de laboratorio. El empleo de los métodos Directos, es importante teniendo en cuenta que una de las características que diferencia los reservorios de GMAC de los convencionales, es el hecho de que el metano puede encontrarse almacenado en los carbones de diversas maneras: como gas disuelto en el agua de la formación, como gas libre dentro de las fracturas o poros, como moléculas de gas absorbidas en el carbón, siendo este último el principal proceso de almacenamiento del gas en el carbón que puede llegar a representar el 98% del gas contenido en estas capas¹.

Las mediciones estuvieron a cargo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), sede Sogamoso y se realizaron en el laboratorio de GMAC de la misma.

6.1 METODOLOGIA UTILIZADA PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE GAS EN LOS MANTOS DE CARBÓN (GMAC)

El contenido de gas presente en un manto de carbón, se puede calcular a través de la estimación y sumatoria de tres componentes:

$$\text{CONTENIDO DE GAS} = \text{gas perdido} + \text{gas desorbido} + \text{gas residual}$$

¹ Determinación del bloque con mejores posibilidades de gas asociado al carbón GAC de la zona carbonífera ubicada al Nor-oriente del municipio de Sogamoso en el departamento de Boyacá, Luis Carlos López Walteros, Fonseca Rojas Jessel Andrea, UPTC-Sogamoso. Trabajo de grado. 2003.

De donde:

- El *Gas perdido*, corresponde al gas escapado del carbón, entre el tiempo en que el manto de carbón es penetrado por la broca y el tiempo en que la muestra es colocada y sellada dentro del canister (recipiente hermético). Su valor se calcula mediante la extrapolación de los datos de la prueba de desorción durante las dos primeras horas por los métodos de U.S Bureau of Mines y Smith y Williams (1984) y se expresa en cm^3/gr , pies^3/Ton , pie^3/ton .

- El *Gas desorbido*, es el gas adsorbido en la muestra de carbón que se mide en el canister a través de la desgasificación del mismo, durante un período de 2 a 3 meses; las unidades corresponden a $\text{cm}^3 \text{ gas}/\text{gr carbón}$, o $\text{pies}^3 \text{ gas}/\text{Ton carbón}$. La determinación del gas desorbido corresponde a la sumatoria de todos los volúmenes medidos en esta prueba (Anexos H).

- El *Gas residual*, es el gas que permanece atrapado o absorbido en la matriz del carbón, después que se ha completado la prueba de desorción. Este contenido de gas se expresa en cm^3/gr , pies^3/Ton o pie^3/ton con la previa estandarización de la presión y la temperatura (STP).

6.1.1 Procedimiento en la medición de contenidos de GMAC

El procedimiento para conocer el contenido de gas en una muestra de carbón, posee varias etapas de desarrollo que comprende tres Fases principales: campo, laboratorio y procesamiento de información.

6.1.1.1 Obtención de muestras en campo.

Con el fin de obtener muestras representativas en cada una de las perforaciones adelantadas y en los frentes de mina, se realizaron las siguientes actividades:

a. Prueba de hermeticidad en los canister a utilizar. Con una bomba de aire se le aplica aire a presión al canister, luego se deja unos minutos y se sumerge en agua para poder verificar que no haya ninguna fuga y este, se encuentre en condiciones adecuadas para ser utilizado (prueba que se realiza tanto en laboratorio, como en campo). (Ver Figura 27).

b. Registro de los tiempos en que se empieza y termina de perforar el manto de carbón, el tiempo en que se comienza a subir el núcleo de perforación y el tiempo de llegada a la superficie de la misma, esto con el fin de calcular el volumen de gas perdido en la muestra. En el muestreo en frente de mina, se tienen en cuenta los tiempos en los cuales se obtiene la muestra y el tiempo en que es sellado el canister.



Figuras 27. Pruebas de hermeticidad en los canister. Muestreo frente de mina.

- c. Recepción y lavado de los núcleos de perforación en superficie.
- d. Descripción de la muestra.
- e. Trituración de la muestra para facilitar el desplazamiento del gas e introducción de la misma en el recipiente sellado (canister), donde se debe tener presente llenar completamente el canister con carbón y material inerte cuando la muestra de carbón sea muy reducida.
- f. Sellamiento del canister, se emplea para mayor seguridad la aplicación de silicona en la ranura del canister y en la tapa del mismo.
- g. Registro del tiempo de sellado

6.1.1.2 Prueba de desorción en campo (Gas Perdido)

A través de esta prueba, se mide la desgasificación del carbón, permitiendo su salida. El gas, es medido por el desplazamiento del agua en una columna volumétrica.

Una vez introducida la muestra en el canister y realizado el sellado correspondiente, se adelantan las siguientes acciones:

- a. Se conecta una bureta al canister a través de una manguera flexible.

b. Se registra la hora, la temperatura y la presión del lugar donde se realiza el muestreo.

c. Se abre la válvula del canister que permite la salida del gas el cual es medido por el desplazamiento del agua en una columna volumétrica (bureta), (Ver Figura 28). El dato de gas Desorbido, corresponde a la diferencia entre el volumen final y el volumen inicial registrado en la bureta.



Figura 28. Sistema de medición del gas perdido en muestras de carbón pozo Socotá-1.

d. Se cierra la válvula y se desconecta la manguera del canister, se espera a que se estabilice el volumen inicial en la bureta. La medición se hace durante las dos primeras horas, cada 15 minutos o a intervalos de tiempo que el muestreador considere, en el cual se haya recuperado la muestra para nuevamente ser objeto de medición.

e. El gas medido corresponde al gas perdido de la muestra de carbón y se calcula a través del método de U.S Bureau of Mines (Diamond and Levine, 1981).

6.1.1.3 Mediciones en laboratorio.

Prueba de desorción. Una vez los canister han sido sellados herméticamente, se debe iniciar la medición de gas desorbido en campo hasta que estos sean

enviados al laboratorio para proseguir allí el protocolo correspondiente, en el cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Pesar el canister sellado herméticamente y por diferencia de pesos (con respecto al peso del canister) obtener el peso de la muestra.
- b. Introducir los canister en un tanque con un sistema de termostato, para mantener la temperatura constante y simular la Temperatura del yacimiento.
- c. Conectar el canister a la bureta, abrir la válvula, si se presenta succión la válvula del canister debe ser cerrada inmediatamente registrando la cantidad de gas succionado, la cual se le resta a las lecturas acumulativas del gas de-adsorbido.
- d. Desconectar la manguera y esperar que el nivel del agua en la bureta vuelva al punto arbitrario o cero (volumen inicial V_o).
- e. Conectar nuevamente, abrir la válvula y tomar la primer lectura del volumen de gas liberado (volumen final V_f). El volumen de gas liberado se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{Gas medido} = V_o - V_f$$

- f. Cerrar la válvula y desconectar la manguera del canister, se espera a que se establezca el nivel de agua en el manómetro y se conecta repitiendo el proceso anterior para las siguientes lecturas (durante un período aproximado de 2 a 3 meses, tiempo que depende de la cantidad de gas contenido en la muestra analizada).
- g. Adicionalmente se consigna en el formato dispuesto para tal fin, al momento de cada medición la temperatura, presión, hora y fecha. Este procedimiento se repite para cada muestra de corazón obtenida de cada uno de los mantos de carbón encontrados durante la perforación del pozo (Anexos H).
- h. Los canister deben mantenerse en un tanque o tina con un sistema de termostato para conservar la temperatura constante durante el tiempo de medición. La temperatura debe ser aproximada a la del yacimiento de carbón, para lo cual, in situ, se mide la temperatura del subsuelo del área o sitio de la perforación. Si no se puede medir la temperatura directamente, se utiliza el gradiente geotérmico que es de 1°C por cada 33 metros o se determina el gradiente geotérmico de la zona y se extrapola a la profundidad de la muestra.

i. Se continúan realizando las pruebas de desorción periódicamente, consistentes en medir la cantidad de gas liberado y presión a intervalos de tiempo cada vez mayores hasta que la tasa de liberación de gas sea prácticamente nula.

Medición Gas Residual. Una vez finalizadas las pruebas de desorción, se realiza la medición del gas residual, teniendo en cuenta que parte de este es absorbido en la matriz del carbón; para ello, se retira la muestra de carbón del canister y partiéndola en cuartos. Se toma una de estas partes y se coloca en un contenedor para mezclas de gases o en un molino de bolas que debe ser sellado herméticamente y conectado a un manómetro para medir el contenido de gas residual (ver figura 29). El carbón es pulverizado a malla 60 para liberar el gas remanente de la muestra y así poder realizar la medición de la misma manera que se hace la medición del gas de desorción.



Figura 29. Molino empleado para la determinación de gas residual en una muestra de carbón

Luego de finalizadas las mediciones, se envía la muestra de carbón al laboratorio para análisis próximos, determinando humedad, % de cenizas, poder calorífico y contenido de azufre y el análisis petrográfico que incluye reflectancia a la vitrinita y análisis maceral, con esta información se puede analizar las características de la historia del enterramiento e identificar las partes de la cuenca donde la reflectancia de la vitrinita está entre 0,5 y 1,6%, rango que se ha señalado en algunos estudios de los años 90s, (ECOPETROL-ICP), como de interés para establecer los carbones con mayores perspectivas

para adelantar proyectos de GMAC. De esta forma se eliminan áreas con poco o excesivo enterramiento no óptimas para la explotación.

6.1.1.4 Procesamiento de la información

Con los datos obtenidos de las pruebas de desorción (tiempos, volúmenes, presiones y temperaturas registradas), se procede a calcular el contenido total de gas a condiciones estándar de la siguiente manera:

- Cada lectura de gas medido y acumulado es dividida entre el peso de la muestra seca para así obtener el contenido de gas de la muestra.
- Se realiza la corrección a presión y temperatura estándar (STP) de los datos obtenidos en la medición de gas perdido, gas desorbido y gas residual. Dicha estandarización se hace mediante la ecuación generada por Close, 1989:

$$\text{Volumen STP} = \frac{\text{Volumen medido} * (\text{Presión ambiente}/29.92) * 520}{460 + \text{Temperatura ambiente } ^\circ\text{F}}$$

Dónde:

Volumen medido = Es aquel tomado en la prueba de de-adsorción

Presión Estándar = Equivale a 29.92 pulgadas de mercurio

Temperatura ambiente = Es expresada en grados Fahrenheit.

- Posteriormente se grafica el contenido de gas acumulado Vs tiempo (pies³/ton Vs √horas), para obtener la curva acumulativa de desorción, obtenida de las pruebas de desorción (Figura 30).

Cuando el canister ha succionado aire se puede detectar graficando el contenido acumulado de gas Vs. tiempo, pues la curva se vuelve asintótica para algunos valores. En el caso que el aire entre a la cámara, la actividad biológica resultante provoca que la curva se rompa con este acercamiento asintótico y diverge de su trayectoria normal.

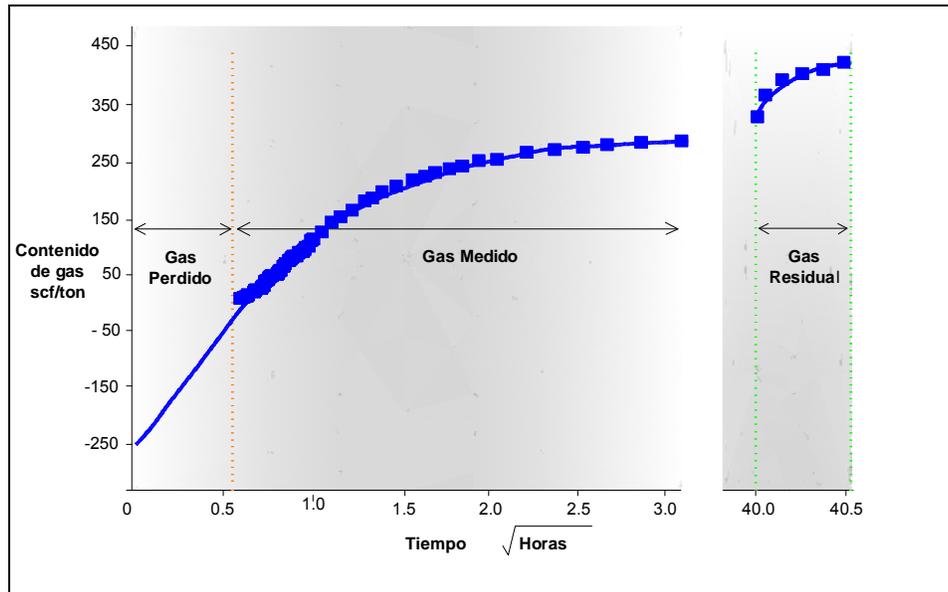


Figura 30. Curva de desorción, donde se aprecia los intervalos para los contenidos de gas perdido, medido y residual.

6.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez calculados los valores de gas perdido, desorbido y residual, se procedió a realizar los ajustes a los mismos (Ver Anexo H) con base en la información de los análisis fisicoquímicos de las muestras colectadas objeto de medición de contenidos de GMAC, obteniéndose el valor de gas total libre de cenizas (de acuerdo a corrección por parámetros que no generan metano como La humedad, ceniza y azufre para cada caso), como se muestra a continuación:

6.2.1 Pozo Socotá-1

Los valores de contenidos de metano libres de cenizas en las muestras analizadas de acuerdo a la información registrada en la Tabla 6, varían para las capas de carbón entre 19,49 y 163,85 pies³/ton, este último valor corresponde al Manto 2, ubicado hacia la base de la secuencia carbonífera de la Formación Guaduas, identificado a 408,10 m de profundidad, con una Ro de 1,62 y un rango ASTM de un carbón Bituminoso bajo volátil (bbv); los valores más bajos corresponden a la capa denominada Chica 1, ubicada hacia el techo de la secuencia carbonífera de la formación, con Ro de 1,19.

Con respecto a los respaldos muestreados, se tiene valores de contenidos de metano entre 13,90 y 17,75 pies³/ton, las muestras analizadas corresponden a arenitas de grano fino a medio.

Los valores de Cenizas obtenidos en las muestras de perforación analizadas, en algunos casos superaron el 20%, lo cual elevó los resultados de Gas total libre de Cenizas registrados, con el fin de obtener unos valores de Gas Total más reales, se recalculó este valor con un promedio de Cz de la zona de estudio, correspondiente al 8% (valores obtenidos del estudio de Normalización de Recursos de Boyacá. Ecocarbón, 1996).

6.2.2 Pozo Socotá-2

De acuerdo con la Tabla 7, en el pozo Socotá-2, los valores de contenidos de GMAC libres de Cenizas varían entre 54,13 y 63,11 pies³/ton (Muestra PSoc-2:4), siendo este último valor el registrado por una capa de carbón identificada como Manto 5, ubicada al techo de la secuencia carbonífera a 432,15 m de profundidad; el valor más bajo corresponde al manto conocido como Manto 5, con un Bituminoso bajovolátil y un Ro entre 1,21.

En las muestras PSoc-2:2 y PSoc-2:3, los valores de Cz superaron el 20%, lo cual incidió en el valor obtenido de Gas total, por tanto en todas las muestras obtenidas de este pozo se hizo corrección por Cz, utilizando un promedio de la zona, equivalente a 8%; el mayor valor de Gas Total libre de Cz obtenido anteriormente correspondiente a la muestra PSoc-2:3 baja a 54,13 pies³/ton y el mayor corresponde a 63,11 pies³/ton de la muestra PSoc-2:4.

Los respaldos muestreados correspondieron a limolitas arcillosas, en las cuales se midió gas total libre de cenizas entre 1,32 a 23,94 pies³/ton. En el Pozo Socotá-2, no se encontró un incremento del contenido de gas con la profundidad.

6.2.3 Frentes de Mina

Los valores de contenidos de gas metano libres de Cenizas en las muestras obtenidas en los frentes de mina presentados en la Tabla 8, varían entre 11,92 y 72,91 pies³/ton. Los mayores valores corresponden a las muestras del Manto 2, en las Minas Ventanas y Sayemir (Sector Rucú – Guatamoto), Esperanza 1 (Sector Coscativá) y Mortiño (Sector Mortiño – El Pozo), con valores de 72,91 pies³/ton, 54,25 pies³/ton y 63,27 pies³/ton, respectivamente, con Ro de 1,36; 1,28; 1,06 y rango ASTM correspondiente a carbones Bituminoso medio volátil (bmv) a Bituminoso baja volátil (bbv).

Se encontraron en los Mantos 1, 6 y 7, los valores más bajos de gas total libre de cenizas, con valores entre 11,0 y 24,0 pies³/ton, con Ro entre 0,80 y 1,38 y rangos entre Bituminoso alto volátil A a Bituminoso bajo volátil (Ver Tabla 8).

Tabla 6. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Pozo Socotá-1.

Nombre mantos Techo a Base	ID Muestra Medición Metano / Análisis Físicoquímico	Espesor Real (m)	Profundidad (m)		Material	Gas perdido (pies ³ /ton)	Gas Desorbido (pies ³ /ton)	Gas Residual (pies ³ /ton)	Gas Total (pies ³ /ton)	Análisis Físicoquímicos Cz (%)	Gas total libre de Cenizas (pie ³ /ton)	Gas total libre de Cenizas (Promedio zona 8% Cz) (pie ³ /ton)	Ro (%)	Materia Mineral (%)
			Desde	Hasta										
Arenita	PSoc-1:1	2,40	196,65	196,90	Arenita	2,25	1,02	9,43	12,70	-	-	13,90	-	-
Chica 1	PSoc-1:2 15755804027	0,40	252,35	252,75	Carbón	3,26	2,35	11,42	17,03	70,21	84,33	19,49	1,19	57,8
Manto 7	PSoc-1:3 15755804028	0,85	254,01	254,31	Carbón	8,67	1,70	9,93	20,30	33,68	42,32	26,82	-	-
Manto 6	PSoc-1:4 15755804022	1,90	282,40	282,80	Carbón	2,97	4,91	27,32	35,20	6,99	39,33	39,82	1,36	5,80
Arenita	PSoc-1:5	17,40	306,55	306,95	Arenita	0,34	1,18	14,40	16,22	-	-	17,75	-	-
Manto 5	PSoc-1:6 15755804023	2,00	319,30	319,70	Carbón	15,57	16,22	39,73	71,52	23,89	105,62	84,34	1,29	27,0
Manto 4	PSoc-1:7 15755804029	0,40	336,33	336,73	Carbón	7,05	13,52	34,70	55,27	7,95	66,21	66,25	1,34	3,7
Manto 3	PSoc-1:8 15755804024	2,45	398,60	399,00	Carbón	6,04	15,61	45,02	66,67	9,98	76,51	74,68	1,49	3,60
Manto 2	PSoc-1:9 15755804025	1,30	408,10	408,50	Carbón	70,46	40,97	31,00	142,43	36,37	253,03	163,85	1,62	1,60
Manto 1	PSoc-1:10 15755804031	0,50	412,95	413,40	Carbón	2,70	14,16	53,86	70,72	7,94	78,09	78,47	1,55	2,8

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 7. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Pozo Socotá-2

Nombre mantos Techo a Base	ID Muestra Medición Metano / Análisis Fisisicoquímico	Espesor Real (m)	Profundidad (m)		Material	Gas perdido (pies ³ /ton)	Gas Desorbido (pies ³ /ton)	Gas Residual (pies ³ /ton)	Gas Total (pies ³ /ton)	Análisis Fisisicoquímicos Cz (%)	Gas total libre de Cenizas (pie3/Ton)	Gas total libre de Cenizas (Promedio zona 8% Cz) (pie3/ton)	Ro (%)	Materia Mineral (%)
			Desde	Hasta										
	PSoc-2:1 15755804032	3,00	403,95	404,35	Limo, Arc,	0,86	3,84	12,50	17,20	86,87	444,46	19,32	-	-
Manto 6	PSoc-2:2 15755804033	1,45	426,60	426,95	Carbón	5,81	17,10	28,50	51,41	36,79	99,58	62,15	1,29	41,20
Manto 51	PSoc-2:3 15755804034	0,65	428,88	429,18	Carbón	11,26	14,53	17,50	43,29	62,15	201,47	54,13	1,19	53,40
Manto 5	PSoc-2:4 15755804026	1,26	432,25	432,65	Carbón	10,63	9,06	30,04	49,73	3,38	59,12	63,11	1,21	33,00
	PSoc-2:5 15755804030		498,30	498,65	Limo, Arc,	0,06	1,39	18,81	20,26	88,40	1719,86	23,02	-	-
	PSoc-2:6		509,30	509,70	Limo, Arc,	0,00	0,08	21,79	21,87		-	23,94	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 8. Valores de contenidos de gas metano en las muestras analizadas Frente de mina.

ID de Muestra / Código Muestra Campo	Manto	Espesor (m)	Ubicación de la muestra	Material (roca)	Ro (%)	Materia Mineral	Gas Perdido (pies ³ /ton)	Gas Desorbido (pies ³ /ton)	Gas Residual (pies ³ /ton)	Gas Total (pies ³ /ton)	Análisis Físicoquímicos Cz (%)	Gas Total libre de cenizas (pies ³ /ton)	Ro (%)	Materia Mineral (%)
FM:01 15755804001	Manto 6	0,60c+0,20r+0,80c+0,20r+0,40c	Colombia Clean Power, Mina Acacias, Nivel norte a 540m de Bocamina, Socotá,	Carbón	0,75	19,70	0,46	4,57	10,56	15,59	15,76	19,05	0,75	19,7
FM:02 15755804002	Manto 6	0,40c+0,40r+1,0c	Mina Marsella, Inclinado principal 165m, Socotá,	Carbón	1,32	4,60	0,28	8,53	4,50	13,31	8,57	14,85	1,32	4,6
FM:03 15755804003	Manto 2	3,20	Mina Fraile, Nivel 13 Norte a 380m del inclinado, Socotá,	Carbón	1,57	1,20	3,96	23,58	7,90	35,44	5,51	38,17	1,57	1,2
FM:04 15755804004	Manto 3	0,60c+0,04r+0,60c	Mina El Salitre, Nivel 15 Norte, Tambor 2, Socotá,	Carbón	1,34	6,00	1,67	6,75	15,04	23,46	8,18	26,02	1,34	6,0
FM:05 15755804005	Manto 1	0,50c+0,06r+0,46c	Ventanas y Sayemir Bocamina M1, Inclinado principal a 250m, Socotá,	Carbón	1,49	13,80	0,93	5,51	4,10	10,54	11,44	12,18	1,49	13,8
FM:06 15755804006	Manto 2	0,80c+0,07r+0,40c	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica, Inclinado principal a 700m, Socotá,	Carbón	1,36	47,10	7,98	24,15	10,40	42,53	36,55	72,91	1,36	47,1
FM:07 15755804007	Manto 7	0,70c+0,10r+1,0c	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma, Nivel sur a 370m del inclinado, Socotá,	Carbón	1,18	1,60	3,15	16,09	8,90	28,14	8,66	31,14	1,18	1,6

ID de Muestra / Código Muestra Campo	Manto	Espesor (m)	Ubicación de la muestra	Material (roca)	Ro (%)	Materia Mineral	Gas Perdido (pies ³ /ton)	Gas Desorbido (pies ³ /ton)	Gas Residual (pies ³ /ton)	Gas Total (pies ³ /ton)	Análisis Físicoquímicos Cz (%)	Gas Total libre de cenizas (pies ³ /ton)	Ro (%)	Materia Mineral (%)
FM:08 15755804008	Manto 6	0,50c+0,10r+1,65c	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma, Nivel sur a 370m del inclinado, Socotá,	Carbón	1,37	11,00	1,22	3,62	10,00	14,84	13,16	17,53	1,37	11,0
M:09 15755804009	Manto 5	0,60c+0,06r+1,0c	Ventanas y Sayemir Bocamina San José, Inclinado principal, Socotá,	Carbón	1,37	15,00	0,00	11,64	12,30	23,94	12,32	28,25	1,37	15,0
FM:10 15755804010	Manto 7	0,21c+0,12r+1,0c+0,04r+0,47c	Mina El Carmen 3, Nivel 5 sur, Socotá,	Carbón	1,3	5,60	0,17	6,21	15,00	21,38	8,86	23,88	1,30	5,6
FM:11 15755804011	Manto 6	0,80c+0,04r+0,40c+0,03r+0,85c	Mina la Primavera, Nivel 6 Sur, Socotá,	Carbón			3,16	4,02	9,70	16,88	8,58	18,92	1,38	7,2
FM:12	Respaldo Superior M6		Mina La Primavera, Respaldo Superior	Arcillolita	1,38	7,20	0,42	15,26	11,60	27,28	4,20	-	1,05	4,4
FM:13 15757804012	Manto 21	1,10	Cooproval, Bm El Porvenir, Nivel 1 Norte, Socha,	Carbón	1,05	4,40	1,34	13,80	15,90	31,04	6,83	32,94	1,05	4,8
FM:14 15757804013	Manto 4	0,10c+0,05r+0,55+0,04r+1,00	Cooproval, Bm 21 Esperanza, Bm El Porvenir, Nivel 3 Este, Socha,	Carbón	1,05	4,80	2,09	7,52	12,50	22,11	8,95	24,18	0,89	2,8
FM:15 15757804014	Manto 7	1,10	Cooproval, Bm, Bm El Arrayán, Inclinado principal a 130m, Socha,	Carbón	0,89	2,80	0,00	3,81	12,97	16,78	11,23	18,86	0,80	7,0

ID de Muestra / Código Muestra Campo	Manto	Espesor (m)	Ubicación de la muestra	Material (roca)	Ro (%)	Materia Mineral	Gas Perdido (pies ³ /ton)	Gas Desorbido (pies ³ /ton)	Gas Residual (pies ³ /ton)	Gas Total (pies ³ /ton)	Análisis Físicoquímicos Cz (%)	Gas Total libre de cenizas (pies ³ /ton)	Ro (%)	Materia Mineral (%)
FM:16 15757804015	Manto 8	1,30c+0,47r+0,70c	Cooproval, Bm Las Acacias, Nivel 1 W, Socha	Carbón	0,83	4,30	0,00	13,85	13,00	26,85	7,89	30,92	0,83	4,3
FM:17 15757804016	Manto 6	1,0c+0,36r+0,26c+0,08r+0,66c	Cooproval, Bm San José, Nivel 1 W, Socha	Carbón	0,91	3,80	0,00	3,27	8,00	11,27	3,99	11,92	0,91	3,8
FM:18 15755804018	Manto 4	0,30c+0,26r+0,70c	Carbones La Esperanza, Bm Pitufa 5, Nivel 1 Norte, Socotá,	Carbón	1,34	1,40	0,00	35,88	5,00	40,88	4,72	43,55	1,34	1,4
FM:19 15755804019	Manto 1	1,10	Carbones La Esperanza, Bm Esperanza 1, Nivel 1 Norte, Socotá,	Carbón	1,37	1,80	0,00	27,09	6,80	33,89	2,80	35,28	1,37	1,8
FM:20 15755804020	Manto 2	0,90c+0,20r+0,90c+0,06r+0,75c+0,06r+0,90	Carbones La Esperanza, Bm Esperanza 1, Tecla 3 a 220m del inclinado, Socotá,	Carbón	1,28	3,60	0,00	35,49	13,50	48,99	7,87	54,25	1,28	3,6
FM:21 15757804021	Manto 2	0,80c+0,05r+1,55c	Mina Mortiño, Bm Mortiño 2, Inclinado principal a 130m, Socha,	Carbón	1,06	2,40	4,24	40,57	14,30	59,11	5,02	63,27	1,06	2,4

Fuente: Datos del Estudio

7. CÁLCULO DE RECURSOS Y RESERVAS DE GAS METANO ASOCIADO AL CARBÓN

Para el área de estudio denominada Tasco - Socotá, los mantos de carbón de la Formación Guaduas que presentan mayor interés para adelantar estudios de exploración de GMAC, se encuentran ubicados en el flanco occidental del Anticlinal de Socotá y Flanco occidental del Sinclinal Rucú - Guatamoto. Las condiciones de la zona, que describe una alta actividad tectónica, origina afectación en los flancos de las principales estructuras evidenciando la presencia de fallas de tipo inverso y transversal, los flancos se presentan estrechos y fracturados, conformando diferentes bloques, en los cuales se ha identificado la secuencia carbonífera del área y los cuales limitan la continuidad lateral de las capas y por ende de la actividad minera. Estos bloques carboníferos han sido estudiados, siendo algunos de ellos unidos por la información sobre mediciones de metano en frente de mina y en los cuales se cuantificaron los volúmenes de GMAC como recursos y reservas en diferentes categorías.

7.1 DEFINICIÓN DE RECURSO Y RESERVA

Recurso. Corresponde al volumen u ocurrencia de gas metano presente en el yacimiento carbonífero, el cual ha sido cubicado con base en un estudio geológico detallado, pero los puntos de control no contienen datos puntuales de concentración de metano por tonelada de carbón, se tiene conocimiento por las manifestaciones observadas en las labores mineras y la concentración de gas metano se toma como el promedio de los resultados obtenidos en otros puntos de control sobre el mismo manto de carbón o de estudios que hayan realizado la determinación de las concentraciones por manto, También se clasifican como recursos los volúmenes de gas metano cuantificados mediante puntos de control con datos de medición de contenidos de gas metano expresados en pies cúbicos estándar por tonelada (pie^3/ton), pies cúbicos por tonelada (pc/ton o pie^3/ton), centímetros cúbicos por gramo (cc/gr), o metros cúbicos por tonelada (m^3/ton), pero el estudio geológico base es de carácter regional (Escala 1:25,000, 1:50,000 o más grande).

Los recursos de gas metano se subdividen en categorías, dependiendo de la certeza geológica, la distancia de los puntos de control y la densidad de las mediciones de contenidos de gas metano en el área de estudio, las cuales

correspondieron a: Recursos Medidos, Recursos Indicados, Recursos Inferidos, Recursos Hipotéticos y Recursos Especulativos.

Reserva. Corresponde al volumen de gas metano presente en el yacimiento carbonífero, el cual ha sido cubicado con base en un estudio geológico en escala detallada (1:10000, 1:5000, 1:2000 o más detallada) y mediante puntos de control donde se haya realizado un muestreo sistemático que determine la concentración de metano por tonelada de carbón, tomado de perforación y/o túneles mineros suficientes para determinar la continuidad tanto en rumbo como en buzamiento de los mantos, Estos volúmenes calculados se subdividen en categorías de acuerdo al grado de certeza geológica y densidad de mediciones de CH₄ en el área como Reserva Medidas, Reservas Indicadas y Reservas Inferidas.

7.2 LIMITES PARA LA EVALUACIÓN DE RESERVAS Y RECURSOS

Con el fin de definir los límites para la evaluación de reservas y recursos de GMAC, se han establecido varias zonas que condicionan las diferentes categorías; estas se han establecido teniendo en cuenta el avance de la explotación minera, la zona donde el gas puede volver a estabilizarse luego de la minería y la profundidad a la cual se consideraría la explotación de este, Cada una de ellas, se describen a continuación:

7.2.1 Zona explotada

Zona que ha sido intervenida por la actividad de extracción de carbón (zonas abandonadas y que actualmente se labora), donde las labores mineras permiten la migración del gas a la atmosfera, puesto que se aumenta la permeabilidad del manto con la actividad de explotación, En los planos de los mantos se limitó hasta la línea denominada Avance de La Explotación Minera.

7.2.2 Zona de Dilución

Se determinó como una zona de 200 metros medidos en el buzamiento del manto desde la línea de avance de Explotación Minera hasta la línea denominada Inicio de exploración de GMAC (ver planos 11 a 26), En esta zona se pretende que los contenidos de metano vuelven a registrar valores reales, es el paso de una zona de alteraciones y migraciones a una zona sin intervenir.

7.2.3 Zona de Concentración

En los estudios realizados por la empresa privada (Drummond Ltd, 2005) sobre GMAC, se tiene como referencia para determinar las profundidades adecuadas de exploración y explotación del recurso, el valor de 600m, lo cual es compartido en estudios realizados por Universidades como la Universidad

Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), en donde se ha determinado que a partir de esta profundidad se marca un cambio considerable en el valor de los contenidos de Metano (Mariño, 2011), Sin embargo teniendo en cuenta la profundidad alcanzada con las perforaciones realizadas que corresponde a 300m y 400m y los valores de contenidos de gas metano obtenidos, se ha adelantado el cálculo de recursos y reservas de GMAC en las diferentes capas de carbón identificadas hasta el valor de 600m, denominada Profundidad (ver planos 11 a 26).

7.3 EVALUACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DE GMAC

Con el fin de determinar el potencial de GMAC en la zona de estudio, se han obtenido valores de recursos y reservas en diferentes categorías de evaluación de acuerdo a la información de los puntos de control obtenidos en campo, tanto en superficie, como en profundidad (mediante el muestreo en labores mineras); estas categorías se describen a continuación:

7.3.1 Categorías de Evaluación

Estas categorías, se han establecido de acuerdo al grado de certeza geológica en el área de estudio, del avance en las labores mineras identificadas, estableciendo para ello áreas de influencia alrededor de Puntos de control caracterizados por registrar información de los diferentes mantos de carbón sobre coordenadas de localización, espesor de los mismos, ángulo de inclinación de las capas entre otras.

7.3.1.1 Categorías de Recursos y Reservas Medidos, Indicados, Inferidos

Las categorías de medido y/o medida, indicado y/o indicada e inferido y/o inferida, se definen mediante distancias máximas contadas a partir del punto de medición más cercano (Punto de Control); estos valores se han fijado hasta 400 m., hasta 1200 m, y hasta 3600 respectivamente, El valor de 400 metros se consideró teniendo en cuenta que el avance de la actividad minera supera los 350m en profundidad, apreciándose la continuidad de los mantos, Cada área establecida se identificó en los mapas estructurales (Ver Planos 6 a 26) con un literal desde la A a la F, De acuerdo a lo anterior, se ha establecido las siguientes definiciones:

Reservas Medidas (A)

Se ha establecido como el área representada por 400 metros de radio de influencia desde el punto de Control y en la cual, se cuenta con un volumen de metano por tonelada.

Reservas Indicadas (B)

Área de influencia del punto de control entre 400 m y 1,200 m, en ella, se cuenta con un valor de volumen de metano por tonelada.

Reservas Inferidas (C)

Área de influencia del punto de control entre 1,200 m y 3,600 m, se cuenta con un valor de volumen de metano por tonelada.

Recursos Medidos (D)

Área de influencia del punto de control con un radio de 400 m, no se cuenta con volúmenes de metano por tonelada, se utiliza el promedio de los datos obtenidos en los puntos muestreados.

Recursos Indicados (E)

Área de influencia del punto de control con un radio desde 400 m a 1,200 m, no se cuenta con volúmenes de metano por tonelada, se utiliza el promedio de los datos obtenidos en los puntos muestreados.

Recursos Inferidos (F)

Área de influencia del punto de control con un radio desde 1200 m a 3,600 m, no se cuenta con volúmenes de metano por tonelada, se utiliza el promedio de los datos obtenidos en los puntos muestreados.

Categorías de Recursos Hipotéticos y Especulativos

En la categoría de recurso hipotético se consideran los volúmenes cuantificados de capas de carbón con espesores variables a lo largo del bloque carbonífero y en el cual solamente se cuenta con un solo dato de contenido de gas metano por tonelada de carbón y no se cuenta con labores o destapes que nos garanticen la continuidad de estas capas de carbón.

La categoría de especulativo, se analiza cuando se tiene capas de carbón que no son comercialmente explotables, pero que son identificadas en las perforaciones, se pueden correlacionar con la información de campo obtenida y son objeto de medición de GMAC, El valor de los recursos, se estima, hallando el área entre la posible traza de la capa determinada por distancias estratigráficas y los límites del polígono de estudio, esta se afecta por el valor

obtenido de GMAC más alto, En este caso, no se realizan Mapas de contornos estructurales, ya que no se tiene certeza en su continuidad lateral.

7.3.2 Cálculo del Potencial de GMAC

La evaluación de reservas y recursos se realizó mediante círculos generados a partir de los puntos de control establecidos en frentes mineros y las dos perforaciones realizadas, estos círculos se deforman en el buzamiento dependiendo del ángulo de inclinación del manto de carbón,

En cada punto de información se grafican círculos de 400m, 1200 m, y 3600m, de radio, que determinan las áreas de influencia para las categorías de medido, indicado e inferido, Estos círculos se deforman a elipses conservando la longitud verdadera en el lado paralelo al rumbo del manto, mientras que el lado paralelo al buzamiento se corrige multiplicando la dimensión del lado por el coseno del buzamiento, Se considera, igualmente, la influencia de los límites de Avance de explotación minera, el Inicio de exploración GMAC y la profundidad.

Posteriormente, se calcula y digitalizan las áreas de influencia, obteniendo el valor de la proyección planimétrica del área, El valor real se recalcula dividiendo el valor planimétrico por el coseno del ángulo de buzamiento del manto, este valor se multiplica por el espesor, la densidad y el contenido de gas metano por tonelada para así calcular el volumen de gas metano en las diferentes categoría y zonas limitantes.

Es así, como el cálculo del volumen de GMAC, se efectúa, considerando los siguientes parámetros:

$$\text{Volumen de GMAC} = a \times e \times d \times cg$$

De donde:

a = Área de cálculo

e = espesor de la capa de interés

d = densidad del carbón

cg = contenido de gas metano en la capa de interés

En el cálculo del potencial de GMAC se ha especificado valores de Recursos y Reservas que corresponden a las áreas por encima y por debajo de la zona de Dilución, esto con el fin de tener en cuenta que las zonas por encima de la zona

de Dilución están afectadas por la minería y su influencia, lo cual incide directamente en el valor de las reservas y recursos allí ubicados, Por debajo de la zona de Dilución se tendrían valores de Recursos y Reservas más cercanos a lo que realmente el manto de carbón podría llegar a registrar con respecto al potencial de GMAC.

Igualmente sobre los mapas de contornos estructurales se trazó la línea de profundidad de 600 m desde superficie, que indica la cobertura en metros de cada punto de control y el límite final para el cálculo de reservas y recursos de gas metano asociado al carbón.

7.3.2.1 Recursos y Reservas de GMAC, Descripción de los mantos

Para determinar los recursos y reservas de GMAC en la zona de estudio, se tomó para análisis las capas de carbón con un espesor $\geq 0,40$ m, que fueron colectadas tanto en las perforaciones como en frente de mina, Considerando en las mediciones de los mantos con intercalaciones la fracción correspondiente a carbón.

De acuerdo al objetivo del estudio, solo se evaluaron recursos y/o reservas para los mantos de interés, que corresponden a los que las perforaciones cortaron (Ver Columnas 1 a 8), los cuales se describen a continuación de acuerdo al Sector GMAC evaluado y en posición estratigráfica de base a techo a:

Sector Mortiño - El Pozo

La información registrada en este sector sobre los mantos de carbón identificados, está basada en puntos de control obtenidos en afloramientos, frente de mina, perforaciones realizadas en años anteriores por empresas mineras, con los cuales se describe la siguiente secuencia carbonífera:

Manto 1. Estratigráficamente corresponde al segundo manto de la secuencia carbonífera identificada en la Formación Guaduas (K2E1g), separado del Manto 1, por una distancia de 12,0m aproximadamente, (presenta tres intercalaciones de arcillolitas limosas y limolitas carbonosas), es un carbón tipo clareno con láminas de vitreno; el respaldo superior lo constituyen limolitas carbonosas y el respaldo inferior arcillolitas de color gris claro. El espesor promedio es de 2,44 m. El rumbo varía entre N15°E a N70°E, con buzamientos entre 10° a 30° SE.

Los resultados de los análisis físico-químicos obtenidos en la muestra 15757804017, arrojaron un contenido de cenizas de 3,99% (bs), materia volátil de 28,53% (bs), azufre de 0,92% (bs), un contenido de carbono de 71,25% (slmm) y un poder calorífico de 15661,57 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso medio volátil (bmv), (ver Tabla 12). El manto presenta una gravedad específica de 1,18 y presenta un índice de hinchamiento de 5,0.

Para la evaluación del potencial de GMAC, se tuvo en cuenta 7 puntos de control, desde el MP1 a MP7 (ver Tabla 9). Para el cálculo del potencial, se utilizó el valor de medición de GMAC promedio en la zona equivalente a 27,31 pies³/ton (obtenido con los valores de GMAC de las muestras de frente de mina), debido a que no se contó con mediciones en los puntos de control de este manto (ver Tabla 8). El potencial determinado corresponde a 803.207.900,44 pies³, equivalente a 0,8 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 13, 20 y Anexos H, I).

Manto 2. Estratigráficamente corresponde al tercer manto de la secuencia carbonífera identificada en la Formación Guaduas (K2E1g), separado del Manto 1, con una distancia entre 5,0m a 10,0m aproximadamente, este carbón es tipo fuseno a vitreno, los respaldos están formados por arcillolitas limosas de color negro con láminas de vitreno. El espesor promedio es de 2,70 m. El rumbo varía entre N30°E a N74°E, con buzamientos entre 10° a 17° NW y 24° a 30° SE.

Los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos realizados en la muestra 15757804021, arrojaron un contenido de cenizas de 5,02% (bs), materia volátil de 28,20% (bs), azufre de 0,86% (bs), un contenido de carbono de 71,34% (slmm) y un poder calorífico de 15703,21 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso medio volátil (bmv), (ver Tabla 12), El manto presenta una gravedad específica de 1,14 y un índice de hinchamiento de 9.

Para la evaluación del potencial de GMAC, se tuvo en cuenta 9 puntos de control, desde el MP8 a MP16 (ver Tabla 9), de los cuales en el punto MP08, se realizó medición de contenido de gas metano con un valor de 63,27 pie³/ton (ver Tabla 8), en los demás puntos de control se utilizó el promedio de contenido de gas metano en el sector de 27,31 pies³/ton, obteniéndose un potencial de 315.300.691,84 pies³ equivalente a 0,30 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 14, 20 y Anexos H, I).

Suprayaciendo este manto se encuentra una capa de carbón de 1,10 m (denominado para el estudio como Manto 21), sus respaldos son arcillolitas limosas de color gris con restos de materia orgánica. El rumbo corresponde a N 30° E y buzamiento de 9° SE. No se evaluó este manto, debido a los escasos puntos de control identificados (ver Tabla 9) y por tanto la incertidumbre en su continuidad lateral.

Manto 3. Suprayace al manto anterior en una distancia estratigráfica entre 34,0 m a 76,0 m aproximadamente, el espesor promedio es de 1,1 m, es un carbón tipo clareno a fuseno, sus respaldos corresponden a arcillolitas de color gris. El rumbo varía entre N20°E a N74°E y el buzamiento entre 8° a 24° SE y 10° a 20°NW.

No se realizaron análisis fisicoquímicos en este manto, debido a que no se pudo tomar muestras en ninguna mina.

Se tomaron 9 puntos de información denominados MP17 a MP25 (ver Tabla 9) utilizados para la evaluación de recursos y reservas en sus diferentes categorías; el valor de GMAC empleado correspondió al del promedio de la zona 27,31 pies³/ton de gas total libre de Cenizas (obtenido con los valores de GMAC de las muestras de frente de mina), debido a que no se contó con mediciones en los puntos de control de este manto. El potencial de metano fue de 294.707.835,81 pies³ equivalente a 0,30 Bcf (Billones de pies³), ver Tablas 15, 20 y Anexos H, I.

Manto 4. Este manto se encuentra estratigráficamente suprayaciendo el manto anterior en una distancia entre 29,0 m a 67,0 m, es un carbón clareno a vitreño. Los respaldos de este manto, están constituidos por arcillolitas de color gris a rojizo. El espesor en promedio es de 0,70 m. El rumbo varía entre N25°E a N74°E y el buzamiento entre 10° a 22° SE y 10° a 15° NW.

En la muestra 15757804013, se adelantaron análisis físico-químicos, que aportaron información sobre cenizas de 6,83%(bs), materia volátil de 30,24%(bs), azufre de 0,98%(bs), un contenido de carbono de 68,65%(slmm) y un poder calorífico de 15698,12 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso alto volátil A (bav A), (ver Tabla 12). El manto presenta una gravedad específica de 1,23 y presenta un índice de hinchamiento en promedio de 6,0.

Para la evaluación de recursos y reservas se utilizaron 8 puntos de control desde MP26 a MP33 (ver Tabla 9); de los cuales en el punto MP30 (frente de mina) se tomó muestra para determinar el contenido de gas metano (ver Tabla 8), con un valor de gas total libre de cenizas de 24,18 pies³/ton, en los demás puntos se tomó el promedio de la zona (ver Tabla 8); con estos puntos de control se generaron áreas para el cálculo de reservas medidas e indicadas y recursos en sus diferentes categorías.

El potencial de metano calculado fue de 482.461.764,16 pies³ equivalente a 0,49 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido, (ver Tablas 16, 20 y Anexos H, I).

Manto 5. Se ubica suprayaciendo el manto anterior en una distancia estratigráficamente entre 1,70 m a 8,0 m; es el quinto manto de interés comercial de base a techo conocido en la Formación Guaduas (K2E1g), es un carbón tipo clareno a vitreño; sus respaldos los constituyen arcillolitas limosas de color gris. Este manto presenta un espesor promedio de 1,46 m, con una

intercalación de arcillolita de color gris; el rumbo promedio es de N27°E a N74°E y el buzamiento varía entre 18° a 25° SE y 10° a 45° NW.

No se realizaron análisis fisicoquímicos en este manto, debido a que no se pudo tomar muestras en ninguna mina.

Para el cálculo del potencial, se utilizaron 11 puntos de control desde el MP34 hasta MP44 (ver Tabla 9) con el valor de medición de GMAC promedio en la zona equivalente a 27,31 pies³/ton de gas libre de cenizas. El potencial de metano fue de 335.575.514,96 pies³ equivalente a 0,34 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 17, 20 y Anexos H, I).

Manto 6. Suprayaciendo el manto anterior, se encuentra este manto a una distancia estratigráfica entre 6,0m a 11,0m, presenta un espesor de 1,29 m., con una intercalación de arcillolita limosa de color gris, es un carbón tipo clareno, fuseno a vitreno; los respaldos están conformados por arcillolitas limosas de color gris. Posee un rumbo entre N27°E a N74°E y buzamientos entre 10° a 27° NW y 10° a 20° SE.

Se realizaron análisis físico-químicos en la muestra 15757804016, arrojando valores de cenizas de 7,89% (bs), materia volátil de 28,98%(bs), azufre de 1,49%(bs), un contenido de carbono de 69,94%(slmm) y un poder calorífico de 15651,83 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso medio volátil (bmv), ver Tabla 12. Presenta además una gravedad específica promedio de 1,23 y un índice de hinchamiento de 2½.

Los puntos de control MP45 a MP53 (ver Tabla 9), se utilizaron para la evaluación de reservas y recursos en sus diferentes categorías, de los cuales en el punto MP53 se tomó muestra de contenido de gas metano (ver Tabla 9), arrojando un total de gas libre de cenizas de 11,92 pies³/ton. El potencial de metano calculado es de 532.951.356,23 pies³, equivalente a 0,53 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 18, 20 y Anexos H, I).

Manto 7. Ubicado hacia el techo de la secuencia carbonífera de la formación Guaduas (K2E1g), este manto se encuentra ubicado estratigráficamente suprayaciendo el Manto 6 con una distancia entre 3,0 y 10,0 m aproximadamente.

Es un carbón clareno, fuseno a vitreno; el respaldo superior, corresponde a arcillolitas limosa de color gris, con presencia de micas, lentes de arenita de grano fino, de color blanco; el respaldo inferior está formado por limolitas arcillosas de color gris a gris oscuro.

El espesor del manto varía entre 2,81m, de acuerdo a los puntos de control identificados, con rumbo entre N 27°E a N 74°E y buzamientos entre 8° a 27° SE y 10° a 20°NW.

Se realizaron análisis físico-químicos en la muestra 15757804014, con un valor de Cenizas de 8,95%(bs), materia volátil de 29,83 (bs), azufre de 1,07%(bs), un contenido de carbono de 68,65%(slmm) y un poder calorífico de 15486,84 Btul/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso Alto volátil A (bav A), (ver Tabla 12); presenta una gravedad específica de 1,28 y un índice de hinchamiento de 5,0.

Para la evaluación de recursos se utilizaron 9 puntos de control (MP54 a MP 62), (ver Tabla 9), de los cuales en el punto MP59, se tomó una muestra de contenido de gas metano en frente de mina (ver Tabla 8), el cual arrojó un total de gas libre de cenizas de 18,86 pies³/ton. El potencial de metano calculado fue de 524.546.543,39 pies³ equivalente a 0,53Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 19, 20 y Anexos H, I).

Suprayaciendo este manto se encuentra una capa de carbón de 1,90 m (conocido como Manto 8) y cuyos respaldos son arcillolitas limosas de color gris oscuro. El rumbo corresponde a N 30° W y buzamiento de 4° NE. Se realizó análisis físicoquímicos a esta muestra con un valor de cenizas de 8,95%(bs), materia volátil de 29,83 (bs), azufre de 1,07%(bs), un contenido de carbono de 68,65%(slmm) y un poder calorífico de 15486,84 Btul/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso Alto volátil A (bav A), (ver Tabla 12); presenta una gravedad específica de 1,28 y un índice de hinchamiento de 5,0.

No se evaluó este manto, debido a los escasos puntos de control identificados (ver Tabla 9) y por tanto la incertidumbre en su continuidad lateral.

Sector Coscativá

El sector Coscativá, se caracteriza por estar afectado por una serie de fallas de tipo normal que origina en el relieve una secuencia de bloques hundidos y levantados que interrumpe la continuidad de los mantos de carbón y en loscuales se ha identificado hasta 8 capas de carbón, de las cuales se tiene certeza geológica en 7 de ellas, cuya descripción se realiza a continuación teniendo en cuenta las columnas 2 y 7:

Manto 1. Es la segunda capa de carbón identificada en el área de estudio y dela cual se tiene referencia en las diferentes minas de la zona.

Es un carbón tipo fuseno a clareno; el respaldo superior lo conforman arcillolitas carbonosas y el respaldo inferior limolitas arcillosas de color gris con lentes y láminas de arenita de grano fino. El espesor promedio es de 0,93 m; el rumbo varía entre N30°E a N50°E y el buzamiento varía entre 15° a 20° NW.

Se realizaron análisis físico-químicos en las muestras 15755804019 y 15755804031, arrojando valores de cenizas entre 2,80%(bs) a 7,94%(bs), materia volátil entre 21,56%(bs) a 18,23%(bs), azufre de 0,64%(bs) a 0,58%(bs), un contenido de carbono de 78,68% (slmm) a 80,84% (slmm) y un poder calorífico de 15705,92 a 16027,59 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar los carbones en un rango de Bituminoso bajo volátil (bmv), ver Tabla 12. El manto presenta una gravedad específica entre 1,26 a 1,30 y presenta en promedio un índice de hinchamiento de 7½.

La evaluación se llevó a cabo teniendo en cuenta 4 puntos de control, desde el COS01 al COS04 (ver Tabla 10), de los cuales en el punto de control COS02 se obtuvo un valor de 78,47 pies³/ton de gas total libre de cenizas, en el pozo Socotá-1 y COS03 en la mina Esperanza 1, con un valor de gas total libre de Cz de 37,49 pies³/ton (ver Tabla 10), con estos valores se obtuvo un potencial de 183.380.628,41 pies³ equivalente a 0,183 Bcf (Billones de pies³) de GMAC como reservas y recursos en las categorías de medidos, indicados e inferidos para este manto, (ver Tablas 21,28y Anexos H, I).

Infrayaciendo este manto y a una distancia estratigráfica entre 2,0 m y 5,0 m, se ha identificado una capa de carbón de 0,60m, conocida con el nombre de Manto 0, la cual no se pudo seguir a lo largo del sector (Ver Tabla 10).

Manto 2. Separado estratigráficamente del manto anterior por un intervalo entre 4,45 m y 11,0 m de limolitas arcillosas de color gris claro, láminas y lentes de arenita de grano fino, color blanco, que constituyen el respaldo inferior, el respaldo superior está conformado por arcillolitas de color violeta, arcillolita limosa a arenita arcillosa de color violeta. Estratigráficamente corresponde al manto número 3 de base a techo de la secuencia carbonífera identificada en la Formación Guaduas (K2E1g) que es explotable en la zona de estudio. El espesor promedio es de 1,50 m; el rumbo varía entre N25°E a N60°E, el buzamiento varía entre 15° a 17° NW.

Los resultados promedios de los análisis físico-químicos realizados en las muestras 15755804006 y 15755804025 registran valores de contenidos de cenizas de 36,46%(bs), materia volátil de 15,75 %(bs), azufre de 1,62 %(bs), un contenido de carbono de 82,60%(slmm) y un poder calorífico de 15996,82 Btu/lb (Hlmm) lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso bajo Volátil (bbv), ver Tabla 11. El manto presenta una gravedad específica de 1,3 a 1,38 y un índice de hinchamiento en promedio de 4½.

La evaluación se llevó a cabo teniendo en cuenta 5 puntos de control, desde el SOC05 al SOC09 (ver Tabla 10), de los cuales en el punto de control SOC06 se registró un valor de contenido de metano de 163,85 pies³/ton en el Pozo Socotá-1 (ver Tabla 6) y en el punto SOC08, obteniéndose 54,25 pies³/ton en la mina Esperanza 1 de Socotá (ver Tabla 8), con este valor se obtuvo un potencial de 806.552.887,81 pies³ equivalente a **0,81 Bcf** (Billones de pies³) de GMAC, como reservas y recursos en las categorías de medidos, indicados e inferidos para este manto (ver Tablas 22, 28 y Anexos H, I).

Manto 3. Se ha identificado a una distancia estratigráfica del manto anterior de 4,75 m a 6,0 m, es un carbón tipo clareno a fuseno; el respaldo superior, lo constituyen arcillolitas de color gris claro a arcillolitas limosas con presencia de nódulos, el respaldo inferior, corresponde a arcillolitas de color violeta a varicoloreada y arcillolitas limosas a arenitas arcillosas. El espesor promedio es de 1,43 m; el rumbo varía entre N13°E a N30°E, con buzamientos entre 14° a 33° al NW.

Se realizaron análisis fisicoquímicos en la muestra 15755804024, con valores de cenizas de 9,98% (bs), materia volátil de 17,64% (bs), azufre de 0,88%(bs), un contenido de carbono fijo de 82,22% (slmm) y un poder calorífico de 15542,45 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso bajo volátil (bbv), ver Tabla 12; el manto presenta un índice de hinchamiento de 7½.

El cálculo del potencial, se llevó a cabo teniendo en cuenta 3 puntos de control, desde el COS10 al COS12 (ver Tabla 10), donde el punto COS11, fue muestreado para medición de contenidos de metano y determinación del Gas total libre de cenizas, con un valor de 74,68 pies³/ton en el pozo Socotá-1, (ver Tabla 6). El valor obtenido de potencial para este manto, fue de 365.114.838,04 pies³ equivalente a **0,37 Bcf** en las categorías de Recursos y Reservas medidos, indicados e inferidos para este manto (ver Tablas 23 ,28 y Anexos H, I).

Manto 4. Separado del manto anterior por una distancia estratigráfica que varía entre 32,50 m a 62,0 m de arcillolitas limosas de color gris con presencia de láminas y lentes de arenita de grano fino, color blanco, hacia la base de este nivel arenitas de grano fino a muy fino, color gris a blanco. Este carbón es tipo clareno a fuseno; sus respaldos lo constituyen limolitas arcillosas de color gris con láminas y lentes de arenita de grano fino, color blanco. El espesor promedio es de 0,60 m. El rumbo varía entre N20°E a N70°E, con buzamientos entre 8° a 30° al NW.

En las muestras 15755804029 y 15755804018, se adelantaron análisis fisicoquímicos con resultados en promedio de cenizas de 6,34%(bs), materia volátil de 20,7%(bs), azufre de 0,63%(bs), contenido de carbono de 82,03%(slmm) y un poder calorífico de 15695,57 Btu/lb (Hlmm) lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso Medio Volátil (bmv), ver tabla 12. En la

muestra 15755804018, se obtuvo un valor de gravedad específica de 1,27 y de índice de hinchamiento de 8½.

Se utilizaron 5 puntos de control desde el COS13 al COS17 (ver Tabla 10), dos de los cuales se utilizaron para calcular contenidos de gas metano y por ende valores de Gas total libre de cenizas en los puntos COS14 y COS16 con valores de 66,25 pies³/ton en el Pozo Socotá-1 (ver Tabla 6) y 43,55 pies³/ton, en la Mina La Esperanza, Bocamina Pitufa 5 (ver Tabla 8). Con estos valores se calculó el potencial de metano equivalente a 171.507.537,54 pies³ o 0,17 Bcf (Billones de pies³) en las categorías de Recursos y Reservas medidos, indicados e inferidos para este manto (ver Tablas 24,28 y Anexos H, I).

Manto 5. Este manto, se ha identificado a una distancia estratigráfica del anterior de entre 14,0 m y 17,0 m, es un carbón tipo fuseno a clareno, con dos intercalaciones de 0,80 m y 0,30 m de arcillolita limosa de color gris oscuro. El respaldo superior corresponde a una arenita de grano fino, de color gris blanco con intercalaciones de limolita de color gris, mientras el respaldo inferior lo constituyen arcillolitas limosas de color gris, su espesor promedio de 1,60 metros. El rumbo varía entre N15°E a N50°E, con buzamientos entre 17° a 21° NW.

En la muestra 15755804023, correspondiente a Pozo Socotá-1, se realizó análisis físico-químicos, con valores de cenizas de 23,89%(bs), materia volátil de 18,17%(bs), azufre de 3,31%(bs), contenido de carbono de 84,08%(slmm) y un poder calorífico de 15686,33 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso bajo Volátil (bmv), ver Tabla 12; en esta muestra, el manto presenta una gravedad específica de 6½.

Para el cálculo del potencial, se utilizaron 3 puntos de control desde el SOC18 al SOC20, en el SOC19 (ver Tabla 10) se realizó medición de contenido de gas metano para la determinación de Gas total libre de cenizas, obteniéndose un valor de 84,34 pie³/ton (Ver Tabla 6), con este y el promedio de gas total libre de cenizas en el sector, se realizó la evaluación de recursos y reservas, donde se calculó un total de 398.577.216,40 pies³ equivalente a 0,40 Bcf (Billones de pies³) de metano para este manto (Ver Tablas 25,28 y Anexos H, I).

Manto 6. Este manto está separado del manto anterior por un intervalo en promedio de 35,0 m, compuesto por arcillolitas limosas de color gris oscuro con láminas de arenitas de grano fino, color blanco y niveles de arenitas de grano fino de color gris a blanco. Este carbón es de tipo clareno a fuseno con láminas de vitreno. Los respaldos están constituidos por arcillolitas limosas de color gris oscuro. El espesor promedio para el sector de estudio es de 1,10 m. El rumbo varía entre N10°E a N57°E, con buzamientos entre 8° a 43° NW.

Los resultados promedios de los análisis físico-químicos realizados en las muestras 15755804022 y 15755804011, corresponden a un contenido de cenizas de 7,80% (bs), materia volátil de 20,40% (bs), azufre de 1,34%(bs), carbono fijo de 79,88%(slmm) y un poder calorífico de 15696,41 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso medio volátil (bmv), (ver Tabla 12). En la muestra 15755804011, el valor de gravedad específica es de 1,27 y el promedio de índice de hinchamiento de las dos muestras es de 7½.

Se utilizaron 4 puntos de control desde el COS21 al COS24 (ver Tabla 10), en dos de los cuales COS22 (mina La Primavera) y COS23 (Pozo Socotá-1), se tomaron muestras para la determinación del Gas total libre de cenizas, con valores de 27,28 pies³/ton y 39,82 pies³/ton respectivamente (ver tablas 6 y 8); estos valores fueron utilizados para la evaluación del potencial, donde se calculó un total de 133.698.967,03 pies³, equivalente a 0,13 Bcf (Billones de pies³) de metano en las categorías de medidos, indicados e inferidos para este manto (ver tablas 26, 28 y Anexos H, I).

Manto 7. Se encuentra localizado hacia el techo de la formación Guaduas, separado del manto anterior en una distancia entre 12,0 m y 28,0 m; es un carbón clareno a fuseno. Los respaldos están constituidos por arenitas de grano muy fino a fino, de color gris a blanco. El espesor promedio con intercalaciones es de 0,70 m. El rumbo del manto varía entre N10°E a N40°E y el buzamiento fluctúa entre 10° a 35° al NW.

En la muestra 15755804028, del Pozo Socotá-1, se realizaron análisis físico-químicos con valores de contenido de cenizas de 33,68 %(bs), materia volátil de 17,74%(bs), azufre de 0,93%(bs), contenido de carbono de 76,41%(slmm) y un poder calorífico de 15615,37 Btu/lb (Hlmm) lo que permite clasificar el carbón como Bituminoso medio volátil.

Los puntos de control utilizados para su evaluación van desde el COS25 al COS27 (ver Tabla 10) de los cuales en el punto COS26, se tomó muestra para determinar el valor de Gas total libre de cenizas, correspondiente a la perforación Socotá-1 (ver Tabla 7), cuyo valor fue 26,82 pies³/ton, valor empleado para el cálculo del potencial equivalente a 81.896.731,77 pies³ equivalente a 0,082 Bcf (Billones de pies³) de metano en las categorías de medidos, indicados e inferidos para este manto (ver tablas 27, 28 y Anexos H, I).

Sector GMAC Rucú – Gutatamo

Los mantos identificados en este sector están localizados en el flanco occidental del Sinclinal Rucú – Gutatamo, son afectados por fallas transversales de rumbo, en cuyo trazo se ha identificado desplazamientos tanto en el componente vertical como en el horizontal, estas generan bloques en los cuales

se evidencian cambios en la inclinación de las capas, siendo el norte la zona que presentan mayores ángulos de buzamiento (40° - 50°). La secuencia carbonífera está compuesta por 7 mantos de carbón, los cuales se describen a continuación de base a techo teniendo en cuenta la información registrada en las columnas 4, 5, 6 y 8:

Manto 1. Estratigráficamente corresponde de techo a base al primer manto explotable de la secuencia carbonífera identificada en la Formación Guaduas (K2E1g), es un carbón tipo clareno a fuseno con láminas de vitreno; su respaldo superior está constituido por arcillolitas de color gris claro con niveles concrecionales de limolita, mientras su respaldo inferior presenta arcillolitas limosas de color gris claro. El espesor promedio es de 0,70 m. El rumbo varía entre $N15^{\circ}E$ a $N35^{\circ}E$, con buzamientos entre 10° y 30° SE.

Se realizó análisis fisicoquímicos en la muestra 15755804005, donde se obtuvo valores de contenido de cenizas de 11,44% (bs), materia volátil de 17,48% (bs), azufre de 0,67% (bs), contenido de carbono de 82,04% (slmm) y un poder calorífico de 15650,17 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango de Bituminoso bajo volátil (bbv), ver Tabla 12. El manto presenta una gravedad específica de 1,30 y un índice de hinchamiento de $6\frac{1}{2}$.

Para la evaluación del potencial de GMAC, se tuvo en cuenta 3 puntos de control, desde el RG1 al RG3 (ver Tabla 11), de los cuales en el punto RG1, se tomó muestra para determinación de gas metano, con un valor de 12,38 pies³/ton (ver Tabla 8), en los demás puntos se utilizó el promedio de gas total libre de Cenizas del sector, obteniéndose un potencial de 204.921.335,57 pies³ equivalente a 0,21 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 29, 36 y Anexos H, I).

Infrayaciendo este manto, se ha encontrado una capa de carbón de 0,60m, conocida con el nombre de Manto 0, a una distancia estratigráfica en promedio de 6,0 m del Manto 1, la cual no se pudo seguir a lo largo del sector (Ver Tabla 11).

Manto 2. Ubicado hacia la base de la formación Guaduas (K2E1g), es el manto de mayor interés económico en la zona de estudio, corresponde a un carbón clareno a fuseno con láminas de vitreno; su respaldo superior está constituido por limolitas y arcillolitas de color gris con láminas de arenita de grano fino y el respaldo inferior por arcillolitas de color gris claro con niveles concrecionales de limolita. El espesor promedio del manto es de 2,10 m, presenta de 2 a 3 intercalaciones de arcillolitas de color gris. El rumbo fluctúa entre $N 10^{\circ}E$ a $N 80^{\circ}E$ y el buzamiento entre 20° a 28° NW y 10° a 40° SE.

Se realizó análisis fisicoquímicos en las muestras 15755804003 y 15755804006, obteniéndose valores en promedio de contenido de cenizas de 21,03%(bs),

materia volátil de 16,0 (bs), azufre de 1,36%(bs), contenido de carbono de 83,0%(slmm) y un poder calorífico de 15658,3 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un rango Bituminoso bajo Volátil (bbv), ver Tabla 12. En cuanto a la gravedad específica, se tiene un promedio de 1,34 y un índice de hinchamiento de 4½.

Para la evaluación de recursos se utilizaron 7 puntos de control (RG4 a RG10, ver Tabla 11), de los cuales en los puntos RG5 y RG6 se tomó muestra de contenido de gas metano (ver Tabla 8), con valores de 68,14 pies³/ton y 54,14 pies³/ton respectivamente, para los demás puntos se tomó el promedio de gas libre de cenizas del sector. El potencial de metano calculado fue de 688.834.225,63 pies³ equivalente a 0,69 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 30, 36 y Anexos H, I).

Manto 3. Se ubica estratigráficamente a una distancia de 22,0 m suprayaciendo el manto anterior, es un carbón clareno a fuseno con láminas de vitreno, los respaldos están conformados por arcillolitas limosas de color gris. Presenta un espesor promedio de 1,30 m. El rumbo varía entre N 10° E a N40° E con buzamientos entre 12° y 40° SE.

De las muestras obtenidas, se realizó análisis físico-químicos en la muestra 15755804004, en la cual se registró valores de contenidos de cenizas de 8,18% (bs), materia volátil de 18,69%(bs), azufre de 0,62%(bs), contenido de carbono de 81,0%(slmm) y un poder calorífico de 15684,87 Btu/lb (Hlmm), clasificando el carbón en un rango de Bituminoso bajo volátil (bbv), ver Tabla 11. La muestra presenta valores de gravedad específica de 1,31 y un índice de hinchamiento de 7.

Los puntos de control RG11 a RG15 (ver Tabla 11), se utilizaron para la evaluación de reservas y recursos en sus diferentes categorías, de los cuales en el punto RG11 se tomó muestra de contenido de gas metano (ver Tabla 8), obteniéndose un valor de gas total libre de cenizas de 28,23 pies³/ton. El potencial de metano calculado es de 211.009.435,47 pies³, equivalente a 0,21 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 31, 36 y Anexos H, I).

Manto 4. Se ubica estratigráficamente suprayaciendo el manto anterior a una distancia promedio de 14,16 m, es un carbón clareno a fuseno y vitreno, su respaldo superior lo constituyen arcillolitas y limolitas de color gris mientras su respaldo inferior arcillolitas limosas de color gris claro con niveles concrecionales de limolita. El espesor promedio es de 1,10 m, cuya dirección de las capas varía entre N 10° E a N 50°E con buzamientos entre 25° a 40° al SE.

Debido a los escasos trabajos de explotación en este manto, no se pudo obtener una muestra representativa.

Para el cálculo del potencial, se utilizaron 3 puntos de control desde el RG16 a RG18 (ver Tabla 11), en los cuales no se pudo hacer mediciones para determinar contenidos de gas metano, por ser afloramientos, para la evaluación se utilizó el promedio de gas total libre de cenizas del sector (36,61 pies³/ton). El potencial de metano fue de 302.931.284,05 pies³ equivalente a 0,30 Bcf (Billones de pies³) como recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 32, 36 y Anexos H, I).

Manto 5. Identificado a una distancia en promedio de 44,0 m suprayaciendo el manto anterior, es un carbón clareno a fuseno, con láminas de vitreno y dureno, sus respaldos están constituidos por arcillolitas limosas de color café claro a gris con capas delgadas de arenita de grano fino, color blanco, presenta un intercalación de arenita de grano fino, hacia el respaldo inferior. El espesor promedio es de 1,70 m, con variaciones en el rumbo entre N 10°E a N 80°E y buzamientos entre 15° a 30° SE.

De los análisis físico-químicos realizados en las muestras 15755804009 y 15755804026, se tiene un promedio de cenizas de 7,85%(bs), materia volátil de 18,72%(bs), azufre de 1,5%(bs), contenido de carbono de 86,6%(slmm) y un poder calorífico de 15697,59 Btu/lb (Hlmm), con lo cual se clasifica la muestra como en un rango de Bituminoso bajo volátil a Antracita, ver Tabla 12. Los valores de gravedad específica corresponden a 1,33 y de índice de hinchamiento en promedio 8,0.

Para la evaluación de recursos y reservas se utilizaron 5 puntos de control desde RG19 a RG23, (ver Tabla 11), de los cuales en RG19 y RG21, se tomaron muestras para medición de contenidos de gas metano obteniéndose valores de gas total libre de cenizas de 28,25 pies³/ton (ver Tabla 8) y 59,12 pies³/ton (ver Tabla 6) respectivamente. Con estos puntos de control se generaron áreas para el cálculo de reservas medidas e indicadas y recursos en sus diferentes categorías.

El potencial de metano calculado fue de 541.764.489,57 pies³ equivalente a 0,42 Bcf (Billones de pies³) como reservas y recursos en las categorías de medido, indicado e inferido, (ver Tablas 33,36 y Anexos H, I).

Manto 6. Suprayace al manto anterior con una distancia que varía entre 6,0 a 20,0 m, es un carbón de tipo vitreno a fuseno; el respaldo superior corresponde a arcillolitas carbonosas a arcillolitas de color café claro con el respaldo inferior de arenitas de grano fino de color gris claro, con láminas de limolita de color gris oscuro. Este manto presenta un espesor promedio de 2,0 m, el rumbo varía entre N10° E a N 60°E y el buzamiento entre 27° a 40° SE.

De los análisis físico-químicos realizados en 4 muestras (15755804001, 15755804002, 15755804008, 15755804033), se tiene un promedio de cenizas de 18,57% (bs), materia volátil de 18,57% (bs), azufre de 1,04% (bs), contenido de carbono de 82,68 % (slmm) y un poder calorífico de 15876,05 Btu/lb (Hlmm), con lo cual se clasificó el carbón como Bituminoso bajo volátil (bbv) a Semi-antracita, ver Tabla 12. El manto presenta en promedio una gravedad específica de 1,30 y un índice de hinchamiento de 5½.

Se tomaron 6 puntos de información denominados RG24 a RG29 (ver Tabla 11) utilizados para la evaluación de recursos y reservas en sus diferentes categorías; en los puntos RG24, RG26, RG28, RG29, se realizó mediciones de contenidos de gas metano, obteniéndose valores de gas total libre de cenizas de 17,53 pies³/ton (ver Tabla 8), 62,15 pies³/ton (ver Tabla 7), 14,85 pies³/ton y 19,95 pies³/ton (ver Tabla 8), respectivamente, valores con los cuales se calcula el potencial de metano que fue de 297.187.008,34 pies³, equivalente a 0,30 Bcf (Billones de pies³), ver Tablas 34, 36 y Anexos H, I.

Manto 7. Este manto, se localiza estratigráficamente hacia el techo de la Formación Guaduas (K2E1g) y está separado del Manto 6 por una distancia entre 8,0 m a 16,0 m; es un carbón clareno a fuseno con láminas de vitreno, su respaldo superior los constituye limolitas arcillosas de color gris oscuro, el respaldo inferior arenitas de grano fino a muy fino de color gris claro. El espesor promedio es de 1,84 m; el rumbo varía entre N15°E a N80°E y N15°W a N30°W, con buzamientos en promedio de 36° SE y 22° NE.

Los resultados promedios de los análisis físico-químicos realizados en dos muestras (15755804007 y 15755804010), registran valores promedio de contenido de cenizas de 8,76% (bs), materia volátil de 20,86% (bs), azufre de 0,65% (bs), un contenido de carbono de 78,5% (slmm), y un poder calorífico de 15720,46 Btu/lb (Hlmm), lo que permite clasificar el carbón en un Bituminoso bajo volátil (bbv), ver Tabla 12. El manto presenta en promedio una gravedad específica de 1,35 y un índice de hinchamiento de 7.

Para la evaluación del potencial de GMAC, se tuvo en cuenta 6 puntos de control, desde el RG30 a RG35 (ver Tabla 11), de los cuales RG30 y RG32, poseen mediciones gas metano con valores de gas total libre de cenizas de 31,14 pies³/ton y 23,88 pies³/ton (ver Tabla 8), obteniéndose un potencial de 187.063.169,28 pies³ equivalente a 0,19 Bcf (Billones de pies³) como recursos en las categorías de medido, indicado e inferido (ver Tablas 35, 36 y Anexos H, I).

Tabla 9. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Mortiño – El Pozo.

No	PUNTO DE CON TROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
1	MP1	1.152.579	1.152.250	Manto 1	3,15	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N70E/15NW		
2	MP2	1.154.060	1.152.093	Manto 1	1,10	Cooprol. Bm. Bm El Arrayán. Inclinado principal a 130m. Socha	N27E/8SE	15757804014	FM:15
3	MP3	1.154.470	1.151.713	Manto 1	2,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N34E/27SE		
4	MP4	1.155.420	1.152.013	Manto 1	1,50	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N37E/18SE		
5	MP5	1.156.254	1.152.737	Manto 1	1,50	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N34E/17SE		
6	MP6	1.157.293	1.115.312	Manto 1	1,50	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N34E/17SE		
7	MP7	1.150.162	1.153.617	Manto 2	2,40	Mina Mortiño. Bm Mortiño 2. Inclinado principal a 130m. Socha	N70E/17NW	15757804021	FM:21
8	MP8	1.152.579	1.152.250	Manto 2	1,59	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
9	MP9	1.152.749	1.152.416	Manto 2	3,35	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
10	MP10	1.153.121	1.152.056	Manto 2	4,55	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
11	MP11	1.153.744	1.152.028	Manto 2	1,45	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N40E/18SE		
12	MP12	1.154.154	1.151.877	Manto 2	1,45	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N37E/20SE		
13	MP13	1.154.504	1.151.750	Manto 2	1,00	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N40E/27NW		
14	MP14	1.155.331	1.152.197	Manto 2	2,47	Cooprol. Bm San José. Nivel 1 W. Socha	N27E/10SE	15757804016	FM:17
15	MP15	1.149.875	1.153.555	Manto 3	0,70	Afloramiento cerca mina Mortiño. Socha	N70E/20NW		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
16	MP16	1.152.579	1.152.250	Manto 3	1,39	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
17	MP17	1.152.749	1.152.416	Manto 3	2,11	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
18	MP18	1.153.121	1.152.056	Manto 3	1,24	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
19	MP19	1.153.744	1.152.028	Manto 3	2,00	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N27E/18SE		
20	MP20	1.154.521	1.151.773	Manto 3	0,35	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N30E/25SE		
21	MP21	1.154.787	1.151.645	Manto 3	1,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N34E/20SE		
22	MP22	1.155.132	1.151.804	Manto 3	1,80	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N37E/18SE		
23	MP23	1.155.382	1.151.980	Manto 3	1,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N37E/18SE		
24	MP24	1.152.579	1.152.250	Manto 4	2,62	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
25	MP25	1.152.749	1.152.416	Manto 4	2,76	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
26	MP26	1.153.121	1.152.056	Manto 4	1,37	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
27	MP27	1.153.316	1.151.634	Manto 4	1,45	Pozo 4.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
28	MP28	1.153.967	1.152.061	Manto 4	1,74	Cooprol. Bm 21 Esperanza. Bm El Porvenir. Nivel 3 Este. Socha	N30E/10SE	15757804013	FM:14
29	MP29	1.154.032	1.151.920	Manto 4	1,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N30E/10SE		
30	MP30	1.154.154	1.151.937	Manto 4	1,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N25E/22SE		
31	MP31	1.155.405	1.152.104	Manto 4	1,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N27E/17SE		
32	MP32	1.149.832	1.153.488	Manto 5	0,35	Afloramiento cerca mina Mortiño. Socha	N17E/17NW		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
33	MP33	1.152.579	1.152.250	Manto 5	1,35	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
34	MP34	1.152.749	1.152.416	Manto 5	2,00	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
35	MP35	1.153.121	1.152.056	Manto 5	1,46	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
36	MP36	1.153.356	1.151.919	Manto 5	0,35	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N45E/45NW		
37	MP37	1.153.316	1.151.634	Manto 5	1,50	Pozo 4.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
38	MP38	1.153.989	1.151.984	Manto 5	0,50	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N30E/24SE		
39	MP39	1.154.144	1.151.945	Manto 5	0,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N35E/22SE		
40	MP40	1.155.335	1.151.971	Manto 5	1,00	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N20E/8SE		
41	MP41	1.155.484	1.152.175	Manto 5	1,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N24E/8SE		
42	MP42	1.155.725	1.152.347	Manto 5	0,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N27E/17SE		
43	MP43	1.149.871	1.153.474	Manto 6	1,70	Afloramiento cerca mina Mortiño. Socha	N60E/20NW		
44	MP44	1.152.579	1.152.250	Manto 6	1,10	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/17NW		
45	MP45	1.152.749	1.152.416	Manto 6	1,40	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
46	MP46	1.153.121	1.152.056	Manto 6	1,45	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
47	MP47	1.153.316	1.151.634	Manto 6	2,60	Pozo 4.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
48	MP48	1.153.999	1.151.997	Manto 6	3,00	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N40E/30SE		
49	MP49	1.154.431	1.151.739	Manto 6	4,00	Cooprol. Bm Los Ángeles M7. Nivel 2 W. Socha	N40E/30SE		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
50	MP50	1.155.150	1.151.893	Manto 6	2,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N35E/30SE		
51	MP51	1.155.350	1.152.030	Manto 6	2,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N30E/27SE		
52	MP52	1.155.523	1.152.291	Manto 6	2,70	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N35E/30SE		
53	MP53	1.149.866	1.153.445	Manto 7	2,70	Afloramiento cerca mina Mortiño. Socha	N57E/20NW		
54	MP54	1.152.579	1.152.250	Manto 7	3,49	Pozo 1.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
55	MP55	1.152.749	1.152.416	Manto 7	3,12	Pozo 2.Mina Pexxa. Socha	N70E/15NW		
56	MP56	1.153.121	1.152.056	Manto 7	3,58	Pozo 3.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
57	MP57	1.153.316	1.151.634	Manto 7	2,34	Pozo 4.Mina Pexxa. Socha	N74E/10NW		
58	MP58	1.153.535	1.152.221	Manto 7	2,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N24E/20SE		
59	MP59	1.153.985	1.152.107	Manto 7	2,00	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N20E/18SE		
60	MP60	1.154.792	1.151.712	Manto 7	2,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N20E/18SE		
61	MP61	1.154.992	1.151.992	Manto 7	2,36	Cooprol. Bm El Pino. Inclinado principal 100m. Socha	N30E/30SE	15757804017	
62	MP62	1.155.330	1.152.068	Manto 7	2,36	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N17E/20SE		
63	MP63	1.155.682	1.152.363	Manto 7	2,40	Minas Cooprol, Vereda El Pozo, Socha	N15E/10SE		
64		1.153.781	1.152.226	Manto 21	1,10	Cooprol. Bm El Porvenir. Nivel 1 Norte. Socha	N30E/9SE	15757804012	FM:13
65		1.154.793	1.151.794	M8	0,80c+0,05r+0,20c+0,10r+0,00c	Cooprol. Bm Las Acacias. Inclinado principal. Socha	N30W/4NE	15757804015	FM:16

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 10. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Coscativá.

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
1	COS1	1.156.963	1.158.889	Manto 1	1,00	Vereda Coscativá. Socotá	N40E/20NW		
2	COS2	1.158.336	1.157.786	Manto 1	0,50	Perforación Coscativá-1	N30E/17NW	15755804031	PSoc-1:10
3	COS3	1.158.420	1.159.605	Manto 1	1,10	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Vereda Coscativá. Coscativá	N50E/15NW	15755804019	FM:19
4	COS4	1.158.589	1.159.796	Manto 1		Bm1. Vereda El Alto. Resguardo Venezuela. Socha	N40E/20NW		
5	COS5	1.156.936	1.158.877	Manto 2	0,60	Vereda Coscativá. Socotá	N35E/17NW		
6	COS6	1.158.336	1.157.786	Manto 2	1,30	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804025	PSoc-1:9
7	COS7	1.159.280	1.158.702	Manto 2	2,50	Bm Esperanza 3. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	N20E/17NW	15755804020	FM:20
8	COS8	1.158.457	1.159.556	Manto 2	3,40	Bm Esperanza 1. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá	N30E/15NW		
9	COS9	1.158.575	1.159.806	Manto 2	2,80	Vereda Coscativá. Coscativá	N25E/15NW		
10	COS10	1.156.208	1.158.686	Manto 3	1,20	Coscativá, Socotá	N15E/33NW		
11	COS11	1.157.786	1.158.336	Manto 3	1,35	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804024	PSoc-1:8
12	COS12	1.159.320	1.158.636	Manto 3	1,50	Coscativá, Socotá	N13E/14NW		
13	COS13	1.156.205	1.158.580	Manto 4	1,70	Coscativá, Socotá	N20E/30NW		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
14	COS14	1.157.786	1.158.336	Manto 4	0,40	Perforación Coscativá-1.Coscativá, Socotá	N30E/17NW	15755804029	PSoc-1:7
15	COS15	1.159.042	1.158.586	Manto 4	0,80	Carbones La Esperanza. Bm Pitufa 5. Vereda Coscativá. Socotá	N20E/17NW		
16	COS16	1.158.785	1.159.030	Manto 4	1,00	Carbones La Esperanza. Bm Pitufa 5. Vereda Coscativá. Socotá	N30E/8NW	15755804018	FM:18
17	COS17	1.159.915	1.158.509	Manto 4	1.20	Vereda Coscativá. Socotá	N70E/24NW		
18	COS18	1.156.928	1.158.812	Manto 5	1,70	Coscativá, Socotá	N50E/21NW		
19	COS19	1.157.786	1.158.336	Manto 5	1,40	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804023	PSoc-1:6
20	COS20	1.159.300	1.158.573	Manto 5	1,20	Coscativá, Socotá	N15E/17NW		
21	COS21	1.156.828	1.158.719	Manto 6	0,50	Vereda Coscativá. Socotá.	N57E/43NW		
22	COS22	1.156.925	1.158.093	Manto 6	2,00	Mina la Primavera. Vereda Coscativá. Socotá.	N30E/9SE	15755804011	FM:11
23	COS23	1.157.786	1.158.336	Manto 6	0,90	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804022	
24	COS24	1.159.313	1.158.549	Manto 6	1,00	Coscativá, Socotá	N10E/8NW		
25	COS25	1.157.135	1.158.832	Manto 7	0,80	Coscativá, Socotá	N40E/35NW		
26	COS26	1.157.786	1.158.336	Manto 7	0,85	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804028	PSoc-1:3
27	COS27	1.159.310	1.158.531	Manto 7	0,50	Coscativá, Socotá	N10E/10NW		
28	COS28	1.157.786	1.158.336	Chica1	0,45	Perforación Coscativá-1, Socotá	N30E/17NW	15755804027	PSoc-1:2

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 11. Localización sitios con información y muestras de carbón del Área GMAC Tasco - Socotá, Sector Rucú-Guatatamo

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO (°)	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
1	RG1	1.156.444	1.160.360	M1	1,00	Ventanas y Sayemir Bocamina M1. Vereda Guatatamo. Guatatamo.	N35E/15SE	15755804005	FM:05
2	RG2	1.158.105	1.160.237	M1	2,80	Socotá	N15E/30SE		
3	RG3	1.160.142	1.160.525	M1	0,25	Vereda Rucú. Guatatamo	N30E/10SE		
4	RG4	1.156.076	1.160.544	M2	2,00	Bm Quebradas. Guatatamo, Socotá	N70E/22NW		
5	RG5	1.156.753	1.160.713	M2	1,50	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica. Vereda Guatatamo. Guatatamo.	N80E/20NW	15755804006	FM:06
6	RG6	1.157.546	1.160.592	M2	3,50	Mina Fraile. Vereda Parpa. Guatatamo	N24E/40SE		
7	RG7	1.158.053	1.160.247	M2	2,80	Guatatamo	N70E/28SE		
8	RG8	1159453	1160583	M2	0,90	Vereda Coscativá. Guatatamo	N25W/10NE		
9	RG9	1.159.962	1.160.485	M2	2,00	Minas El Mirador. Vereda Rucú, Guatatamo.	N10E/15SE		
10	RG10	1.160.148	1.160.554	M2	2,00	Vereda Rucú, Socotá	N30E/10SE		
11	RG11	1.157.098	1.160.489	M3	1,20	Mina El Salitre. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N10E/23SE	15755804004	FM:04
12	RG12	1.157.443	1.160.201	M3	1,40	Mina Rentaquí. Vereda Parpa. Socotá	N40E/40SE		
13	RG13	1.159.371	1160663	M3	0,55	Vereda Coscativá. Guatatamo	N10W/37NE		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO (°)	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
14	RG14	1.159.953	1160512	M3	1,80	Minas El Mirador. Vereda Rucú, Guatatamo.	N12E/12SE		
15	RG15	1.160.424	1160681	M3	1,25	Vereda Rucú. Guatatamo	N22E/36SE		
16	RG16	1.156.493	1.160.192	M4	1,30	Vereda Guatatamo. Guatatamo	N50E/35SE		
17	RG17	1.158.668	1.160.788	M4	1,60	Mineralex	N30E/40SE		
18	RG18	1.160.040	1.160.567	M4	1,80	Vereda Coscativá. Guatatamo	N10E/40SE		
19	RG19	1.156.383	1.160.680	M5	1,60	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N80E/25NW	15755804009	FM:09
20	RG20	1.157.134	1.160.164	M5	0,90	Vereda Guatatamo. Guatatamo	N10E/30SE		
21	RG21	1.157.381	1.160.981	M5	1,85	Pozo Socotá-2. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N30E/27SE		
22	RG22	1.157.420	1.160.296	M5	0,50	Minas El Fraile. Parpa. Guatatamo	N30E/30SE	15755804003	FM:03
23	RG23	1.160.080	1.160.646	M5	0,55	Vereda Rucú. Guatatamo	N60E/15SE		
24	RG24	1.156.356	1.160.929	M6	1,65	Vereda Guatatamo. Guatatamo. Mina La Loma	N60E/25NW	15755804008	FM:08
25	RG25	1.156.652	1.160.175	M6	1,60	Vereda Guatatamo. Guatatamo	N15E/34SE		
26	RG26	1.157.381	1.160.981	M6	2,35	Pozo Socotá-2. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N30E/27SE		
27	RG27	1.158.130	1.160.355	M6	1,80	Guatatamo	N35E/40SE		

No	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		MANTO	ESPESOR (m)	LOCALIZACION	RUMBO/ BUZAMIENTO (°)	ID ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	ID MUESTRA MEDICIÓN METANO
		NORTE	ESTE						
28	RG28	1.158.780	1.160.990	M6	1,40	Mina Marsella. Vereda San Pedro. Guatatamo	N18E/40SE	15755804002	FM:02
29	RG29	1.159.823	1.160.840	M6	1,60	Colombia Clean Power. Mina Acacias. Vereda Rucú. Guatatamo	N10E/40SE	15755804001	FM:01
30	RG30	1.156.435	1.161.020	M7	1,70	Ventanas y Sayemir Vereda Guatatamo. Guatatamo. Bocamina La Loma.	N80E/39NW	15755804007	FM:07
31	RG31	1.156.417	1.160.279	M7	2,20	Vereda Guatatamo. Guatatamo	N30W/20NE		
32	RG32	1.157.035	1.160.594	M7	1,70	Mina El Carmen 3. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N15W/23NE	15755804010	FM:10
33	RG33	1.157.381	1.160.981	M7	0,45	Pozo Socotá-2. Vereda Guatatamo. Guatatamo	N30E/27SE		
34	RG34	1.157.923	1.160.329	M7	3,20	Vereda Parpa. Guatatamo	N15E/40SE		
35	RG35	1.158.635	1.160.876	M7	1,80	Vereda San Pedro, Guatatamo	N27E/40SE		

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 12. Clasificación de carbones por rango según la norma ASTM, Área Tasco-Socotá.

ID MUESTRA LABORATORIO	REFERENCIA MUESTRA CAMPO	Manto	Materia Volatil (%)	Humedad Residual (%)	Cenizas (%)	Carbono Fijo (%)	Poder Calorífico Cal/gr.	Azufre (%)	Carbono Fijo (Simm)	Poder Calorífico (HImm)	CLASIFICACIÓN ASTM POR RANGO
45791-I	15757804015	Manto 8	31,34	0,62	11,23	57,43	13839	0,74	66,00	15779,86	BITUMINOSO ALTO VOLÁTIL A
45783-I	15755804007	Manto 7	21,00	0,66	8,66	70,34	14230	0,65	78,37	15723,78	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45786-I	15755804010	Manto 7	20,72	0,56	8,86	70,42	14190	0,64	78,56	15717,13	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45790-I	15757804014	Manto 7	29,83	0,79	8,95	61,22	13952	1,07	68,65	15486,84	BITUMINOSO ALTO VOLÁTIL A
50596-I	15755804028	Manto 7	17,74	0,96	33,68	47,63	9902	0,93	76,41	15615,37	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
45777-I	15755804001	Manto 6	18,59	0,63	15,76	65,66	13017	0,94	80,05	15728,06	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45778-I	15755804002	Manto 6	19,26	0,58	8,57	72,17	14266	0,92	80,34	15758,15	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45784-I	15755804008	Manto 6	19,73	0,63	13,16	67,10	13469	0,95	79,12	15741,43	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45787-I	15755804011	Manto 6	19,42	0,60	8,58	72,00	14227	1,69	80,43	15748,46	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45792-I	15757804016	Manto 6	28,98	0,71	7,89	63,14	14265	1,49	69,94	15651,83	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
49653-I	15755804022	Manto 6	21,33	0,54	6,99	71,14	14428	0,98	77,70	15644,35	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
51850-I	15755804033	Manto 6	15,50	0,42	36,79	47,30	9756	1,35	79,69	16276,55	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL

ID MUESTRA LABORATORIO	REFERENCIA MUESTRA CAMPO	Manto	Materia Volatil (%)	Humedad Residual (%)	Cenizas (%)	Carbono Fijo (%)	Poder Calorífico Cal/gr.	Azufre (%)	Carbono Fijo (SImm)	Poder Calorífico (HImm)	CLASIFICACIÓN ASTM POR RANGO
45785-I	15755804009	Manto 5	19,61	0,66	12,32	68,07	13613	2,37	79,92	15803,50	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
49654-I	15755804023	Manto 5	18,17	0,58	23,89	57,37	11519	3,31	79,21	15686,33	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
49657-I	15755804026	Manto 5	17,82	0,61	3,38	78,20	15000	0,63	81,88	15591,68	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45789-I	15757804013	Manto 4	30,24	0,64	6,83	62,92	14504	0,98	68,65	15698,12	BITUMINOSO ALTO VOLÁTIL A
45794-I	15755804018	Manto 4	21,99	0,68	4,72	73,29	14859	0,63	77,97	15681,76	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
50597-I	15755804029	Manto 4	19,32	0,78	7,95	71,96	14338	0,62	79,59	15709,38	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45780-I	15755804004	Manto 3	18,69	0,66	8,18	73,12	14276	0,62	81,00	15684,87	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
49655-I	15755804024	Manto 3	17,64	0,62	9,98	71,78	13836	0,88	81,31	15542,45	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45779-I	15755804003	Manto 2	16,68	0,81	5,51	77,81	14661	0,70	83,69	15616,22	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45782-I	15755804006	Manto 2	15,17	1,08	36,55	48,27	9429	2,02	82,23	15700,38	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45796-I	15755804020	Manto 2	22,01	0,66	7,87	70,12	14331	0,98	77,49	15701,71	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
45797-I	15757804021	Manto 2	28,20	0,68	5,02	66,77	14820	0,86	71,34	15703,21	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
49656-I	15755804025	Manto 2	16,33	0,43	36,37	46,88	9845	1,22	78,33	16293,25	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45781-I	15755804005	Manto 1	17,48	0,76	11,44	71,08	13693	0,67	82,04	15650,17	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45793-I	15757804017	Manto 1	28,53	0,66	3,99	67,49	14954	0,92	71,25	15661,57	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
45795-I	15755804019	Manto 1	21,56	0,62	2,80	75,64	15519	0,64	78,68	16027,59	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL

ID MUESTRA LABORATORIO	REFERENCIA MUESTRA CAMPO	Manto	Materia Volatil (%)	Humedad Residual (%)	Cenizas (%)	Carbono Fijo (%)	Poder Calorifico Cal/gr.	Azufre (%)	Carbono Fijo (Simm)	Poder Calorifico (Himm)	CLASIFICACIÓN ASTM POR RANGO
51848-I	15755804031	Manto 1	18,23	0,52	7,94	73,32	14338	0,58	80,84	15705,92	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL
45788-I	15757804012	Manto 21	26,55	0,63	4,20	69,26	14918	1,08	73,31	15667,00	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
50595-I	15755804027	Chica 1	11,76	0,99	70,21	17,05	3572	2,07	75,93	15057,72	BITUMINOSO MEDIO VOLÁTIL
51851-I	15755804034	Manto 51	10,24	0,42	62,15	27,20	5688	0,42	84,21	17358,41	BITUMINOSO BAJO VOLÁTIL

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 13. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 1.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 ptes3/ton	RESERVAS - RECURSOS					
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)	
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN
F1	MP1	515.696,25	15	533.888,04	2,70	27,31					51.177.493,51	
F2	MP1	1.296.004,22	15	1.341.722,30	2,70	27,31						128.614.950,28
E3	MP1	192.755,97	15	199.555,66	2,70	27,31			19.129.026,83			
E4	MP1	677.101,20	15	700.986,74	2,70	27,31				67.195.257,41		
D5	MP1	54.020,08	15	55.925,70	3,10	27,31	6.155.143,62					
D6	MP1	233.151,51	15	241.376,20	3,10	27,31		26.565.696,13				
D7	MP1	38.280,91	15	39.631,31	3,40	27,31	4.783.903,87					
D8	MP1	157.075,36	15	162.616,38	3,20	27,31		18.474.781,74				
E9	MP1	174.754,69	15	180.919,37	3,31	27,31			21.260.726,86			
E10	MP1	847.620,37	15	877.521,18	3,31	27,31				103.121.839,93		
F11	MP1	126.333,78	15	130.790,35	3,58	27,31					16.623.550,68	
F12	MP1	314.995,99	15	326.107,85	3,20	27,31						37.048.981,87
F13	MP1	30.894,70	15	31.984,55	3,22	27,31					3.656.462,54	
F14	MP1	5.377,04	15	5.566,72	3,20	27,31						632.433,00
F15	MP1	117.019,78	15	121.147,79	3,20	27,31					13.763.552,06	
F16	MP1	117.680,32	15	121.831,63	3,20	27,31						13.841.243,00
C17	MP2,MP3,MP4,MP5	442.823,96	18	464.313,82	1,70	18,86					19.352.878,58	
C18	MP2,MP3,MP4,MP5	743.743,39	18	779.836,61	1,70	27,31						47.067.116,34
B19	MP2,MP3,MP4,MP5	170.002,44	18	178.252,51	1,70	27,31			10.758.448,05			
B20	MP2,MP3,MP4,MP5	521.823,37	18	547.147,00	1,70	27,31				33.023.112,00		
A21	MP2,MP3	158.918,85	18	166.631,04	1,90	27,31	11.240.213,63					
A22	MP2	110.012,89	8	111.094,05	1,10	27,31		4.338.589,25				
B23	MP2,MP3,MP4,MP5	638,41	18	671,26	1,77	27,31			42.182,44			
D24	MP3	7.738,33	18	8.136,56	2,70	27,31		779.955,34				
D25	MP3	64.220,05	18	67.524,96	2,70	27,31	6.472.814,04					
B26	MP2,MP3,MP4	39.940,69	18	41.916,05	1,77	27,31			2.634.017,35			
D27	MP4	117.005,52	18	123.028,88	1,50	27,31	6.551.735,21					
D28	MP4	20.474,71	18	21.528,38	1,50	27,31		1.146.483,33				
B29	MP2,MP3,MP4,MP5	3.999,83	18	4.193,94	1,70	27,31				253.125,56		
E30	MP4,MP5	34.185,47	18	35.944,73	1,50	27,31			1.914.218,64			
E31	MP4,MP5	923,07	18	970,57	1,50	27,31			51.687,39			
E32	MP3,MP4,MP5,MP6	443.449,42	20	471.165,24	1,80	27,31			30.110.002,92			
E33	MP4,MP5,MP6	214.876,52	17	225.094,70	1,50	27,31				11.987.305,82		
F34	MP2,MP3,MP4,MP5,MP6	29.812,64	17	31.242,28	1,66	27,31						1.841.262,93
GE = 1,30		TOTAL RECURSOS					17.411.861,54	45.820.433,21	40.389.753,69	170.317.097,35	85.221.058,79	180.137.608,15
		TOTAL RESERVAS					11.240.213,63	4.338.589,25	13.434.647,83	33.023.112,00	19.352.878,58	47.067.116,34

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 14. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 2.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN		
B1	MP7	71.409,14	17	74.671,95	2,40	63,27			14.740.421,95					
A2	MP7	151.658,90	17	158.588,46	2,40	27,31	13.512.878,76							
A3	MP7	131.212,39	17	137.207,71	2,40	27,31		11.691.085,18						
B4	MP7	618.701,19	17	646.970,73	2,40	27,31				55.126.564,74				
B5	MP7	154.914,99	17	161.993,33	2,40	27,31			13.802.997,90					
C6	MP7,MP8,MP9,MP10	286.633,50	14,25	295.732,93	1,65	27,31							17.324.020,45	
C7	MP7,MP8,MP9,MP10	128.842,77	14,25	132.933,00	1,65	27,31						7.787.208,34		
E8	MP8,MP9,MP10	401.169,25	13,33	412.276,69	1,28	27,31				18.735.435,97				
E9	MP8,MP9,MP10	159.324,72	13,33	163.736,05	1,28	27,31			7.440.794,85					
D10	MP8,MP9	204.849,99	15	212.076,32	1,10	27,31		8.282.279,96						
D11	MP8,MP9	89.175,86	15	92.321,64	1,10	27,31	3.605.464,85							
E12	MP8,MP9,MP10	237.023,16	13,33	243.585,78	1,28	27,31				11.069.473,14				
D13	MP9,MP10	68.893,77	15	71.324,08	1,10	27,31		2.785.440,66						
D14	MP8,MP9,MP10	108.956,58	13,33	111.973,33	1,28	27,31	5.088.498,26							
E15	MP8,MP9,MP10	189.593,28	13,33	194.842,68	1,28	27,31			8.854.399,38					
F16	MP8,MP9,MP10	41.029,10	13,33	42.165,10	1,28	27,31							1.916.144,06	
F17	MP8,MP9,MP10	2.957,31	13,33	3.039,19	1,28	27,31						138.112,51		
E18	MP8,MP9,MP10	2.081,50	13,33	2.139,13	1,28	27,31				97.210,37				
E19	MP8,MP9,MP10	21.943,31	13,33	22.550,87	1,28	27,31			1.024.798,09					
F20	MP8,MP9,MP10	2.589,92	13,33	2.661,63	1,28	27,31							120.954,64	
F21	MP8,MP9,MP10	6.696,88	13,33	6.882,30	1,28	27,31						312.758,18		
F22	MP8,MP9,MP10	112.564,37	13,33	115.681,01	1,28	27,31							5.256.989,53	
F23	MP8,MP9,MP10	115.088,48	13,33	118.275,01	1,28	27,31						5.374.870,70		
F24	MP11,MP12,MP13,MP14	401.577,85	18,75	424.083,93	1,59	27,31						23.939.440,26		
F25	MP11,MP12,MP13,MP14	673.538,08	18,75	711.285,93	1,59	27,31							40.151.927,28	
E26	MP11,MP12,MP13,MP14	429.424,25	18,75	453.490,96	1,59	27,31				25.599.460,18				
E27	MP11,MP12,MP13,MP14	237.529,19	18,75	250.841,31	1,59	27,31			14.159.934,01					
D28	MP11,MP12,MP13	129.849,32	21,66	139.714,49	1,30	27,31	6.448.368,77							
B29	MP11,MP12,MP13,MP14	10.366,72	18,75	10.947,71	1,59	27,31				617.995,92				
B30	MP11,MP12,MP13,MP14	85.696,08	18,75	90.498,84	1,59	27,31					5.108.638,81			
D31	MP12,MP13	15.182,79	23,5	16.555,94	1,23	27,31			722.976,14					
D32	MP12,MP13	58.264,31	23,5	63.533,80	1,23	27,31	2.774.437,75							
D33	MP13	52.763,22	27	59.217,55	1,00	27,31	2.102.400,54							
B34	MP11,MP12,MP13,MP14	22.401,70	18,75	23.657,18	1,59	27,31					1.335.442,58			
B35	MP11,MP12,MP13,MP14	47.116,80	18,75	49.757,42	1,59	27,31			2.808.794,91					
A36	MP14	142.154,99	10	144.347,96	2,47	11,92	5.524.935,49							
A37	MP14	13.676,71	10	13.887,70	2,47	27,31		1.217.845,47						
B38	MP14	34.792,53	10	35.329,26	2,47	27,31					3.098.108,03			
B39	MP14	9.453,89	10	9.599,73	2,47	27,31				841.823,59				
B40	MP14	182,56	10	185,38	2,47	27,31				16.256,09				
B41	MP14	168.557,93	19	178.270,35	1,74	27,31				11.012.690,26				
B42	MP14	203.627,94	10	206.769,23	2,47	27,31					18.132.092,02			
C43	MP11,MP12,MP13,MP14	170.633,83	18,75	180.196,85	1,59	27,31						10.172.070,95		
C44	MP11,MP12,MP13,MP14	857.642,93	18,75	905.708,78	1,59	27,31							51.127.052,18	
C45	MP11,MP12,MP13,MP14	94.443,43	18,75	99.736,43	1,59	27,31						5.630.098,50		
GE = 1,30														
							TOTAL RECURSOS		20.019.170,17	11.790.696,75	31.479.926,33	55.501.579,67	29.765.181,66	47.446.015,51
							TOTAL RESERVAS		19.037.814,24	12.908.930,65	43.840.980,62	82.800.846,17	23.589.377,79	68.451.072,63

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 15. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 3

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN		
E1	MP15	4.887,64	20	5.201,32	0,70	27,31			130.258,01					
D2	MP15	144.059,92	20	153.305,36	0,70	27,31	3.839.267,64							
D3	MP15	92.876,55	20	98.837,16	0,70	27,31		2.475.205,69						
E4	MP15	152.894,56	20	162.706,99	0,70	27,31			4.074.715,14					
E5	MP15	442.903,88	20	471.328,46	0,70	27,31				11.803.605,99				
F6	MP15,MP16,MP17,MP18	177.286,06	15	183.540,04	1,38	27,31					9.061.558,37			
F7	MP15,MP16,MP17,MP18	374.083,51	15	387.279,75	1,38	27,31						19.120.395,38		
E8	MP15,MP16,MP17,MP18	159.774,69	15	165.410,93	1,38	27,31			8.166.506,04					
E9	MP15,MP16,MP17,MP18	406.347,76	15	420.682,16	1,38	27,31				20.769.506,34				
D10	MP16,MP17	92.146,28	15	95.396,85	1,68	27,31	5.733.717,70							
D11	MP16,MP17	173.365,33	15	179.481,00	1,35	27,31		8.668.525,61						
D12	MP16,MP17,MP18	238.766,13	13,33	245.377,01	1,60	27,31		14.045.811,76						
D13	MP16,MP17,MP18	168.588,26	13,33	173.256,08	1,60	27,31	9.917.482,70							
E14	MP16,MP17,MP18	719.183,35	13,33	739.095,86	1,60	27,31				42.307.147,81				
E15	MP16,MP17,MP18	160.817,76	13,33	165.270,43	1,60	27,31			9.460.370,21					
E16	MP18	8.413,51	10	8.543,30	1,46	27,31			446.243,20					
F17	MP16,MP17,MP18	4.449,09	13,33	4.572,27	1,60	27,31					261.725,06			
F18	MP16,MP17,MP18	146,83	13,33	150,90	1,60	27,31						8.637,52		
F19	MP16,MP17,MP18	46.303,51	13,33	47.585,55	1,60	27,31						2.723.880,41		
F20	MP16,MP17,MP18	68.338,57	13,33	70.230,71	1,60	27,31						4.020.129,20		
F21	MP16,MP17,MP18	97.087,16	13,33	99.775,28	1,60	27,31					5.711.312,46			
F22	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	397.044,47	20	421.992,33	1,51	27,31					22.796.832,21			
F23	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	645.793,98	20	687.239,60	1,51	27,31						37.125.996,46		
E24	MP19,MP20,MP21	374.698,81	21	401.356,75	1,35	27,31				19.384.622,17				
D25	MP19,MP20,MP21,MP22	1.102,33	20	1.174,95	1,46	27,31				61.371,40				
E26	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	359.333,01	20	382.394,20	1,51	27,31			20.657.665,56					
D27	MP19	14.672,63	18	15.427,72	2,00	27,31	1.103.887,03							
E28	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	9.183,22	20	9.772,58	1,51	27,31			527.933,37					
D29	MP20,MP21,MP22	46.100,64	21	49.380,47	1,28	27,31	2.261.300,00							
D30	MP22,MP23	75.084,63	18	78.948,65	1,75	27,31	4.942.831,02							
E31	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	199.206,52	20	211.991,15	1,51	27,31			11.452.167,08					
E32	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	187.641,59	20	199.684,01	1,51	27,31				10.787.311,78				
F33	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	292.361,85	20	311.124,98	1,51	27,31					16.807.566,10			
F34	MP19,MP20,MP21,MP22,MP23	910.859,11	20	969.316,02	1,51	27,31						52.364.303,69		
GE = 1,31								TOTAL RECURSOS	27.798.486,10	25.189.543,06	54.915.858,60	105.113.565,49	54.638.994,21	115.363.342,66
								TOTAL RESERVAS	-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 16. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 4

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS					
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)	
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN
F1	MP24,MP25,MP26,MP27	401.780,42	12,5	411.535,45	2,05	27,31					29.952.023,57	
F2	MP24,MP25,MP26,MP27	932.843,09	12,5	955.492,07	2,05	27,31						69.541.811,46
E3	MP24,MP25,MP26,MP27	159.551,72	12,5	163.425,56	2,05	27,31			11.894.300,07			
E4	MP24,MP25,MP26	486.310,10	13,33	499.774,89	2,25	27,31				39.922.893,01		
D5	MP24,MP25	92.648,56	12,5	94.898,02	2,69	27,31	9.063.052,44					
D6	MP24,MP25	154.843,73	12,5	158.603,26	2,69	27,31		15.147.098,30				
D7	MP24,MP25,MP26,MP27	267.813,65	12,5	274.316,04	2,05	27,31	19.965.036,52					
D8	MP24,MP25,MP26,MP27	346.932,65	12,5	355.356,01	2,05	27,31		25.863.218,79				
E9	MP24,MP25,MP26,MP27	473.723,31	12,5	485.225,08	2,05	27,31				35.315.239,47		
E10	MP26,MP27	63.068,22	10	64.041,15	1,41	27,31			3.205.850,60			
E11	MP26,MP27	8.184,82	10	8.311,08	1,41	27,31			416.046,47			
E12	MP27	53.237,26	10	54.058,53	1,45	27,31				2.782.898,01		
E13	MP27	87.286,75	10	88.633,29	1,45	27,31			4.562.784,10			
F14	MP24,MP25,MP26,MP27	2.794,78	12,5	2.862,64	2,05	27,31					208.345,93	
C15	MP28,MP29,MP30	416.127,86	14,75	430.308,26	1,56	24,18					21.101.043,60	
C16	MP28,MP29,MP30,MP31	642.793,71	14,75	664.698,22	1,56	27,31						36.814.097,97
B17	MP28,MP29,MP30	162.572,89	14	167.549,84	1,61	27,31			9.577.120,15			
B18	MP28,MP29,MP30,MP31	560.044,91	14,75	579.129,58	1,56	27,31				32.074.906,56		
A19	MP28,MP29,MP30	73.168,36	14	75.408,31	1,61	27,31	4.310.326,13					
A20	MP28,MP29,MP30	82.613,96	14	85.143,07	1,61	27,31		4.866.763,59				
A21	MP28,MP29,MP30	35.426,11	14	36.510,63	1,61	27,31	2.086.941,51					
D22	MP29,MP30	28.051,52	16	29.181,98	1,61	27,31	1.668.037,04					
D23	MP29,MP30	7.914,64	16	8.233,60	1,61	27,31	470.630,92					
B24	MP28,MP29,MP30,MP31	99.071,53	14,75	102.447,59	1,56	27,31			5.674.027,23			
D25	MP28,MP29,MP30,MP31	65.332,92	14,75	67.559,27	1,56	27,31	3.741.748,68					
D26	MP31	33.778,50	17	35.321,90	1,40	27,31		1.755.646,73				
D27	MP31	92.287,93	17	96.504,73	1,40	27,31	4.796.690,28					
E28	MP30,MP31	175.822,95	19,5	186.521,55	1,40	27,31			9.270.904,32			
E29	MP30,MP31	210.525,15	19,5	223.335,33	1,40	27,31			11.100.703,99			
F30	MP28,MP29,MP30,MP31	264.931,06	14,75	273.959,13	1,56	27,31					15.173.138,51	
F31	MP28,MP29,MP30,MP31	839.931,54	14,75	868.553,92	1,56	27,31						48.104.580,86
B32	MP28,MP29,MP30,MP31	35.512,23	14,75	36.722,38	1,56	27,31			2.033.857,35			
GE = 1,30				TOTAL RECURSOS			39.705.195,88	42.765.963,82	35.023.912,78	89.121.734,48	45.333.508,02	117.646.392,32
				TOTAL RESERVAS			6.397.267,63	4.866.763,59	11.610.977,51	32.074.906,56	21.101.043,60	36.814.097,97

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 17. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 5.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS					
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)	
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN
D1	MP32	124.645,35	17	130.340,61	0,35	27,31	1.619.619,00					
D2	MP32	58.573,74	17	61.250,08	0,35	27,31		761.096,52				
E3	MP32	160.023,81	17	167.335,58	0,35	27,31			2.079.320,27			
E4	MP32	470.142,19	17	491.623,81	0,35	27,31				6.108.942,07		
F5	MP32,MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	164.378,90	19	173.499,07	1,16	27,31					7.145.295,63	
F6	MP32,MP33,MP34,MP35,MP36	444.651,33	19	469.321,76	1,16	27,31						19.328.303,12
E7	MP32,MP33,MP34,MP35,MP36	159.133,96	20	169.782,37	1,09	27,31			6.570.284,10			
E8	MP32,MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	593.346,47	19	627.535,50	1,16	27,31				25.844.095,62		
D9	MP33,MP34	92.911,06	15	96.188,61	1,75	27,31	5.976.222,22					
D10	MP33,MP34	141.316,99	15	146.302,11	1,75	27,31		9.089.786,90				
D11	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	237.488,81	19	251.173,08	1,32	27,31	11.770.965,03					
D12	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	193.807,31	19	204.974,62	1,32	27,31		9.605.922,36				
E13	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	509.801,35	19	539.176,45	1,32	27,31				25.267.943,64		
F14	MP32,MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	165,28	19	174,80	1,16	27,31						7.199,02
E15	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	87.538,43	19	92.582,45	1,32	27,31			4.338.780,42			
F16	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	22.787,36	19	24.100,38	1,32	27,31					1.129.439,39	
F17	MP33,MP34,MP35,MP36,MP37	3.779,32	19	3.997,09	1,32	27,31						187.319,32
F18	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	431.610,28	15,8	448.557,69	0,86	27,31					13.695.623,54	
F19	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	681.843,03	15,8	708.615,96	0,86	27,31						21.635.873,58
D20	MP39,MP40	98.207,11	23	106.688,31	0,85	27,31	3.219.591,90					
E21	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	371.142,97	15,8	385.716,10	0,86	27,31			11.776.907,62			
E22	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	418.873,78	15,8	435.321,08	0,86	27,31				13.291.475,82		
D23	MP40,MP41,MP42	140.813,59	11	143.449,16	1,03	27,31	5.245.661,61					
E24	MP39,MP40,MP41,MP42	349.580,25	13,75	359.894,07	0,95	27,31				12.138.453,18		
E25	MP40,MP41,MP42	143.428,31	11	146.112,81	1,03	27,31			5.343.066,53			
F26	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	175.820,76	15,8	182.724,46	0,86	27,31					5.579.049,09	
F27	MP38,MP39,MP40,MP41,MP42	604.493,50	15,8	628.229,26	0,86	27,31						19.181.460,20
GE = 1,30				TOTAL RECURSOS			27.832.059,77	19.456.805,77	30.108.358,94	82.650.910,33	27.549.407,65	60.340.155,24
				TOTAL RESERVAS			-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 18. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 6

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN		
D1	MP43	125.516,62	20	133.572,00	1,70	27,31	8.061.751,24							
D2	MP43	61.062,98	20	64.981,87	1,70	27,31		3.921.987,02						
E3	MP43	153.912,39	20	163.790,14	1,70	27,31			9.885.570,54					
E4	MP43	431.648,50	20	459.350,74	1,70	27,31				27.724.159,80				
F5	MP43,MP44,MP45,MP46,MP47	162.733,09	14	167.714,94	2,71	27,31					16.136.379,37			
F6	MP43,MP44,MP45,MP46,MP47	358.518,79	14	369.494,35	2,71	27,31						35.550.208,06		
E7	MP44,MP45,MP46	159.019,48	13,33	163.422,36	3,16	27,31			18.334.269,42					
E8	MP44,MP45,MP46,MP47	504.003,15	12,5	516.240,10	2,96	27,31				54.251.094,10				
D9	MP44,MP45	92.939,02	15	96.217,55	2,47	27,31	8.437.549,16							
D10	MP44,MP45	138.414,45	15	143.297,18	2,47	27,31		12.566.075,33						
D11	MP44,MP45,MP46,MP47	236.035,36	12,5	241.766,18	2,96	27,31	25.406.937,49							
D12	MP44,MP45,MP46,MP47	187.479,24	12,5	192.031,14	2,96	27,31		20.180.337,94						
E13	MP43,MP44,MP45,MP46,MP47	481.382,80	14	496.119,67	2,71	27,31				47.733.226,75				
E14	MP44,MP45,MP46,MP47	88.021,16	12,5	90.158,27	2,96	27,31						9.474.631,72		
F15	MP44,MP45,MP46,MP47	3.429,06	12,5	3.512,32	2,96	27,31			369.105,35					
F16	MP44,MP45,MP46,MP47	22.066,84	12,5	22.602,61	2,96	27,31					2.375.283,20			
F17	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	448.010,55	28,2	508.349,93	2,96	27,31					53.421.925,01			
F18	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	679.203,81	28,2	770.680,98	2,96	27,31						80.990.001,25		
E19	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	254.695,93	28,2	288.999,13	2,96	27,31				30.370.594,78				
E20	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	260.312,96	28,2	295.372,68	2,96	27,31			31.040.383,82					
D21	MP48	19.253,75	30	22.232,32	3	27,31	2.367.941,69							
D22	MP49	1.942,38	30	2.242,87	4	27,31		318.514,06						
D23	MP49	39.680,87	30	45.819,52	4	27,31	6.506.921,95							
E24	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	18.557,50	28,2	21.056,88	2,96	27,31			2.212.843,81					
D25	MP50	7.664,11	30	8.849,75	2,7	27,31	848.320,41							
D26	MP51,MP52	50.024,25	25,5	55.423,29	2,55	27,31	5.017.617,72							
E27	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	996,50	28,2	1.130,71	2,96	27,31			118.825,21					
D28	MP52	31.892,30	24	34.910,47	2,7	27,31	3.346.451,19							
D29	MP52	5.890,28	24	6.447,71	2,7	27,31		618.065,63						
E30	MP50,MP51,MP52	254.940,10	27	286.125,96	2,6	27,31				26.411.658,19				
E31	MP50,MP51,MP52	149.574,85	27	167.871,78	2,6	27,31			15.495.874,57					
F32	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	213.742,09	28,2	242.529,51	2,96	27,31					25.487.154,05			
F33	MP48,MP49,MP50,MP51,MP52	672.079,91	28,2	762.597,61	2,96	27,31						80.140.529,18		
GE = 1,30		TOTAL RECURSOS						59.993.490,85	37.604.979,99	77.456.872,72	186.490.733,62	97.420.741,63	206.155.370,21	
		TOTAL RESERVAS						-	-	-	-	-	-	

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 19. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Mortiño – El Pozo, Manto 7.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN		
D1	MP53	120.710,29	20	128.457,21	2,70	27,31	12.313.663,84							
D2	MP53	57.926,71	20	61.644,32	2,70	27,31		5.909.107,12						
E3	MP53	154.282,67	20	164.184,19	2,70	27,31			15.738.384,32					
E4	MP53	440.531,51	20	468.803,84	2,70	27,31				44.938.645,47				
F5	MP53,MP54,MP55,MP56,MP57	160.706,40	14	165.626,21	3,10	27,31					18.228.704,31			
F6	MP53,MP54,MP55,MP56,MP57	442.234,57	14	455.772,98	3,10	27,31						50.162.054,61		
E7	MP54,MP55,MP56	158.895,91	13	163.295,37	3,40	27,31			19.711.416,43					
E8	MP54,MP55,MP56,MP57	555.382,48	13	568.866,90	3,20	27,31				64.628.740,61				
D9	MP54,MP55	92.943,83	15	96.222,53	3,31	27,31	11.307.584,27							
D10	MP54,MP55	135.601,60	15	140.385,11	3,31	27,31		16.497.345,96						
D11	MP54,MP55,MP56,MP57	234.615,24	13	240.786,58	3,58	27,31	30.604.153,08							
D12	MP54,MP55,MP56,MP57	181.159,79	13	185.925,04	3,20	27,31		21.122.869,04						
E13	MP54,MP55,MP56,MP57	465.674,02	13	477.923,16	3,22	27,31				54.636.013,11				
E14	MP54,MP55,MP56,MP57	88.517,30	13	90.845,67	3,20	27,31			10.320.940,07					
F15	MP54,MP55,MP56,MP57	21.359,95	13	21.921,80	3,20	27,31					2.490.527,43			
F16	MP54,MP55,MP56,MP57	3.100,43	13	3.181,98	3,20	27,31						361.503,93		
F17	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62,MP63	321.366,88	19	340.565,31	2,32	27,31					28.051.329,06			
F18	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62,MP63	404.206,68	19	428.353,95	2,32	27,31						35.282.212,61		
E19	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62	93.887,35	21	100.702,51	2,30	27,31				8.223.055,06				
E20	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62,MP63	311.004,85	19	328.925,16	2,32	27,31			27.092.565,60					
D21	MP58,MP59	356.199,55	19	376.724,01	2,20	27,31	29.424.631,61							
D22	MP63	3.909,31	10	3.969,62	2,4	27,31	338.239,98							
E23	MP60,MP61,MP62,MP63	234.837,08	20	249.126,61	2,38	27,31			21.050.486,12					
E24	MP61,MP62,MP63	210.397,37	20	223.900,20	2,37	27,31				18.839.435,64				
F25	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62,MP63	179.576,53	19	189.923,85	2,32	27,31					15.643.450,32			
F26	MP58,MP59,MP60,MP61,MP62,MP63	597.913,66	19	632.365,85	2,32	27,31						52.086.052,87		
GE = 1,30								TOTAL RECURSOS	83.988.272,79	43.529.322,13	93.913.792,54	191.265.889,89	64.414.011,12	137.891.824,03
								TOTAL RESERVAS	-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 20. Resumen Cálculo de Reservas y Recursos, Área Tasco – Socotá, Sector Mortiño – El Pozo.

MANTOS	RESERVAS - RECURSOS					
	MEDIDOS (Ton)		INDICADOS (Ton)		INFERIDOS (Ton)	
	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN	SOBRE ZONA DE DILUCIÓN	BAJO ZONA DE DILUCIÓN
MANTO 1	17.411.861,54	45.820.433,21	40.389.753,69	170.317.097,35	85.221.058,79	180.137.608,15
	11.240.213,63	4.338.589,25	13.434.647,83	33.023.112,00	19.352.878,58	47.067.116,34
MANTO 2	20.019.170,17	11.790.696,75	31.479.926,33	55.501.579,67	29.765.181,66	47.446.015,51
	19.037.814,24	12.908.930,65	43.840.980,62	82.800.846,17	23.589.377,79	68.451.072,63
MANTO 3	27.798.486,10	25.189.543,06	54.915.858,60	105.113.565,49	54.638.994,21	115.363.342,66
	-	-	-	-	-	-
MANTO 4	39.705.195,88	42.765.963,82	35.023.912,78	89.121.734,48	45.333.508,02	117.646.392,32
	6.397.267,63	4.866.763,59	11.610.977,51	32.074.906,56	21.101.043,60	36.814.097,97
MANTO 5	27.832.059,77	19.456.805,77	30.108.358,94	82.650.910,33	27.549.407,65	60.340.155,24
	-	-	-	-	-	-
MANTO 6	59.993.490,85	37.604.979,99	77.456.872,72	186.490.733,62	97.420.741,63	206.155.370,21
	-	-	-	-	-	-
MANTO 7	83.988.272,79	43.529.322,13	93.913.792,54	191.265.889,89	64.414.011,12	137.891.824,03
	-	-	-	-	-	-
TOTAL RECURSOS	276.748.537,11	226.157.744,74	363.288.475,62	880.461.510,84	404.342.903,08	864.980.708,11
	502.906.281,85		1.243.749.986,45		1.269.323.611,19	
TOTAL RESERVAS	36.675.295,51	22.114.283,48	68.886.605,96	147.898.864,72	64.043.299,96	152.332.286,94
	58.789.578,99		216.785.470,69		216.375.586,90	
RECURSOS + RESERVAS	3.507.930.516,07					

Fuente: Datos del Estudio

De acuerdo a la Tabla 20, el potencial de GMAC para el Sector denominado Mortiño – El Pozo, es de 3,51 Bcf, distribuidos en 561.695.860,84 pies³ (0,56 Bcf) de Reservas y Recursos medidos; 1.460.535.457,14 pies³ (1,46 Bcf) de Reservas y Recursos indicados; 1.485.699.198,09 pies³ (1,49 Bcf) de Reservas y Recursos Inferidos.

Tabla 21. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 1.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS					
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)	
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN
F1	COS1	95.234,77	20	101.346,73	1,00	49,25					6.388.897,57	
F2	COS1	154.173,40	20	164.067,91	1,00	18,89						3.967.030,70
E3	COS1	347.219,40	20	369.503,17	1,00	49,25				23.293.479,69		
E4	COS1	316.395,05	20	336.700,58	1,00	49,25			21.225.604,53			
D5	COS1	71.822,34	20	76.431,74	1,00	49,25	4.818.256,75					
C6	COS2	129.901,86	17	135.837,30	0,50	70,72					6.148.105,06	
C7	COS2	267.674,62	17	279.905,14	0,50	70,72						12.668.730,72
C8	COS2	380.145,27	17	397.514,78	0,50	70,72				17.991.836,73		
C9	COS2	418.430,03	17	437.548,83	0,50	70,72			19.803.810,22			
A10	COS2	74.206,67	17	77.597,30	0,50	70,72	3.512.116,02					
A11	COS2	348.979,36	17	364.924,84	0,50	70,72		16.516.790,20				
A12	COS2,COS3,COS4	533.813,89	17	558.204,78	0,93	49,25				32.725.983,53		
A13	COS3	20.359,22	15	21.077,42	1,10	33,46	992.992,46					
B14	COS2	107.921,26	15	111.728,31	1,10	70,72			11.125.207,91			
B15	COS2,COS3,COS4	33.188,82	17	34.705,28	0,93	49,25				2.034.673,13		
B16	COS3,COS4	2.327,80	15	2.409,92	1,10	49,25				167.113,21		
GE = 1,28			TOTAL RECURSOS				4.818.256,75	-	21.225.604,53	23.293.479,69	6.388.897,57	3.967.030,70
			TOTAL RESERVAS				4.505.108,47	16.516.790,20	30.929.018,13	52.919.606,60	6.148.105,06	12.668.730,72

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 22. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 2.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies³/ton	RESERVAS - RECURSOS					
							MEDIDAS (OS) (pies³)		INDICADAS (OS) (pies³)		INFERIDAS (OS) (pies³)	
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN
F1	COS5	86.811,98	17	90.778,57	0,60	98,27					6.850.833,69	
F2	COS5	136.007,51	17	142.221,93	0,60	98,27						10.733.136,50
B3	COS5	349.958,53	17	365.948,75	0,60	98,27					27.617.244,60	
B4	COS5	309.881,92	17	324.040,97	0,60	98,27			24.454.568,33			
A5	COS5	67.118,14	17	70.184,89	0,60	98,27	5.296.679,27					
A6	COS5	1.601,77	17	1.674,96	0,60	98,27	126.404,90					
B7	COS6,COS7,COS8,COS9	407.534,39	16	423.957,80	2,50	98,27			133.312.681,04			
C8	COS6,COS7,COS8,COS9	277.173,65	16	288.343,59	2,50	98,27						90.669.065,73
B9	COS6	364.190,42	17	380.830,92	1,30	142,43				90.258.268,56		
A10	COS6	342.566,46	17	358.218,92	1,30	142,43		84.899.145,75				
B11	COS6,COS7,COS8,COS9	604.615,85	16	628.981,53	2,50	98,27				197.781.983,41		
D12	COS7	29.124,89	17	30.455,66	2,50	98,27			9.576.720,55			
D13	COS7	27.230,58	17	28.474,79	2,50	98,27	8.953.841,72					
B14	COS7,COS8,COS9	49.720,38	16	51.724,08	2,90	98,27				18.866.860,06		
B15	COS7,COS8,COS9	893,13	16	929,12	2,90	98,27				338.906,48		
A16	COS7,COS8,COS9	87.272,86	16	90.789,91	2,90	98,27		33.116.497,43				
B17	COS7,COS8,COS9	1414,99	16	1.472,01	2,90	98,27			536.931,10			
C18	COS6,COS7,COS8,COS9	129.531,92	16	134.751,98	2,50	98,27					42.372.491,65	
A19	COS6	83.889,79	17	87.722,86	1,30	142,43	20.790.627,04					
GE = 1,28			TOTAL RECURSOS				14.376.925,89	42.693.217,99	24.991.499,43	46.823.011,14	6.850.833,69	10.733.136,50
			TOTAL RESERVAS				20.790.627,04	84.899.145,75	133.312.681,04	288.040.251,97	42.372.491,65	90.669.065,73

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 23. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 3.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
D1	COS10	119.423,69	33	119.449,89	1,20	49,47	9.217.864,19						
E2	COS10	362.227,59	33	362.307,05	1,20	49,47			27.958.981,43				
E3	COS10	532.729,43	33	532.846,29	1,20	49,47				41.119.375,36			
F4	COS10	5.364,02	33	5.365,20	1,20	49,47					414.028,47		
F5	COS10	31.514,46	33	31.521,37	1,20	49,47							2.432.482,30
C6	COS11	129.752,02	17	129.788,05	1,35	66,67						15.185.960,55	
C7	COS11	280.820,36	17	280.898,33	1,35	66,67							32.866.747,74
B8	COS11	400.553,03	17	400.664,24	1,35	66,67			46.880.060,23				
B9	COS11	369.059,22	17	369.161,69	1,35	66,67				43.194.077,11			
A10	COS11	349.613,86	17	349.710,93	1,35	66,67		40.918.224,52					
A11	COS11	82.809,83	17	82.832,82	1,35	66,67	9.691.924,73						
B12	COS11,COS12	491.455,09	16	491.608,20	1,43	49,47				45.208.330,30			
E13	COS12	7.915,21	14	7.917,92	1,50	49,47				763.775,75			
D14	COS12	26.268,15	14	26.277,15	1,50	49,47	2.534.737,03						
D15	COS12	95.736,93	14	95.769,75	1,50	49,47		9.238.105,51					
E16	COS12	284.902,62	14	285.000,28	1,50	49,47				27.491.590,37			
D17	COS12	134.422,61	14	134.468,69	1,50	49,47	12.971.068,26						
E18	COS12	64.932,17	14	64.954,43	1,50	49,47				6.265.609,70			
GE = 1,30			TOTAL RECURSOS					24.723.669,47		34.988.366,87	68.610.965,73	414.028,47	2.432.482,30
			TOTAL RESERVAS					9.691.924,73	40.918.224,52	46.880.060,23	88.402.407,41	15.185.960,55	32.866.747,74

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 24. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 4.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
D1	COS13	71.381,59	30	82.424,36	1,70	49,41	8.758.099,74						
E2	COS13	56.728,58	30	65.504,52	1,70	49,41				6.960.261,90			
E3	COS13	357.311,33	30	412.587,59	1,70	49,41			43.839.991,02				
E4	COS13	257.142,12	30	296.922,14	1,70	49,41				31.549.820,24			
F5	COS13	22.652,58	30	26.156,95	1,70	49,41						2.779.337,85	
F6	COS13	4.918,16	30	5.679,00	1,70	49,41					603.429,20		
C7	COS14	123.121,96	17	128.747,62	0,40	49,41					3.218.878,44		
C8	COS14	233.065,90	17	243.715,09	0,40	49,41						6.093.233,08	
B9	COS14	139.491,92	17	145.865,55	0,40	49,41			3.646.851,73				
B10	COS14	384.684,32	17	402.261,22	0,40	49,41				10.057.117,86			
A11	COS14	117.344,46	17	122.706,13	0,40	49,41	3.067.832,51						
A12	COS14	320.928,31	17	335.592,09	0,40	49,41		8.390.292,17					
B13	COS14,COS15,COS16	111.442,99	13	114.148,77	0,73	49,41			5.232.124,24				
B14	COS14,COS15,COS16	130.555,41	13	133.725,23	0,73	49,41				6.101.570,02			
D15	COS15	36.314,49	17	37.973,76	0,80	49,41	1.898.799,03						
B16	COS14,COS15,COS16,COS17	188.506,97	17	197.120,18	0,85	49,41			10.472.621,37				
B17	COS14,COS15,COS16,COS17	176.894,56	17	184.491,99	0,85	49,41				9.801.709,30			
A18	COS16	78.158,69	8	78.926,80	1,00	43,55	4.348.136,62						
D19	COS16,COS17	16.883,81	16	17.564,22	1,10	49,41		1.207.610,51					
D20	COS17	42383,85	24	46.394,90	1,20	49,41	3.479.820,70						
GE = 1,27			TOTAL RECURSOS					14.136.719,46	1.207.610,51	43.839.991,02	38.510.082,15	603.429,20	2.779.337,85
			TOTAL RESERVAS					7.415.969,13	8.390.292,17	19.351.597,35	25.960.397,18	3.218.878,44	6.093.233,08

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 25. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 5.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
F1	COS18	58.040,83	21	62.170,14	1,70	53,41					7.338.321,39		
F2	COS18	65.227,20	21	69.867,79	1,70	53,41						8.246.921,30	
E3	COS18	166.007,75	21	177.818,37	1,70	53,41			20.988.986,94				
E4	COS18	344.707,28	21	369.231,48	1,70	53,41					43.582.643,57		
D5	COS18	85.534,19	21	91.619,52	1,70	53,41	10.814.410,75						
D6	COS18	150.284,77	21	160.976,78	1,70	53,41		19.001.071,18					
E7	COS18	12.693,15	21	13.596,20	1,70	53,41			1.604.842,90				
C8	COS19	121.318,58	17	126.861,84	1,40	71,52					16.513.148,88		
C9	COS19	229.883,34	17	240.387,11	1,40	71,52						31.290.325,18	
B10	COS19	131.154,67	17	137.147,36	1,40	71,52			17.851.977,76				
B11	COS19	396.422,49	17	414.535,73	1,40	71,52				53.958.623,63			
A12	COS19	129.787,18	17	135.717,38	1,40	71,52	17.665.843,32						
A13	COS19	299.558,82	17	313.246,19	1,40	71,52		40.774.128,69					
B14	COS19,COS20	176.490,82	17	184.555,00	1,30	53,41			16.658.469,11				
B15	COS19,COS20	456.458,57	17	477.314,96	1,30	53,41				43.083.832,85			
E16	COS20	1.388,27	17	1.451,70	1,20	53,41			120.955,27				
D17	COS20	21.700,72	17	22.692,26	1,20	53,41	1.890.710,36						
E18	COS20	249.662,98	17	261.070,52	1,20	53,41				21.752.291,31			
D19	COS20	99.254,30	17	103.789,40	1,20	53,41		8.647.691,57					
D20	COS20	127.829,04	17	133.669,77	1,20	53,41	11.137.312,05						
E21	COS20	64.902,19	17	67.867,69	1,20	53,41			5.654.708,37				
GE = 1,30								TOTAL RECURSOS					
												TOTAL RESERVAS	
								23.842.433,16	27.648.762,75	7.380.506,55	42.741.278,25	50.920.964,96	8.246.921,30
								17.665.843,32	40.774.128,69	34.510.446,87	97.042.456,48	16.513.148,88	31.290.325,18

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 26. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 6

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMC CH ₄ pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
F1	COS21	48.214,25	43	65.924,67	0,50	31,29					1.325.337,99		
F2	COS21	41.979,64	43	57.399,91	0,50	31,29						1.153.957,84	
E3	COS21	123.817,48	43	169.299,04	0,50	31,29				3.403.558,28			
E4	COS21	301.936,07	43	412.845,48	0,50	31,29			8.299.773,28				
D5	COS21	43.665,30	43	59.704,76	0,50	31,29	1.200.294,12						
E6	COS21	31.205,58	43	42.668,25	0,50	31,29				857.794,96			
B7	COS22,COS23	106.746,32	13	109.554,19	1,45	31,29			6.387.128,77				
B8	COS22	358.013,26	9	362.475,94	2,00	27,28				25.413.043,19			
A9	COS22	27.898,69	9	28.246,45	2,00	27,28		1.980.347,36					
A10	COS22	143.369,75	9	145.156,87	2,00	27,28	10.176.890,23						
B11	COS22,COS23	57.431,00	13	58.941,67	1,45	31,29			3.436.363,83				
A12	COS23	264.513,19	17	276.599,26	0,90	35,30		11.292.012,75					
A13	COS23	161.553,33	17	168.934,99	0,90	35,30	6.896.677,87						
B14	COS23	480.311,79	17	502.258,08	0,90	35,30				20.504.409,85			
B15	COS22,COS23,COS24	174.153,07	11	177.412,64	1,30	31,29			9.273.348,93				
D16	COS24	17.387,08	8	17.557,95	1,00	31,29		705.964,02					
D17	COS24	19.822,40	8	20.017,21	1,00	31,29	804.844,82						
E18	COS24	1.147,12	8	1.158,39	1,00	31,29			46.576,28				
E19	COS24	231.291,45	8	233.564,48	1,00	31,29				9.391.079,00			
D20	COS24	84.405,34	8	85.234,84	1,00	31,29		3.427.092,60					
D21	COS24	132.189,20	8	133.488,30	1,00	31,29	5.367.250,80						
B22	COS24	58.006,36	8	58.576,42	1,00	31,29			2.355.220,26				
GE = 1,29			TOTAL RECURSOS					7.372.389,74	4.133.056,62	10.701.569,82	13.652.432,25	1.325.337,99	1.153.957,84
			TOTAL RESERVAS					17.073.568,10	13.272.360,11	19.096.841,53	45.917.453,03	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 27. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Coscativá, Manto 7

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
F1	COS25	95.723,81	35	116.857,19	0,80	27,80						3.378.575,22	
F2	COS25	89.076,04	35	108.741,77	0,80	27,80							3.143.941,94
D3	COS25	218.709,01	35	266.994,40	0,80	27,80			7.719.342,14				
D4	COS25	129.045,10	35	157.534,98	0,80	27,80				4.554.651,31			
A5	COS25	17.244,57	35	21.051,73	0,80	27,80	608.647,70						
AE	COS25	159.802,50	35	195.082,83	0,80	27,80						5.640.234,82	
C6	COS26	111.638,13	17	116.739,07	0,85	20,30						2.618.632,50	
C7	COS26	311.065,59	17	325.278,72	0,85	20,30							7.296.489,68
B8	COS26	144.764,50	17	151.379,04	0,85	20,30			3.395.659,03				
B9	COS26	377.434,91	17	394.680,57	0,85	20,30				8.853.277,30			
A10	COS26	137.541,41	17	143.825,92	0,85	20,30	3.226.231,09						
A11	COS26	268.634,78	17	280.909,17	0,85	20,30		6.301.214,16					
B12	COS26,COS27	168.514,73	14	173.673,58	0,68	27,80			4.268.062,90				
B13	COS26	473.645,53	17	495.287,23	0,85	20,30				11.110.035,41			
E14	COS27	752,44	10	764,05	0,50	27,80			13.806,34				
D15	COS27	20.301,73	10	20.614,92	0,50	27,80	372.511,55						
D16	COS27	17.545,45	10	17.816,12	0,50	27,80		321.937,23					
E17	COS27	222.659,60	10	226.094,48	0,50	27,80				4.085.527,31			
D18	COS27	83.723,88	10	85.015,46	0,50	27,80		1.536.229,29					
D19	COS27	132.040,16	10	134.077,09	0,50	27,80	2.422.773,06						
E20	COS27	56.077,46	10	56.942,55	0,50	27,80			1.028.951,79				
GE = 1,30			TOTAL RECURSOS					3.403.932,31	1.858.166,52	8.762.100,28	8.640.178,62	3.378.575,22	3.143.941,94
			TOTAL RESERVAS					3.226.231,09	6.301.214,16	7.663.721,93	19.963.312,71	8.258.867,32	7.296.489,68

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 28. Resumen cálculo de Reservas y Recursos. Área Tasco – Socotá.
Sector Coscativá.

MANTOS	RESERVAS - RECURSOS					
	MEDIDOS (pies3)		INDICADOS (pies3)		INFERIDOS (pies3)	
	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA
Manto 1	4.818.256,75	-	21.225.604,53	23.293.479,69	6.388.897,57	3.967.030,70
	4.505.108,47	16.516.790,20	30.929.018,13	52.919.606,60	6.148.105,06	12.668.730,72
Manto 2	14.376.925,89	42.693.217,99	24.991.499,43	46.823.011,14	6.850.833,69	10.733.136,50
	20.790.627,04	84.899.145,75	133.312.681,04	288.040.251,97	42.372.491,65	90.669.065,73
Manto 3	24.723.669,47	-	34.988.366,87	68.610.965,73	414.028,47	2.432.482,30
	9.691.924,73	40.918.224,52	46.880.060,23	88.402.407,41	15.185.960,55	32.866.747,74
Manto 4	14.136.719,46	1.207.610,51	43.839.991,02	38.510.082,15	603.429,20	2.779.337,85
	7.415.969,13	8.390.292,17	19.351.597,35	25.960.397,18	3.218.878,44	6.093.233,08
Manto 5	23.842.433,16	27.648.762,75	7.380.506,55	42.741.278,25	50.920.964,96	8.246.921,30
	17.665.843,32	40.774.128,69	34.510.446,87	97.042.456,48	16.513.148,88	31.290.325,18
Manto 6	7.372.389,74	4.133.056,62	10.701.569,82	13.652.432,25	1.325.337,99	1.153.957,84
	17.073.568,10	13.272.360,11	19.096.841,53	45.917.453,03	-	-
Manto 7	3.403.932,31	1.858.166,52	8.762.100,28	8.640.178,62	3.378.575,22	3.143.941,94
	3.226.231,09	6.301.214,16	7.663.721,93	19.963.312,71	8.258.867,32	7.296.489,68
TOTAL RECURSOS	92.674.326,78	77.540.814,38	151.889.638,50	242.271.427,83	69.882.067,10	32.456.808,43
	170.215.141,17		394.161.066,33		102.338.875,52	
TOTAL RESERVAS	80.369.271,89	211.072.155,59	291.744.367,08	618.245.885,38	91.697.451,89	180.884.592,13
	291.441.427,49		909.990.252,46		272.582.044,02	
TOTAL RESERVAS + RECURSOS	2.140.728.806,99					

Fuente: Datos del Estudio

De acuerdo a la Tabla 28, el potencial de GMAC para el Sector denominado Coscativá, es de 2,14 Bcf, distribuidos en 461.656.568,65 pies³ (0,46 Bcf) de Reservas y Recursos medidos; 1,304,151,318,79 pies³ (1,30 Bcf) de Reservas y Recursos indicados; 374.920.919,54 pies³ (0,38 Bcf) de Reservas y Recursos Inferidos.

Tabla 29. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 1.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN		
A1	RG1	112.710,78	15	116.686,79	1,00	12,38	1.877.957,13							
A2	RG1	62.712,84	15	64.925,11	1,00	12,38		1.044.904,71						
B3	RG1	437.408,46	15	452.838,56	1,00	12,38								
B4	RG1	204.105,59	15	211.305,66	1,00	12,38			3.400.753,22					
D5	RG2	481,32	30	555,78	2,80	36,61				7.287.983,78				
D6	RG2	100.554,83	30	116.110,72	2,80	36,61	15.472.960,50							
D7	RG2	100.214,01	30	115.717,17	2,80	36,61	15.420.516,53							
E8	RG2,RG3	342.731,51	20	364.727,25	1,53	36,61			26.558.450,29					
E9	RG2,RG3	1.224.390,11	20	1.302.968,74	1,53	36,61				94.878.652,59				
C10	RG2,RG3	336.384,15	20	357.972,54	1,53	36,61						26.066.589,93		
D11	RG3	73.539,61	10	74.674,08	0,25	36,61	888.490,84							
D12	RG3	55.424,48	10	56.279,49	0,25	36,61		669.627,46						
D13	RG3	64.870,02	10	65.870,74	0,25	36,61	783.746,59							
D14	RG3	57.436,40	10	58.322,45	0,25	36,61		693.935,08						
E15	RG3	148.608,19	10	150.900,71	0,25	36,61			1.795.454,38					
E16	RG3	372.590,41	10	378.338,22	0,25	36,61				4.501.562,70				
F17	RG3	24.919,75	10	25.304,18	0,25	36,61							301.075,43	
E18	RG2	20.825,95	30	24.047,74	2,80	36,61			3.204.610,88					
GE = 1,30								TOTAL RECURSOS	32.565.714,46	1.437.626,07	31.558.515,55	99.380.215,29	-	301.075,43
								TOTAL RESERVAS	1.877.957,13	1.044.904,71	3.400.753,22	7.287.983,78	26.066.589,93	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 30. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 2.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
A1	RG5	80.717,12	20	85.897,36	1,50	68,14	11.720.725,51						
A2	RG5	35.871,57	20	38.173,73	1,50	68,14		5.208.818,47					
B3	RG5	36.763,35	20	39.122,74	1,50	68,14			5.338.311,55				
B4	RG4,RG5,RG6,RG7	478.682,15	28	542.141,07	2,45	61,14				108.413.930,67			
C5	RG4,RG5,RG6,RG7,RG8,RG9	492.762,30	24	539.395,49	2,13	61,14						93.776.412,55	
B6	RG5,RG6	63.898,92	30	73.784,12	2,50	61,14			15.055.999,61				
A7	RG6	142.882,61	40	186.520,00	3,50	54,14	47.183.806,01						
A8	RG6	10.648,98	40	13.901,26	3,50	54,14		3.516.588,94					
B9	RG5,RG6	520.701,24	35	635.658,84	2,80	61,14				145.274.310,85			
B10	RG7	183.949,86	28	208.336,10	2,80	61,14			47.613.407,82				
C11	RG6,RG7,RG8,RG9,RG10	262.601,49	21	281.284,27	2,24	61,14						51.428.062,93	
E12	RG8,RG9,RG10	493.945,01	11	503.190,03	1,30	61,14			53.392.724,00				
E13	RG7,RG8,RG9,RG10	644.715,38	14	664.452,46	1,80	61,14				97.620.969,70			
C14	RG8,RG9,RG10	21.685,62	12	22.170,09	1,63	61,14						2.949.590,69	
F15	RG8,RG9,RG10	2.503,87	12	2.559,81	1,63	61,14						340.566,31	
GE = 1,34			TOTAL RECURSOS					-	-	53.392.724,00	97.620.969,70	-	340.566,31
			TOTAL RESERVAS					58.904.531,53	8.725.407,42	68.007.718,98	253.688.241,52	-	148.154.066,18

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 31. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 3.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS							
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)			
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN		
A1	RG11, RG12	159.589,78	28	180.746,60	1,30	36,61			11.268.977,65					
A2	RG11	729.553,44	23	792.557,95	1,20	28,23	35.171.788,08							
A3	RG11	348.050,71	23	378.108,50	1,20	28,23		16.779.532,60						
B4	RG11, RG12	109.106,51	32	128.656,05	1,30	36,61			8.021.296,60					
B5	RG11, RG12, RG13, RG14, RG15	9.388,54	33	11.194,55	1,05	36,61				563.724,75				
B6	RG11, RG12, RG13, RG14, RG15	75.108,26	33	89.556,34	1,05	36,61			4.509.793,30					
E7	RG11, RG12, RG13, RG14, RG15	374.541,91	30	432.483,74	1,24	36,61			25.719.498,37					
E8	RG12, RG13, RG14, RG15	12.245,28	34	14.770,48	1,25	36,61				885.473,42				
C9	RG13, RG14, RG15	1.397.598,11	28	1.582.877,76	1,20	36,61							91.096.071,42	
D10	RG14	61.614,06	12	62.990,55	1,80	36,61	5.437.746,23							
D11	RG13, RG14, RG15	82.965,41	28	93.964,14	1,20	36,61		5.407.722,69						
E12	RG15	82.965,41	36	102.550,89	1,25	36,61			6.147.810,36					
GE = 1,31			TOTAL RECURSOS					5.437.746,23	5.407.722,69	31.867.308,73	885.473,42	-	-	
			TOTAL RESERVAS					35.171.788,08	16.779.532,60	23.800.067,55	563.724,75	-	91.096.071,42	

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 32. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 4

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
D1	RG16	12.178,99	23	13.230,77	1,45	36,61	913.053,60						
D2	RG17	43.409,52	40	56.667,10	1,60	36,61	4.315.131,96						
E3	RG17	714.415,75	40	932.603,53	1,60	36,61			71.016.639,51				
F4	RG16, RG17	58.699,55	28	66.481,35	1,50	36,61							4.746.070,50
D5	RG16, RG17	2.104.607,29	33	2.509.456,48	1,45	36,61	173.177.215,16						
D6	RG18	26.603,29	40	34.728,13	1,80	36,61		2.975.068,49					
E7	RG18	136.941,13	40	178.763,95	1,80	36,61				15.314.242,75			
E8	RG17, RG18	156.745,34	40	204.616,51	1,70	36,61			16.555.133,00				
F9	RG18	124.462,34	40	162.474,05	1,80	36,61							13.918.729,08
GE = 1,30							178.405.400,72	2.975.068,49	87.571.772,51	15.314.242,75	-	18.664.799,58	
							-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 33. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 5.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							ZONA DILUCIÓN SOBRE	ZONA DILUCIÓN BAJO	ZONA DILUCIÓN SOBRE	ZONA DILUCIÓN BAJO	ZONA DILUCIÓN SOBRE	ZONA DILUCIÓN BAJO	
A1	RG19	94.877,48	25	104.685,72	1,60	28,61	6.301.602,76						
B2	RG19	186,68	25	205,98	1,60	28,61			12.398,97				
B3	RG19	14.400,20	25	15.888,86	1,60	28,61			956.437,08				
A4	RG19	9.628,51	25	10.623,89	1,60	28,61		639.509,45					
B5	RG19,RG21	467.981,02	26	520.676,59	1,73	45,86				54.321.775,84			
C6	RG19,RG20,RG21,RG22	1.368.731,30	28	1.550.184,08	1,21	45,86			4.322.826,39			113.117.147,63	
B7	RG19,RG20,RG22	63.291,14	28	71.681,65	1,00	45,86				9.271.133,56			
B8	RG19,RG20,RG21	94.468,26	27	106.024,21	1,45	45,86							
A9	RG21	232.419,29	27	260.850,27	1,85	63,11		40.048.563,91					
D10	RG20,RG21,RG22	30.543,92	29	34.922,52	1,08	45,86		2.274.516,40					
D11	RG22	194.861,07	30	225.006,18	0,50	45,86	6.784.600,17						
D12	RG20,RG21,RG22	5.158,37	29	5.897,84	1,08	45,86		384.128,73					
B13	RG20,RG21,RG22,RG23	183.093,51	26	203.710,19	0,95	45,86			11.670.680,29				
B14	RG21	577.386,17	27	648.015,65	1,85	63,11				99.490.394,85			
E15	RG20,RG21,RG22,RG23	4.247,74	26	4.726,04	0,95	45,86			270.757,91				
C16	RG20,RG21,RG22,RG23	98.524,76	26	109.618,84	0,95	45,86					6.280.129,61		
C17	RG21,RG22,RG23	487.412,67	24	533.539,59	0,97	45,86						31.210.317,68	
E18	RG21,RG23	157.779,75	21	169.004,99	1,20	45,86			12.230.397,58				
D19	RG23	142.279,80	15	147.298,89	0,55	45,86	4.885.645,60						
D20	RG23	63.499,57	15	65.739,59	0,55	45,86		2.180.466,90					
E21	RG23	139.642,22	15	144.568,26	0,55	45,86			4.795.075,60				
E22	RG23	967.032,53	15	1.001.145,74	0,55	45,86				33.206.247,32			
C23	RG21	481.443,83	27	540.337,04	1,85	63,11						82.958.406,75	
F24	RG23	412.115,07	15	426.652,92	0,55	45,86						14.151.328,57	
GE = 1,32			TOTAL RECURSOS					11.670.245,77	4.839.112,04	17.296.231,09	33.206.247,32	-	14.151.328,57
			TOTAL RESERVAS					6.301.602,76	40.688.073,37	16.962.342,74	163.083.304,24	6.280.129,61	227.285.872,06

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 34. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 6.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS						
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)		
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	
A1	RG24	95.327,62	25	105.182,39	1,65	17,22	3.914.996,93						
B2	RG24	23.711,32	25	26.162,55	1,65	17,22				973.796,94			
B3	RG24	3.544,01	25	3.910,38	1,65	17,22				145.548,46			
A4	RG24	2.500,10	25	2.758,56	1,65	17,22		102.676,26					
B5	RG24	489.306,52	25	539.890,01	1,65	17,22					20.095.262,25		
C6	RG24	1.300.802,73	25	1.435.277,01	1,65	17,22							53.422.488,62
B7	RG25,RG26,RG27	85.013,50	34	102.145,71	1,92	28,95				7.424.831,01			
B8	RG25,RG26	7.631,98	31	8.903,72	2,00	28,95					675.338,47		
A9	RG26	163.489,75	27	183.488,84	2,35	62,15	35.106.694,22						
A10	RG26	114.291,17	27	128.271,98	2,35	62,15		24.542.120,57					
B11	RG26,RG27,RG28	108.866,14	36	134.001,81	1,85	28,95				9.401.610,85			
A12	RG28	158.261,83	40	206.596,15	1,40	16,09	6.096.458,08						
A13	RG28	17.375,05	40	22.681,52	1,40	16,09		669.310,24					
B14	RG26,RG27,RG28,RG29	629.454,83	40	821.694,92	1,40	28,95					43.627.316,77		
B15	RG28,RG29	106.436,21	40	138.942,60	1,50	28,95				7.903.993,20			
A16	RG29	84.078,13	40	109.756,20	1,60	20,35	4.681.497,21						
A17	RG29	30.316,31	40	39.575,13	1,60	20,35		1.688.021,85					
A18	RG29	29.268,46	40	38.207,26	1,60	20,35	1.629.677,23						
B19	RG29	163.838,72	40	213.876,26	1,60	20,35				9.122.592,42			
C20	RG26,RG27,RG28,RG29	13.792,92	40	18.005,38	1,40	28,95						955.982,96	
B21	RG28,RG29	757.587,21	40	988.959,87	1,50	28,95					56.258.712,67		
C22	RG26,RG27,RG28,RG29	112.978,13	40	147.482,47	1,40	28,95							7.830.478,74
D23	RG27	10.297	40	13.441,95	1,80	28,95	917.602,37						
GE = 1,31				TOTAL RECURSOS			917.602,37	-	-	-	-	-	-
				TOTAL RESERVAS			51.429.323,68	27.002.128,93	34.972.372,88	120.656.630,16	955.982,96	61.252.967,36	

Fuente: Datos del Estudio

Tabla 35. Cálculo de Reservas y Recursos Sector Rucú - Guatatamo, Manto 7.

AREA	PUNTO DE CONTROL	AREA HORIZONTAL (M ²)	INCLINACIÓN (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GMAC CH4 pies3/ton	RESERVAS - RECURSOS								
							MEDIDAS (OS) (pies3)		INDICADAS (OS) (pies3)		INFERIDAS (OS) (pies3)				
							SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN	SOBRE ZONA DILUCIÓN	BAJO ZONA DILUCIÓN			
A1	RG30	22.426,65	39	28.857,71	1,70	32,33	2.141.165,34								
B2	RG30	22.426,65	39	28.857,71	1,70	32,33			2.141.165,34						
B3	RG30	22.426,65	39	28.857,71	1,70	32,33				2.141.165,34					
C4	RG30	22.426,65	39	28.857,71	1,70	32,33								2.141.165,34	
A5	RG32,RG33	103.943,61	25	114.689,08	1,08	28,44	4.755.642,51								
D6	RG33	152.576,66	27	171.240,79	0,45	28,44		2.958.578,48							
D7	RG34	864,49	40	1.128,51	3,20	28,44		138.649,83							
D8	RG34	2.966,01	40	3.871,85	3,20	28,44		475.698,72							
B9	RG32,RG33,RG34,RG35	136.367,01	33	162.599,02	1,79	28,44				11.174.660,08					
D10	RG35	36.895,98	40	48.164,28	1,80	28,44		3.328.594,95							
E11	RG33,RG34,RG35	164.317,16	36	203.107,17	1,82	28,44					14.192.536,29				
E12	RG34,RG35	332.329,67	40	433.825,58	2,50	28,44			41.640.748,28						
C13	RG31,RG32,RG33,RG34,RG35	281.110,34	30	324.598,26	1,88	28,44								23.429.736,47	
C14	RG31,RG32,RG33,RG34,RG35	281.110,34	30	324.598,26	1,88	28,44							23.429.736,47		
C15	RG31,RG32,RG33,RG34,RG35	281.110,34	30	324.598,26	1,88	28,44								23.429.736,47	
F16	RG33,RG34,RG35	113.345,40	36	140.102,62	1,82	28,44						9.789.962,01			
F17	RG33,RG34,RG35	10.018,73	36	12.383,84	1,82	28,44								865.346,28	
A18	RG32,RG33	103.943,61	25	114.689,08	1,08	28,44			4.755.642,51						
D19	RG33	152.576,66	27	171.240,79	0,45	28,44	2.958.578,48								
B20	RG32,RG33,RG34,RG35	136.367,01	33	162.599,02	1,79	28,44				11.174.660,08					
GE = 1,35			TOTAL RECURSOS					2.958.578,48	6.901.521,98	41.640.748,28	14.192.536,29	9.789.962,01	865.346,28		
			TOTAL RESERVAS					6.896.807,85	4.755.642,51	2.141.165,34	24.490.485,51	23.429.736,47	49.000.638,28		

Fuente: Datos del estudio

Tabla 36. Resumen cálculo de Reservas y Recursos. Área Tasco – Socotá, Sector Rucú – Guatamoto.

MANTOS	RESERVAS - RECURSOS					
	MEDIDOS (pies3)		INDICADOS (pies3)		INFERIDOS (pies3)	
	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA	CON LA GRAVEDAD A FAVOR	CON LA GRAVEDAD EN CONTRA
Manto 1	32.565.714,46	1.437.626,07	31.558.515,55	99.380.215,29	-	301.075,43
	1.877.957,13	1.044.904,71	3.400.753,22	7.287.983,78	26.066.589,93	-
Manto 2	-	-	53.392.724,00	97.620.969,70	-	340.566,31
	58.904.531,53	8.725.407,42	68.007.718,98	253.688.241,52	-	148.154.066,18
Manto 3	5.437.746,23	5.407.722,69	31.867.308,73	885.473,42	-	-
	35.171.788,08	16.779.532,60	23.800.067,55	563.724,75	-	91.096.071,42
Manto 4	178.405.400,72	2.975.068,49	87.571.772,51	15.314.242,75	-	18.664.799,58
	-	-	-	-	-	-
Manto 5	11.670.245,77	4.839.112,04	17.296.231,09	33.206.247,32	-	14.151.328,57
	6.301.602,76	40.688.073,37	16.962.342,74	163.083.304,24	6.280.129,61	227.285.872,06
Manto 6	917.602,37	-	-	-	-	-
	51.429.323,68	27.002.128,93	34.972.372,88	120.656.630,16	955.982,96	61.252.967,36
Manto 7	2.958.578,48	6.901.521,98	41.640.748,28	14.192.536,29	9.789.962,01	865.346,28
	6.896.807,85	4.755.642,51	2.141.165,34	24.490.485,51	23.429.736,47	49.000.638,28
TOTAL RECURSOS	231.955.288,03	21.561.051,27	263.327.300,15	260.599.684,77	9.789.962,01	34.323.116,17
	253.516.339,30		523.926.984,92		44.113.078,18	
TOTAL RESERVAS	160.582.011,03	98.995.689,54	149.284.420,72	569.770.369,97	56.732.438,97	576.789.615,29
	259.577.700,57		719.054.790,69		633.522.054,26	
TOTAL RESERVAS Y RECURSOS	2.433.710.947,92					

Fuente: Datos del estudio

De acuerdo a la Tabla 36, el potencial de GMAC para el Sector denominado Rucú – Guatamoto, es de 2,4 Bcf, distribuidos en 513.094.039,87 pies³ (0,51Bcf) de Reservas y Recursos medidos; 1.242.981.775,61 pies³ (1,24 Bcf) de Reservas y Recursos indicados; 677.635.132,44 pies³ (0,68 Bcf) de Reservas y Recursos Inferidos.

En general para la zona de estudio, se tiene un potencial determinado de GMAC de 8,08 Bcf, correspondiente a la sumatoria de los valores de potencial obtenidos para las categorías de Recursos y Reservas Medidas, Indicadas e Inferidas en los tres sectores de interés objeto de evaluación.

7.3.2.2 Recursos Hipotéticos

En el Sector GMAC Mortiño – El Pozo, en el Programa de muestreo establecido en frente de mina, se realizó mediciones a dos capas de carbón identificadas como Manto 8 y Manto 21, a los cuales no se les determinó Recursos y Reservas, por no contar con suficientes puntos de control y la certeza de su continuidad en el sector, por tanto se evaluó desde la categoría de Recursos Hipotéticos, tomando como área de evaluación, la compuesta a partir de las trazas de los Mantos 7 y 1 y el límite del sector establecido. El valor de Recursos Hipotéticos para estas capas fue de 155.495.417,63 pies³ o **0,16 Bcf** (Billones de pies cúbicos) y 112.803.012,01 pies³ o 0,11 **Bcf**, ver Tabla 37.

Tabla 37. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá. Sector Mortiño – El Pozo

CAPA DE CARBON	AREA (M2)	PROMEDIO BUZAMIENTO (°)	AREA INCLINADA (M²)	ESPESOR (M)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GMAC CH ₄ (pie ³ /ton)	RECURSOS (pie ³)
Manto 8	3.381.840,54	4	3.390.098,65	1,90	1,28	18,86	155.495.417,63
Manto 21	3.043.292,82	9	3.081.227,85	1,10	1,22	27,28	112.803.012,01
TOTAL							268.298.429,64

Fuente: Datos del Estudio

En la perforación Socotá-1, sector Coscativá, suprayaciendo el Manto 7, se identificó una capa de carbón denominada Chica1 con un espesor de 0,40 m., solo se cuenta con este punto de control, no se explota en la zona, por lo tanto, la evaluación realizada para estas capas se clasificó como Recursos en la categoría de Hipotéticos.

Para su cálculo, se empleó la traza del Manto 7 como referencia para determinar el área de evaluación, la cual se construyó a partir de la proyección de las trazas de estas capas de carbón, y los límites del sector establecido. Los Recursos

Hipotéticos determinados para esta capa de carbón correspondieron a 127.176.131,16 pies³ o 0,13 Bcf (Billones de pies cúbicos), Ver Tabla 38.

Tabla 38. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá.
Sector Coscativá.

CAPA DE CARBON	AREA (M2)	PROMEDIO BUZAMIENTO (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GMAC CH ₄ (pie ³ /ton)	RECURSOS (pie ³)
Manto Chica 1	2.526.347,76	17	2.641.781,03	1,9	1,3	19,49	127.176.131,16
TOTAL							127.176.131,16

Fuente: Datos del Estudio

En la perforación Socotá-2, sector Rucú - Guatatamo, suprayaciendo el Manto 5, se identificó una capa de carbón denominada Manto 51 con un espesor de 0,65 m., solo se cuenta con este punto de control, no se explota en la zona, por lo tanto, la evaluación realizada para estas capas se clasificó como Recursos en la categoría de Hipotéticos.

Para su cálculo, se empleó la traza del Manto 5 como referencia para determinar el área de evaluación, la cual se construyó a partir de la proyección de las trazas de estas capas de carbón, y los límites del sector establecido. Los Recursos Hipotéticos determinados para esta capa de carbón correspondieron a 127.176.131,16 pies³ o 0,13 Bcf (Billones de pies cúbicos), Ver Tabla 39.

Tabla 39. Resumen Recursos Hipotéticos. Área Tasco – Socotá.
Sector Coscativá.

CAPA DE CARBON	AREA (M2)	PROMEDIO BUZAMIENTO (°)	AREA INCLINADA (M ²)	ESPESOR (M)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GMAC CH ₄ (pie ³ /ton)	RECURSOS (pie ³)
Manto 51	3.737.775,80	27	4.195.003,85	0,65	1,3	54,13	191.878.846,88
TOTAL							191.878.846,88

Fuente: Datos del Estudio

8. CONCLUSIONES

- Con el fin de conocer sobre el origen, almacenamiento y potencialidad del GMAC en nuestro país, se ha iniciado el estudio del mismo en zonas piloto, caracterizadas por poseer gran potencial carbonífero e información de referencia sobre estudios a escalas adecuadas (1:10.000; 1:25.000), para este caso se continúa con el análisis de los contenidos de GMAC a través de métodos directos, en algunos mantos de interés, localizados en la formación Guaduas, en un área de estudio que comprende los municipios de Tasco, Socha y Socotá.
- En la zona de estudio se identifican estructuras como anticlinales y sinclinales, en los cuales es de interés realizar el estudio de GMAC teniendo en cuenta el aumento de la presión hidrostática hacia el eje de los mismos. Las perforaciones se adelantaron en el flanco occidental del Anticlinal de Socotá y el flanco occidental del Sinclinal de Rucú – Guatatamo, en cada caso se presentaron variaciones en el valor de contenidos de gas total libre de cenizas, siendo mayores los valores del Pozo Socotá-1, ubicado en el flanco oriental del Anticlinal de Socotá
- De acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras tomadas, los carbones objeto de estudio, se clasificaron según la norma ASTM por rango como Bituminosos alto volátil A (bavA), Bituminoso bajo, medio y alto volátil.
- La reflectancia de la vitrinita (Ro) obtenida en las muestras analizadas, permite establecer valores entre 0,7 a 1,62%, correspondiente a carbones de tipo bavA a bbv, que de acuerdo a Rice y otros, 1991, se encuentran dentro de la ventana de generación de metano tipo termogénico.
- Los mantos de carbón que mayor contenido de gas total libre de cenizas registraron corresponden a los Mantos: 2 y 5 de la formación Guaduas, ubicados en el flanco Occidental del Anticlinal de Socotá.

- En algunas muestras de carbón analizadas en los pozos realizados se registraron valores de Cenizas muy altos, lo cual incidió en el momento de calcular los valores de gas total libre de cenizas, razón por la cual se decidió tomar un promedio del valor de Cz en la zona a partir de estudios anteriores correspondiente a 8% (solo en las muestras de pozos, en las muestras de minas se mantuvo los valores de Cz reportados en los análisis fisicoquímicos del estudio). Los valores altos de cenizas en los carbones muestreados, posiblemente tengan su origen en el manejo inadecuado de los núcleos de perforación al momento de recuperarlos, ya que estos pueden salir a superficie con mezcla o parte de los respaldos. Este hecho puede producirse en casos en que la zona de interés presente alto fracturamiento que incide en que la muestra sea poco consistente y dificulte su recuperación.
- Las mediciones de CH₄ realizadas en las muestras de los mantos de carbón colectadas, dieron como resultado contenidos de gas total libre de cenizas entre 19,49 y 163,85 pies³/ton para el Pozo Socotá-1; 54,13 a 63,11 pies³/ton para el Pozo Socotá-2 y 11,92 a 72,91 pies³/ton para las muestras de frente de mina de los tres sectores de interés. Siendo el Sector Coscativá el de mayor interés.
- Las capas de carbón registradas en los pozos realizados presentan un valor medio a alto de rayos Gamma Natural, una ligera deflexión en la temperatura con valores para el Pozo Socotá-1 entre 19 y 24 °C correspondiente a profundidades entre 252,0m y 412, 0m; en el Pozo Socotá-2, los valores de temperatura variaron entre 25 y 26°C en el segmento de carbones identificados entre los 426,0 y 432,0m. A la vez se obtuvo variaciones en los valores de densidad entre 1,0 a 1,3 gramos/cm³, considerados bajos y con los cuales se pudo determinar los espesores reales de las capas de interés.
- El potencial de gas metano, para los tres sectores de evaluación, enmarcados dentro del área general de estudio, correspondió a 8,08 Bcf de recursos y reservas de GMAC en las categorías de Medido, Indicado, e Inferido. Discriminados así:

SECTOR	RESERVAS - RECURSOS					
	MEDIDOS (Pie ³)		INDICADOS (Pie ³)		INFERIDOS (Pie ³)	
MORTIÑO - EL POZO	58.789.578,9	502.906.2818	216.785.470,6	1243.749.986,4	216.375.586,9	1269.323.6111
COSCATIVA	291441427,4	170.215.111	909.990.252,4	394.161.066,3	272.582.044,0	102.338.875,5
RUCÚ - GUATATAMO	259.577.700,5	253.516.339,3	719.054.790,6	523.926.984,9	633.522.054,2	44.113.078,1
TOTAL RECURSOS		926.637.762,20		2.161.838.037,60		1.415.775.564,70
TOTAL RESERVAS	609.808.706,80		1.845.830.513,60		1.122.479.685,10	
POTENCIAL	8.082.370.270,00					

- A pesar que en este estudio, los pozos alcanzaron una mayor profundidad comparada con los pozos realizados en los proyectos anteriores, no se aprecia el incremento del contenido de metano con respecto a este parámetro, el incremento es variable y no constante.

9. RECOMENDACIONES

- Continuar la exploración de Gas Metano Asociado al carbón (GMAC), en el departamento de Boyacá, de acuerdo al conocimiento adquirido de estudios locales con mediciones de contenidos de gas metano en frente de mina y registros de accidentalidad, concentrando los trabajos en el sector carbonífero denominado Umbita – Rondón, teniendo en cuenta la presencia de una estructura Sinclinal regional conocida con el nombre de Sinclinal de Umbita y la referencia de la presencia de mantos de carbón de espesor importante hacia el norte de este sector.
- Analizar el comportamiento del gas metano en los mantos de carbón en estructuras sinclinales como anticlinales, para determinar las condiciones que en cada caso puedan incidir en el buen desarrollo de un proyecto de GMAC.
- Complementar los estudios de exploración de GMAC en las principales zonas carboníferas del país teniendo en cuenta lo siguientes aspectos:
 - Determinación de la incidencia y priorización de parámetros en la exploración de GMAC, como: rango del carbón, litología de los respaldos de los mantos de carbón, espesor de la cobertera, las condiciones hidrogeológicas de la cuenca, ambientes de depósito, tectónica (sistema de fracturamiento), permeabilidad y porosidad.
 - Establecer relaciones preliminares entre las variables que determinan la generación de gas metano en los mantos de carbón, como la profundidad de los mantos, los contenidos de GMAC, el rango del carbón, el análisis de macerales, entre zonas, áreas, sectores y bloques carboníferos.
 - Emplear técnicas de datación como las Huellas de Fisión, con el fin de conocer sobre la historia del enterramiento de la cuenca en cada zona de

estudio, de tal manera que se determinen entre otras zonas de hundimiento, profundidad de enterramiento, variaciones en el desarrollo de la historia termal.

- Elaborar el modelo hidrogeológico en la zona de estudio, de tal forma que se puedan establecer en el proceso de determinación de sectores de interés GMAC, la dirección del flujo de agua y por ende las zonas donde se pudiera concentrar por efecto de la presión hidrostática mayores contenidos de metano.
- Realizar un análisis preliminar sobre la permeabilidad de las capas de interés a partir del estudio de esfuerzos del macizo rocoso, igualmente establecer la relación existente entre la dirección de la estructura principal y la dirección preferencial de los esfuerzos con el fin de discriminar en que caso se favorece la acumulación y migración del gas.
- Realizar análisis de cromatografía en los núcleos de las perforaciones con el fin de determinar los diferentes tipos de gases presentes.
- Determinación de la capacidad de adsorción de los mantos de carbón a través de la aplicación de Isotermas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, B. SARMIENTO, R. Informe geológico sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la Región de paz de Rio, Departamento de Boyacá. Servicio. Geológico. Nacional. Informe 468, ined. Bogotá, 1944.

ANNUAL BOOK OF AMERICAN STANDARDS FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM 2012, D388, Standard classification of coals by rank, D5142-09 Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures (Withdrawn 2010), D5865-04 Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, D5373-08 Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples of Coal, D720-91-04 Standard Test Method for Free-Swelling Index of Coal, D1412-07 Standard Test Method for Equilibrium Moisture of Coal at 96 to 97 Percent Relative Humidity and 30°C, D167-93 Standard Test Method for Apparent and True Specific Gravity and Porosity of Lump Coke, D409M-09 Standard Test Method for Grindability of Coal by the Hardgrove-Machine Method, D2639-08 Standard Test Method for Plastic Properties of Coal by the Constant-Torque Gieseler Plastometer, D3682-01-(06) Standard Test Method for Major and Minor Elements in Combustion Residues from Coal Utilization Processes, D2799-05a Standard Test Method for Microscopical Determination of the Maceral Composition of Coal, D2798-06 Standard Test Method for Microscopical Determination of the Vitrinite Reflectance of Coal. USA.

BÜRGL, H. 1958. El Jurásico e Infracretácico del río Batá, Boyacá. Servicio Geológico Nacional, Bol. Geol. Bogotá.

CARBOCOL. 1991. Evaluación Geológica de los carbones en el área comprendida entre Socha y Socotá. Sogamoso.

CARBOCOL. 1991. Reconocimiento Geológico del área Socotá – Jericó-Boavita. Vicepresidencia Técnica. Dirección de proyectos en desarrollo. Bogotá.

- CARBOCOL – COLCIENCIAS - HIDROGEOMINAS LTDA. 1993. Evaluación geológica de los carbones en el área Socha – Socotá (Boyacá). Paz de Río.
- CENSO DANE, 2005. Consultado en <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-registros-vitales/censos/censo-2005>.
- DE PORTA DE J. 1974. Lexique Internationale Stratigraphique. Amerique Latine. Vol. V. CNRS. París.
- DIAMOND, W.P. AND LEVINE, J.R. 1981. Direct Method Determination of the Gas Content of Coal: Procedures and Results, Report of Investigations 8515, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington, D.C.
- DRUMMOND LTD. 2005. “AHORA VAMOS POR GAS Y PETRÓLEO” Consultado en http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera108/rev_entrevista.htm
- ECOCARBON-Colciencias-INGEOMINAS.1993. Características y usos tecnológicos de los carbones Zona Cundinamarca-Boyacá. Bogotá.
- ECOCARBON. Sistema de Clasificación de Recursos y Reservas de Carbón, 1995.
- ECOCARBON. 1996. Programa de Normalización de Recursos y Reservas de Carbón, Área Sogamoso – Jericó. Departamento de Boyacá. Regional N° 1 Nobsa.
- ECOPETROL - ICP. División de producción y exploración. Gas asociado al carbón, marco conceptual. 1997.
- ETAYO-SERNA, F., 1964 Posición de las faunas en los depósitos del Cretácico Colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. UIS. Bol. Geol. Bucaramanga.
- FABRE, A. 1986. Geologie de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillere Orientale de Colombie). Tesis doctorado, Fac. Sciences, U. Geneve. Geneve.

-
- FUQUEN, J., OSORNO, J., 2005. Geología de la plancha 190-Chiquinquirá. INGEOMINAS. Bogotá
- GARNER, S.H., 1926.- Suggestes nomenclature and correlation of the geological formations of Venezuela. Am. Inst. Min. Metall. Eng. Trans. (London).
- HEDBERG, H.D., and SASS, L.C., 1937.-Synopsis of the Geologic Formations of the western part of the Maracaibo Basin. Bol. Geol. Min. Venezuela (Caracas).
- HINCAPIÉ, V. HUGUETT, A. 2003. Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, Plancha 5-09, Escala 1:500,000, INGEOMINAS, Bogotá.
- HUBACH, E., 1931. Exploración de la región Apulo – San Antonio-Viotá. Bol. Min. Petr. Bogotá.
- HUBACH, E., 1945. La región de Panga Panga, al noreste de Choachí (Cundinamarca). Comp. Est. Geol. Ofic. Col. Bogotá.
- HUBACH, E., 1957a. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Bol. Geol. Bogotá.
- INGEOMINAS. 1981. Geología del Cuadrángulo I – 13 Málaga. Geología Plancha 152 Soatá. Bogotá.
- INGEOMINAS. 2001. Geología de la Plancha 172 Paz de Río. Bogotá.
- INGEOMINAS. 2004. El Carbón colombiano - recursos, reservas y calidad, Publ, Geol, Esp, INGEOMINAS, Bogotá.
- INGEOMINAS. 2010. El carbón, Muestreo, análisis y clasificación de recursos y reservas, Segunda Edición, Publicaciones Geológicas Especiales Número 30, Bogotá.
- JULIVERT, M. et al., 1968. –Lexique Stratigraphique International, Amerique Latine: Centre NAT. Res. Scient. (París) 5, fasc. 4^a, Colombie (Premiere partie).
- LAW, BEN E., RICE, DUDLEY D., FLORES, ROMEO M. 1991. Coalbed gas accumulations in the Paleocene Fort Union Formation, Powder River Basin, Wyoming. Rocky Mountain Association of Geologists, Coalbed Methane.
- LÓPEZ, LUIS. FONSECA, J. Determinación del bloque con mejores posibilidades de gas asociado al carbón GAC de la zona carbonífera

ubicada al Nor-orienté del municipio de Sogamoso en el departamento de Boyacá. UPTC-Sogamoso. Trabajo de grado. 2003

MARIÑO, J., 2010. Estudios preliminares del gas asociado al carbón (GAC) en Boyacá. UPTC.

MARIÑO, J., 2011. GAS ASOCIADO AL CARBÓN (CBM o GMAC) Geología, medición, reservas, CBM y minería, posibilidades en Colombia. En Revisión. UPTC. Tunja.

NOTESTEIN, F.B., HUBMAN, C.W. and BOWLER, J.W., 1944.- Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America, Geol. Soc. Amer. Bull. (Boulder, Colorado).

OSORNO, J. F. 1994. Estratigrafía y ambientes de depósito de la secuencia regresiva localizada al Noreste de Sogamoso. Tesis grado, U. Caldas. Manizales.

PÉREZ, G. y SALAZAR A. 1978. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. U. Nal. Geol. Col. Bogotá.

RENZONI, G. 1968. Geología del Macizo de Quetame. U. Nal., Geol. Col. Bogotá.

SARMIENTO, G. 1992. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigrafía y Sistemática. INGEOMINAS. Bol. Geol., 32 (1-3): 45-126. Santafé de Bogotá.

SARMIENTO, G., 1994. Estratigrafía, palinología y paleoecología de la Formación Guaduas. Publ. Geol. Esp. N° 20, INGEOMINAS. Bogotá.

SMITH, D.M. and WILLIAMS, F.L., 1984. Diffusion Models for Gas Production from Coals: Application of Methane Content Determination; Fuel, Volume 63. EU.

ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. 1979a. Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque, Boletín Geológico Ingeominas, Vol.22, No1, p. 2-55, Bogotá.

ULLOA, C. Geología del Cuadrángulo J-13, Sogamoso. Ingeominas. Bogotá.

ULLOA, C. y RODRIGUEZ, E. 1991. Memoria explicativa Plancha 190-Chiquinquirá (Departamento de Boyacá). INGEOMINAS. Bogotá.

-
- URIBE, C., PÉREZ, F., 1987. Propuesta de clasificación de los carbones Colombianos. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1957. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental). Bol. Geol. 5. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes colombianos. Bol. Geol. Vol. VI N° 1 – 3. INGEOMINAS. Bogotá.
- VARGAS, R.; ARIAS A.; JARAMILLO, L.; TÉLLEZ, N. 1981. Geología del Cuadrángulo H-13 Pamplona, Colombia. Escala 1:100.000 Inst. Nal. Invest. Geol. Min.
- WOOD, GORDON. KEHN, T. 2003. Coal Resource classification System of the U.S. geological Survey. Geological Survey Circular 891.

ANEXO A

INVENTARIO MINERO SECTORES DE INTERÉS

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

Anexo A. Inventario minero_ Área Tasco - Socotá_Sectores de interés

COORDENADAS			LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
N	E	H			
1.160.212	1.157.212	2800	Mina El Carmen, Vereda Guatamoto, Socotá	Manto: 6 Espesor(m): 2,10 a 2,50 (2 intercalaciones de 0,30 0,10m) Observaciones: De acuerdo ala información suministrada, se presentan variaciones en el ángulo de inclinación del manto, fallas locales de rumbo de aprox.15m de desplazamiento horizontal, con alguno saltos de entre 2 a 5m. Se observa muy cerca el contacto con la Formación E1si	1
1.159.491	1.158.647	2297	Vereda Coscativá, Socotá	Bm Antigua. Manto: M1 y M2 Espesor (m): 1,0 Distancia estratigráfica entre M1 y M2: 2m	2
1.153.766	1.151.692	2364	Bm La Falda. Vereda Socha Viejo, Socha	Manto: M8 (de Techo a base ó M1 de base a techo) Espesor (m): 0,60 Avance Labores (m): 150, 20m en roca	3
1.153.750	1.151.750	2330	Mina San Luis. Pexxa. Vereda Socha Viejo, Socha.	Manto: M7 (de Techo a base ó M2 de base a techo) Espesor (m): 2,50 a 3,50 Avance Labores (m): 150, 20m en roca	4
1.153.237	1.151.691	2474	Minas Santa Helena. Vereda Socha Viejo, Socha.	Mantos: M2 y M3 Espesor (m): 1,60 ; 1,10 a 1,60 Avance Labores (m): 150 por M2. A los 50m del inclinado, encuentran M2 Distancia estratigráfica (m): Entre M2 y M3: 15. CH4 (%):	5
1.153.229	1.151.683	2.475	Minas Santa Helena. Vereda Socha Viejo, Socha.	Manto: M1 Espesor (m): 3,0 (2 intercalaciones de 0,10 a 0,20m) Avance Labores (m): 360 por M1. A los 300m del inclinado, hubo un desplazamiento vertical de manto de 3,0m Distancia estratigráfica (m): Entre M1 y M2: 20. CH4 (%): De acuerdo a la información suministrada en los trabajos de M7 o M2 , es donde se ha registrado mayor metano.	6
1.151.133	1.153.726	2782	Mina San Patricio. Vereda Mortiño, Socha	Túnel que entra en roca a los 70m aprox, encuentran manto M7 (M2). Inclinación (°): 35	7
1.150.161	1.153.558	2.944	Bm El Zarzal. Vereda Mortiño, Socha	Bm 2 Manto: 5 Espesor (m): 1,50 Avance (m): 250 por el M5 CH4 (%): 0	8
1.150.323	1.153.561	2.934	Mina El Caprichito. Vereda Mortiño, Socha	Bm 2 Manto: 5 Espesor (m): 1,50 Avance (m): 250 por el M5 Inclinación (°): 25-30 Dirección (°): 240SW CH4 (%): 0	9
1.162.224	1.160.500	2.538	Mina El Morro. Mineralex. Vereda El Morro, Socotá	Bm 1 Manto: 1 (Base a Techo) Espesor (m): 1,50 Avance (m): 280, 90m en roca por el M1 Niveles (m): 120 S; Problemas Estructurales al Norte CH4 (%): 0 Se conoce que el M6 tiene problemas con el Metano	10

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.162.503	1.160.565	2.555	Mina El Pino. Vereda El Morro, Socotá.	Bm 2 Manto: 1 y M2 (Base a Techo) Espesor (m): 1,10; 1,0 a 1,40 Avance (m): a los 75m, encuentran M2, regresa hacia atrás con 7m y encuentran M1 Niveles (m): 96 E presencia de fallas; 75 al W. CH4 (%): mayor al permisible. Además se tienen reporte que el H2S, registra concentraciones importantes.	11
1.162.571	1.160.540	2.554	Mina El Pino. Vereda El Morro, Socotá.	Bm 1 Manto: 1 y M2 (Base a Techo) Espesor (m): 1,10; 1,0 a 1,40 Avance (m): 130 CH4 (%): mayor al permisible. Además se tienen reporte que el H2S, registra concentraciones importantes.	12
1.163.624	1.161.304	2.719	Mina El Tablón. Vereda El Morro, Socotá.	Bm 1 Manto: M6 (Base a Techo) Espesor (m): 2,0-2,20 (intercalación 0,50m) Avance (m): 230, a los 50m encontraron el manto Niveles(m): 80 al E CH4 (%): no reporta Dirección: N35E.	13
1.160.789	1.160.948	2.775	Mina Villa Blanca. Mineralex. Vereda El Morro, Socotá.	Bm 1 Manto: M7 (Base a Techo) Espesor (m): 2,20 (2 intercalaciones 0,10 y 0,20) Avance (m): 150 Niveles(m): 150 al N; 30 al S (zona de fallas) CH4 (%): no reporta Dirección: N35E.	14
1.160.786	1.160.943	2.775	Mina Villa Blanca. Mineralex. Vereda El Morro, Socotá.	Bm 2 Manto: M6 (Base a Techo) Espesor (m): 1,0c+0,60r+1,0c+1,0r+0,50c Avance (m): en diagonal 320 por manto CH4 (%): no reporta	15
1.160.441	1.160.708	2829	Mina La Mana. Vereda de Guarca, Socotá.	Bm 1 Manto: Se desconoce el nombre Espesor (m): 2,50 (2 intercalaciones 0,05 c/u) Avance (m): 160. De los cuales 30m en roca. Niveles(m): 120 al N; 10 al S CH4 (%): 0,2 Dirección: N35E.	16
1.160.151	1.160.522	2829	Minas El Cielo. Vereda de Guarca, Socotá.	Bm 1 Manto:0 Espesor (m): 0,80 a 1,10 Avance (m): 220. De los cuales 100m en roca. Niveles(m): CH4 (%):0	17
1.160.119	1.160.531	2836	Minas El Cielo. Vereda de Guarca, Socotá.	Bm 2 Manto: M2 Espesor (m): 1,80 a 2,20 Avance (m): 300 por manto Niveles(m): 280 N / 280S (Zonas de fallas) CH4 (%): Sobre máximo permisible	18

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.160.137	1.160.571	2853	Minas El Cielo. Vereda de Guarca. Socotá.	Bm 3 Manto: M4 Espesor (m): 1,20 a 0,60 Avance (m): 166 por manto Niveles(m): 280 N / 280S (Zonas de fallas) CH4 (%): Muy poco Inclinación (°): Existe una cruzada, cuya informaciones: distancias estratigráficas entre M0-M2: 10m; entre M2-M3: 20m, entre M3-M4: 40m; entre M4-M5: 12m;entre M5-M6: 15m	19
1.159.279	1.160.878	2692	Colombia Clean Power. Vereda Rucú, Socotá	Bm Acacias Manto:6 Espesor (m): 2,10 (2 intercalaciones de 0,20 y 0,14) Avance (m): 80 en roca. Niveles(m): CH4 (%): 0,43 Dirección: N20E Inclinación (°): 17	20
1.159.708	1.160.464	2.811	Colombia Clean Power. Vereda Rucú, Socotá	Bm El Triunfo Manto:2 Espesor (m): 2,70 (2 intercalaciones de 0,20 y 0,14) Avance (m): 235. Llegan a una falla. Niveles(m): 60S / al Norte ya se ha explotado CH4 (%): Cuando se deja de ventilar se incrementa Dirección: 110 SE Inclinación (°): 29-37	21
1.160.631	1.164.829	3484	Vereda Los Mortiños, Socotá	Bm abandonada, afloramiento de carbón tipo fuseno, con espesor de: 0,20c+0,40r+no se observa el nivel inferior (intercalación corresponde a una arcillolita de color gris, con láminas de carbón tipo vitreño a fuseno y restos vegetales	22
1.164.379	1.164.701	3.236	Vereda La Manga, Socotá	Bm inactiva, entran por el manto, carbón de 0,50m, tipo clareño a fuseno	23
1.166.044	1.164.615	3.268	Vereda Mause, Socotá	Mina: Manto: 6 Espesor(m): 1,0 Carbón clareño a fuseno	24
1.162.269	1.165.279	3313	Socotá	Mina inactiva, afloramiento manto de 1,20m de espesor, respaldo limolita arcillosa de color gris oscuro, macrorestos vegetales, diques rellenos de arcillolita de color blanco a amarillo claro	25
1.162.734	1.164.799	3181	Socotá	Bm Inactiva. Respaldo superior, arcillolita de color gris, laminación tenue, niveles concrecionales de limolita paralela a la estratificación	26
1.158.759	1.160.876	2661	Mina Marsella. San Pedro. Socotá	Bm 1 Manto: 6 Espesor (m): 1,60 (intercalaciones 0,30m) Inclinado (m): 12 por el manto. Niveles(m): 160 al E; Fallas al W CH4 (%): 0,5 Dirección: 95NE. Inclinación: 26°	27
1.158.683	1.160.855	2649	Mina Herbells Ltda. San Pedro.Socotá.	M6 Afloramiento arenita de grano muy fino, en capas delgadas, a medias Inclinado (m):60 Espesor (m): 2,20 (intercalación 0,40m)	28

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.158.688	1.160.792	2631	Mina Inactiva. San Pedro.Socotá.	Bm 1 Manto: Espesor (m): 1,10-1,20 (intercalación 0,30m) Inclinado (m): 250 por el manto. CH4 (%): Se han originado varias explosiones menores Dirección: N50°E.	29
1.157.599	1.160.208	2698	Mina El Fraile. Parpa. Socotá	Bm 1 Manto:2 Espesor (m): 2,50-4,00 (intercalación 0,20m) Inclinado (m): 310 por el manto. Niveles (m): 15N /80E (Falla) CH4 (%): 2,5 máx. Inclinación: 15°-35° comunica con BM2	30
1.157.717	1.160.228	2698	Mina El Fraile. Parpa. Socotá	Bm 2 Manto:2 Espesor (m): Inclinado (m): 300 por el manto. Niveles (m): 15N /80E (Falla) CH4 (%): Distancia Estratigráfica entre M2 a M3: 30m	31
1.158.053	1.160.218	2687	Mina Bugarvil.Guatatamo.Socotá	Suprayace Qc. Manto 2 Espesor (m):2,80 (1 intercalación de 0,10m)	32
1.158.125	1.160.357	2731	Mina Omichote. Socotá	Bm 2 Manto:6 Espesor (m): 2,20 (intercalaciones: 0,03 y 0,04m) Inclinado (m): 120 (30m en roca). Niveles (m): 5 E CH4 (%): Inclinación: 45°-40°	33
1.157.921	1.160.304	2758	Vereda Parpa. Socotá	Bm 1 Manto:7 Espesor (m): 3,50 (intercalaciones: 0,10m), algunas veces 0,30 Inclinado (m): 100 (15m en roca). Niveles (m): CH4 (%): 0 H2S (%): aumenta Dirección: 75NE	34
1.157.181	1.160.234	2804	Mina El Carmen.Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Carmen 2 Manto:7 Espesor (m): 1,20 Inclinado (m): 350 por manto. Niveles (m): 160 E CH4 (%): aumenta sin ventilación Inclinación: 40°-70° A los 300m del inclinado presencia de una falla que desplaza el manto 7m hacia abajo	35
1.157.115	1.160.202	2823	Mina El Carmen. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Carmen 3 Manto: 7 Espesor (m): 1,20 Inclinado (m): 400 por manto. Niveles (m): 30 E CH4 (%): aumenta sin ventilación Inclinación: 40°	36
1.157.151	1.160.143	2777	Mina El Salitre.Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 3 Manto: CH4 (%): 0,2	37
1.157.134	1.160.164	2783	Vereda Guatatamo. Socotá	Afloramiento de carbón (M3?), espesor: 0,90m, suprayace 0,50m. Carbón clareno a fuseno, muy fracturado, con láminas de vitreño	

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.156.652	1.160.175	2816	Vereda Guatatamo. Socotá	Posible M6	
1.156.831	1.160.106	2812	Mina Ojos Lindos. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: M6 Espesor (m): 1,60 (1 intercalación de 0,10 a 0,15) Inclinado (m): 180 por manto. Niveles (m): 20 E / 20W CH4 (%): 1 a 2 máx.	38
1.156.931	1.160.027	2774	Mina Marrubial. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: M2 Espesor (m): 2,40 (2 intercalaciones: 0,10 a 0,05) Inclinado (m): 370 por manto. Niveles (m): 280 S / 40N CH4 (%): 1 a 2 máx. Dirección: 25° Inclinación: 85NE	39
1.156.694	1.160.045	2775	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: M2 Espesor (m): 1,90 (2 intercalaciones 0,10 y 0,15) Inclinado (m): 320 por manto. Niveles (m): Fallas S / 50N CH4 (%): 1 a 1.6 máx. Dirección: 25°-40° Inclinación: 100E	40
1.156.507	1.160.088	2754	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Afloramiento carbón que presenta cambios en el espesor	
1.160.180	1.156.311	2785	Ventanas y Sayemir. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Metálica Manto: M2 Espesor (m): 1,80-2,00 (2 intercalaciones: 0,04-0,10) Inclinado (m): 700 por manto. Hasta Falla Niveles (m): 250 S / 250N. Comunica con Mina 1 y Quebradas CH4 (%): 0 Inclinación: 25°	41
1.156.156	1.160.483	2858	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm San José 2 Manto: M5 Espesor (m): 1,80-2,00 (2 intercalaciones: 0,04-0,10) Inclinado (m): 300 por manto. Niveles (m): Mina San Marcos S / 80N. Comunica con Mina 1 CH4 (%): Dirección: Inclinación: 25°	42
1.160.609	1.156.264	2882	Ventanas y Sayemir. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm San José 1 Manto: M6 Espesor (m): 1,60-1,80 (1 intercalación: 0,30) Inclinado (m): 550 por manto. Niveles (m): 220 S / 220N. CH4 (%): Dirección: Inclinación: 25° -30°	43
1.160.650	1.156.287	2883	Ventanas y Sayemir. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm La Loma Manto: M6 Espesor (m): 1,60-1,80 (1 intercalación: 0,30) Inclinado (m): 500 por manto. Niveles (m): 150 S CH4 (%): 0 Inclinación: 25° -30°	44

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.156.235	1.160.680	2855	Ventanas y Sayemir. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm San Marcos Manto: M Espesor (m): Inclinado (m): 250 por manto. (100m en roca) Niveles (m): 180 S CH4 (%): 0 Inclinación: 25° -30°	45
1.156.155	1.160.292	2798	Ventanas y Sayemir. Vereda Guatatamo. Socotá	Mina 1 Manto: M 1 Espesor (m): Inclinado (m):700 por manto. Niveles (m): Comunica con Qdas S/ 200 N CH4 (%):0 Inclinación: 25° -30°	46
1.156.296	1.160.159	2754	Ventanas y Sayemir.Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Mina 1 Manto: M 1 Espesor (m): 1,20 (2 intercalaciones 0,10 y 0,15) Inclinado (m):250 por manto. Niveles (m): 100 S/ CH4 (%): Inclinación: 25° -30° Distancia a M2: 13m Carbón clareno a fuseno, láminas de vitreño SFN: Sin definir	47
1.156.076	1.160.544	2822	Ventanas y Sayemir.Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Quebradas Manto: M2 Espesor (m): Inclinado (m):500por manto. Niveles (m): 180 S/ 180N CH4 (%): 0 Inclinación: 25° -30° SFN:	48
1.155.593	1.160.643	2746	Vereda Guatatamo. Socotá	BM inactiva. Como punto de control	49
1.155.544	1.160.670	2735	Cooperativa Agrominera de Paz de Río. Vda Guatatamo. Socotá	Bm M 4 Manto: Manto: Espesor (m): 1,40 (0,70C+1,20R+1,40C) Inclinado (m):80por manto. Niveles (m): 200 E/ 180N CH4 (%): Inclinación: 25° -30° SFN:	50
1.156.410	1.160.286	2798	Minas Ojo de agua. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm4 M7 Manto: Manto: Espesor (m): 1,70 Inclinado (m): 200 por manto Niveles (m): 400m hacia N / S Falla Dirección: 20°NE	51
1.156.417	1.160.279	2832	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 5 M6 Manto: Manto: Espesor Inclinado (m): 2,20 (m):200 por manto. Niveles (m): 500 S/ N CH4 (%): Inclinación: 20° SFN:	52
1.156.418	1.160.232	2775	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm1 Manto: M5 Inclinado (m): 200	53

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.156.437	1.160.229	2781	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm2 Manto: M5 Inclinado (m): 200	54
1.156.493	1.160.192	2784	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Inactiva. Para Traza	55
1.155.378	1.161.110	2864	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm El Mirador M4 (m): 1,30 (1 intercalación de 0,20) Inclinado (m): 350 por manto Niveles(m): 230N / 120S CH4(%): 0,2 Inclinación: 30°	56
1.155.364	1.161.042	2865	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm M4 Proyecto M4 (m): 0,90c+1,0r+0,70c Inclinado (m): 200 por manto Niveles(m): 230N / 120S CH4(%): 0 Inclinación: 18° Dirección: 30°NE	57
1.155.454	1.160.886	2813	Mina La Mesita. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: M 4 Espesor (m): 1,30 (1 intercalación de 0,10); 0,80c+0,80r+1,30c Inclinado (m):330 por manto. Niveles (m): 120E/20W (%): máx. 5 (0,2-0,4) Dirección: 60NE	58
1.155.578	1.160.855	2.827	Mina Coimbra. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm Manto: 7 Espesor (m): 2,50 (2 intercalaciones. 0,10 y 0,05) Inclinado (m):110 por manto Niveles(m): 400E / 120W CH4(%): 0,2-0,5 Inclinación: 24°	59
1.155.377	1.160.993	2859	Carbones Suramericanos. Vereda Guatatamo. Socotá	Nuevo Proyecto Inclinado (m): 10. A los 7m carbón, posible M4	60
1.155.253	1.161.765	2962	METCOAL. Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: 2 Espesor (m): 0,80C+0,80R+1,0C Inclinado (m):160 por manto hasta falla Niveles(m): 60E (a los 18m falla) / 100W CH4(%): 0 Inclinación: 35°-45°-65°	61
1.155.327	1.161.707	2980	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 2 Manto: 3 Espesor (m): 0,60 Inclinado (m):200. A los 160m encontraron manto CH4(%): 0	62
1.155.351	1.161.806	3014	Carbones Andinos. Vereda Guatatamo. Socotá	Proyecto San Pedro, Suprayace Qc Inclinado (m): 35m en roca, a los 60m piensan encontrar M6	63
1.155.291	1.161.895	3023	Vereda Guatatamo. Socotá	Mina Inactiva., Para Traza	64
1.155.377	1.161.895	3050	Vereda Guatatamo. Socotá	Bm 1 Manto: 4 Espesor (m): 0,80C Inclinado (m):70 (a los 20m encontraron manto) Niveles(m): CH4(%): 0 Inclinación: 21° Dirección: 50NE	65

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.162.228	1.155.297	3061	Mina San Felipe. Vereda Guatatamo. Socotá	Manto: 1 Espesor (m): 1,00C por manto Inclinado (m):180 (50m en roca) Niveles(m): 85 E/ 70W CH4(%): 0 Inclinación: 25°	66
1.155.298	1.162.230	3061	Mina Silenciosa. Vereda Guatatamo. Socotá	Manto: 1 ventanas de 6m al M2 Espesor (m): 2.40 (intercalación de 0,40m) Inclinado (m):200 (50m en roca) Niveles(m): 65W CH4(%): 0 Inclinación: 25° Fallas locales, desplazamiento vertical de 1m	67
1.155.306	1.162.194	3.089	Mina El Esparto. Vereda Guatatamo. Socotá	Manto: 3 Espesor (m): 0,70 Inclinado (m):116 Niveles(m): 70W /45E CH4(%): 0 Inclinación: 7° Dirección: 10NW Fallas locales, desplazamiento vertical de 1m	68
1.155.390	1.162.348	3127	Mina Los Pijas. Vereda Hato. Socotá	Mina Inactiva. Bm 1 Manto: 3 Afloramiento 1,0c, carbón muy meteorizado, tipo clareno a fuseno	69
1.158.140	1.163.776		Mina Los Amarillos. Socotá	Manto: 5 Espesor (m): 2,20 (1,0c+0,40r+0,40c+0,20r) Inclinado (m):160 Niveles(m): 400S /600N Inclinación: 30° CH(%): 0,2	70
1.158.147	1.163.749		Socotá	Manto: 6 Espesor (m): 1,40 Inclinado (m):180 Niveles(m): 600E /70W Inclinación: 30° CH4(%): 0,2 Distancia estratigráfica entre M5 y M6 6 a 8m	71
1.155.385	1.160.976		Mina La Aguadita. Vereda Guatatamo. Socotá	Manto: 4 Espesor (m): 1,70 (1 intercalación:0,10m) Inclinado (m):500 por manto Niveles(m): Inclinación: 25° CH4(%): 0,8-0,9	72
1.155.618	1.160.727		Mina La Aguadita. Vereda Guatatamo. Socotá	Manto: 7 Espesor (m): 1,80 (1 intercalación:0,20m) Inclinado (m):200 por manto Niveles(m): 170E/70W Inclinación: 30° CH4(%): 0,2 H2S: sube	73
1.153.956	1.157.805	2.987	Minas El Desierto. Vereda Curital. Socha	Manto: 4 Espesor (m): 2,20 (4 intercalaciones:0,20; 0,10;0,05m) Inclinado (m):230 por manto Niveles(m): 230N/230S Inclinación: 25-32° CH4(%): 1,4 solo una vez, en un tambor Distancia entre M3 y M4 (m): 25	74
1.154.059	1.157.699	2.979	Minas El Desierto. Bm Encerrada 1. Vereda Curital. Socotá	Manto: 5 Espesor (m): 2,40 (2 intercalaciones:0,30;0,05m) Inclinado (m):215 por manto Niveles(m): 80N/70S Inclinación: 32-35° Dirección: Al norte Falla CH4(%): 0	75

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.154.179	1.157.695	2.970	Minas El Desierto. Bm Encerrada 2. Vereda Curital. Socotá	Manto: 5 Espesor (m): 2,40 (2 intercalaciones: 0,30; 0,05m) Inclinado (m): 200 por manto Niveles(m): 60N/60S Inclinación: 32-38° CH4(%): 0	76
1.154.539	1.157.974	3.193	Minas El Desierto. mina Curital. Vereda Curital, Socha	M3	77
1.154.742	1.157.783	3.230	Mina Las Dudas. Mineralex. Vereda Curital, Socha	Manto: 6 o 7 Espesor (m): 2,40 (2 intercalaciones: 0,30; 0,05m) Inclinado (m): 180 (40m en roca) Niveles(m): Inclinación: 32-35° CH4(%): 0 H2S: sube Al norte Falla	78
1.154.512	1.157.813	3.262	Mineralex. Vereda Curital, Socha	Manto: 5 (m): 1,60-1,70 (m): 250 CH4(%): 0 H2S:	Espesor Inclinado 79
1.154.606	1.157.929	3.201	Mina Salitre. Vereda Coscativá. Socotá	Manto: 4 (m): 1,20 (1 intercalación de 0,20m) Dirección: 70NW CH4(%): 13 H2S:	Espesor 80
1.154.902	1.157.795	3.184	Mineralex. Vereda Curital, Socha	Mina Toyales. Cerca contacto E1si	M 7 ?? 81
1.155.073	1.157.767	3.143	Mineralex. Vereda Curital, Socha	M5 (M50)	82
1.155.660	1.159.479	2.588	Mina Cerrejón. Vereda Aposentos	Manto: 2 (m): 2,40 (2 intercalaciones: 0,10m y 0,03m) Inclinado (m): 300 Niveles(m): 500N Inclinación: 25-30° Dirección: 210SW CH4(%): 0 H2S: Se requiere que el ventilador este funcionando las 24 horas	Espesor 83
1.156.507	1.158.627	2.698	Mina El Porvenir	Manto: 6 (m): Niveles(m): Falla al N Inclinación: 35° CH4(%): 0,1 H2S:	Inclinado (m): 300 84
1.156.506	1.158.627	2.691	Mina El Porvenir	Manto: 6 de grano muy fino, de color blanco, restos de materia orgánica, láminas delgadas	Arenita 85
1.156.963	1.158.889	2.612	Socotá	Mina Inactiva. Manto 2, para traza	Posible 86
1.156.936	1.158.877	2.612	Socotá	Bm inactiva. Entra por manto de 0,60m, tipo clareno a fuseno con láminas de vitreño. Con una intercalación de arcillolita limosa, de color gris con restos de materia orgánica hacia la base limolita arcillosa de color gris claro a café claro, laminación plano paralela continua. SFN: sin definir, sobresale face, diaclasas en forma diagonal a face	87
1.156.823	1.158.802	2.603	Socotá	BM M5. Afloramiento de 0,40m, tipo clareno a fuseno. Zona de replegamientos, fallas locales, adelgazamiento, ampliación mantos	posible 88

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.157.059	1.158.829	2.632	Mina Esperanza. Socotá	Manto: 1 (m): 2,50 (1 intercalación 0,10m) Espesor Inclinado (m):190 Niveles(m): Falla al N Inclinación: 15° Dirección: 200SW CH4(%): 0 H2S: Falla al NE con desplazamiento de 6m	88
1.157.135	1.158.832	2.615	Socotá	M1 Afloramiento de limolitas arcillosas de color violeta, presencia de micas, restos de materia orgánica, laminación plano paralela continua	
1.157.296	1.158.421	2612	Mina La Primavera. Socotá	Manto: 6 Espesor (m): 1,70-2,10 (2 intercalaciones: 0,30m y 0,05m) Inclinado (m):450 en roca, encuentran carbón, continúan 150m (Falla) Niveles(m): 150E / 50W Inclinación:5° CH4(%): aumenta, están arreglando sistema de ventilación	89
1.163.547	1.161.044	2654	Bm El Cajón. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 2 cintas o M3 Espesor (m): 1,20 (2 intercalaciones: 0,20m y 0,50m) Inclinado (m):200 (20m en roca) Niveles(m): Inclinación:55° CH4(%): 0	90
1.163.579	1.161.040	2.652	Bm El Lindero. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 2 cintas o M3 Espesor (m): 1,20 (2 intercalaciones: 0,20m y 0,50m) Inclinado (m):190 por manto Niveles(m): 120E Inclinación:55° Dirección: 7NW CH4(%): 0	91
1.163.564	1.161.095	2.670	Bm Metálica. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 2 cintas o M3 Espesor (m): 1,20 (2 intercalaciones: 0,20m y 0,50m) Inclinado (m):180 por manto Niveles(m): Inclinación:55° CH4(%): 0	92
1.163.398	1.160.907	2.575	Mina Apta. Vereda El Morro, Socotá	Bm1 Manto: 2 cintas o M3 Espesor (m): 2,40 Inclinado (m):400 por manto Niveles(m): 210N /180S Inclinación: Dirección: CH4(%): 0,5 máx. en cortes ciegos Se encuentran fallas con desplazamiento de hasta 5m	93
1.163.401	1.160.871	2.570	Mina Apta. Vereda El Morro, Socotá	Bm2 Manto: 2 cintas o M3 Espesor (m): 2,40 Inclinado (m):300 por manto Niveles(m): 150N /200S CH4(%): 0,5 máx. en cortes ciegos Se encuentran fallas con desplazamiento de hasta 5m	94

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.163.475	1.160.879	2.596	Bm la Esperanza. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 4 Espesor Inclinado (m):300 Niveles(m): 300N / Inclinación: 17° CH4(%): 0 A los 300m encuentran falla. Suprayace arcillolita de color gris oscuro y limolita	95
1.163.541	1.160.846	2.597	Mina Sanin SA. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 1 (Chica) Espesor (m): 1,10 Inclinado (m):180 por manto Niveles(m): 8E / Falla al W Inclinación: 27-35 Dirección: 10NE CH4(%): 0	96
1.163.535	1.160.790	2.579	Minas El Uvo. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 1 (Chica) o M4 Espesor (m): 1,00 Inclinado (m):180 por manto Niveles(m): Inclinación : 24° Dirección: 5NE CH4(%): 0	97
1.163.475	1.160.755	2.562	Minas El Uvo. Vereda El Morro, Socotá	Manto: 3? Espesor (m): 1,10 (1 intercalación de 0,10m) Inclinado (m):180 por manto Niveles(m): 120E/ W cerca a la superficie CH4(%): 0	98
1.156.897	1.158.752	2657	Vereda Coscativá. Socotá.	Mina Inactiva Manto: 6? Espesores (m): 1,80 Inclinado (m):400 por manto CH4(%): SFN: Bien definido. sobre todo hacia techo	99
1.159.796	1.158.589	2243	Vereda El Alto . Resguardo Venezuela. Socha	Bm1 Manto: 1 Espesores (m): 1,20 Inclinado (m): 380m (8m en roca) Niveles(m): 50S/20N Inclinación: 22° Dirección: 110SE CH4(%): 0,5 SFN: sin definir	100
1.159.790	1.158.589	2.245	Vereda El Alto . Resguardo Venezuela. Socha	Bm2 Manto: 2 Espesores (m): 0,40C+0,50R+1,0C+0,70R+1,0C+0,50R+0,50C Inclinado (m): 420 Niveles(m): 25N CH4(%): 0,5 SFN: sin definir	101
1.159.886	1.158.571	2216	Vereda Coscativá. Socotá	Bm2 Manto: 2 Espesores (m): 0,40C+0,50R+1,0C+0,70R+1,0C+0,50R+0,50C Inclinado (m): 420 Niveles(m): 25N CH4(%): 0,5 SFN: sin definir	102
1.157.155	1.158.235	2.700	Vereda Coscativá. Socotá.	Mina nueva. 40m en roca Dirección: 100SW Para los mantos superiores	103

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.156.512	1.162.102	3111	Vereda Parpa. Socotá	Antiguos trabajos minas abandonadas. Suprayace arenita de grano muy fino, color amarillo oscuro, restos de carbón, en capas delgadas. Sector Cimarrona	104
1.156.349	1.151.633	3035	Mina Cimarrona. Vereda Hato Cochía. Socotá	Inclinado (m): 50 (15m en roca) Espesor : 0,70 m Dirección N52°E	105
1.155.482	1.163.796	3324	Mina carbones Roni. Inspección Los Pinos. Socotá	Bm1 Manto:0 Espesor (m): 0,10 - 1,0 Inclinado (m):20 m Características: carbón tipo clareno - fuseno	106
1.155.495	1.163.783	3328	Mina carbones Roni. Inspección Los Pinos. Socotá	Bm M2 Inclinado (m): 30 Espesor (m): 0,60 de carbón; 2,0 r ; 0,30 de carbón o 1,80 (intercalación:0,10 - 1,0 m) Suprayace arcillolita limosa, de color gris, laminación plano paralela continua	107
1.155.631	1.163.776	3342	Mina carbones Roni. Inspección Los Pinos. Socotá	Bm3 Manto: M6 Cruzada a M7 : 8 m Espesor :1,0 m de carbón 2,40 (intercalación 0,15 y 0,05) Inclinado:100 m (a 8 m encuentran el carbón) (m) :15 N Niveles (%) : 0 CH4 (%)	108
1.155.927	1.164.326	3460	Mina los Pinos. Inspección Los Pinos. Socotá	Manto: M6 Espesor(m) : 1,50 Inclinación : 220 m Inclinación : 60° Dirección : N25W Cruzada a M : 30 m (con falla) CH4 (%) : 0 H2S: un poco Niveles (M): 80 S / 30 N (encuentran falla)	109
1.155.459	1.163.955	3332	Mina Mi Reina. Vereda Los Pinos. Socotá.	BM Entra en roca a encontrar M2	110
1.155.318	1.163.939	3348	Mina Mi Reina. Vereda Los Pinos. Socotá.	BM Manto 3 Espesores (m):0,70 Tipo clareno-fuseno con láminas vitreno Dirección:N10W	111
1.155.659	1.163.989	3361	Mina Mi Reina. Vereda Los Pinos. Socotá.	Manto: M7 Inclinación(m): 20 en roca posiblemente a 6m encuentran el manto	112
1.155.620	1.163.921	3356	Bm inactiva. Vereda Los Pinos. Socotá.	M5	113
1.155.506	1.163.998	3317	Sociedad Minera Los Pinos "La Cumbre" Vereda Los Pinos. Socotá.	Manto:0 Espesor (m): 0,70 Inclinación (m) :160 a los 60 m encontraron un carbón de 0,60 m Niveles(m) : 80 N (a 70 m del inclinado) /25 S (a 70m del inclinado) CH4(%) : 0 A los 100 m falla (bajo manto 14 m) Hacen cruzada de 8 a 9m a Manto 1, no lo encuentran	114
1.151.869	1.161.050	3389	Bm inactiva. Vereda Cómeza Hoyada. Socotá.	Manto :0,90 m de carbón +0,08 r +0,12 m de carbón Respaldo superior: arcillolita limosa de color gris oscuro, restos de carbón Respaldo Inferior: limolita carbonosa	115
1.153.618	1.161.339	3055	Bm inactiva. Vereda Cómeza Hoyada. Socotá.	Mina Inactiva cerca al contacto con E1si	116
1.153.787	1.161.417	3084	Vereda Cómeza Hoyada. Socotá.	Mina inactiva Respaldo Inferior: Arcillolita limosa color gris oscuro, laminación plano paralela discontinua	117

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.159.468	1.158.618	2330	Vereda Coscativá. Socotá.	Trabajo antiguo Manto 4 llega a la falla de rumbo 1 y hay un desplazamiento hacia arriba de 15-20m	118
1.159.276	1.158.652	2344	Bm Pitufa 5. carbones La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Bm Pitufa 5 Manto : 4 Espesor (m): 1,80m (1 intercalación de 0,40m) Inclinado : 280 m (40m en roca) Niveles (m): 80 N/100S. A 150m del inclinado CH4(%): 0,3 - 0,4 máximo Inclinación : 17° Dirección : 90W	119
1.159.419	1.158.680	2306	Bm Esperanza 1. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Manto 2 Espesor (m): 2,50m (1 intercalación de 0,05m) Inclinado : 330 (100 cm roca entra por manto 1 ventana de 6m a manto 2) Niveles : 80 N /100 S (falla) (150 m del nivel) CH4(%): 0,5 máximo H2S : 1 30 ppm Q : 17° Dirección : N85W	120
1.159.280	1.158.702	2313	esperanza	Manto 2 : La grande Espesor (m): 2,50 (con 1 a 2 intercalaciones) Inclinado (m) : 400 Niveles (m) : 100 S / 20 N (A 300m del inclinado) CH4 (%) : 0,5 - 0,6 % Q : 17° Carbón clareno-fuseno - vitreno, bandeado	121
1.159.042	1.158.586	2392	Bm Oronegro No 4. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Manto 5 Espesor (m) : Inclinado (m): 350 Niveles 80 N / 120 S (a 80 m inclinado) CH4 (%) : 0 Inclinación: 17° Dirección: N70W carbón clareno-fuseno-láminas de vitreno	122
1.159.089	1.158.594	2326	Bm Pitufa 4. carbones La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Manto 4 Inclinado (m) : 380 Niveles : 5 N / 80 S (Falla La Carbonera) CH4 (%) : 0,4 máximo Inclinación: 17°	123
1.159.094	1.158.685	2337	Bm Esperanza N° 4. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Manto : 2 (m) : 400 Inclinado Niveles (m) : se comunica al norte con Esperanza 3 (100m) / 60 S 100 (a 180 m del inclinado) CH4 (%) : 0,8 - 0,9 Inclinación : 17° Dirección : 115 SE	124
1.159.095	1.158.711	2332	Bm Pitufa N° 2. Mina La Esperanza. Vereda Coscativá. Socotá.	Manto : 2 Inclinado : 280 Niveles : (3) 60 N, comunica con Pitufa 1 / 80 S (a 150 m inclinado) CH4 (%) : 0,2 - 0,32 Inclinación : 17°	125
1.158.650	1.161.960	2821	Vereda San Pedro. Coscativá	Bm inactiva Manto de 0,60m Infrayace arcillolita limosa color café claro a arenita arcillosa color gris claro a café claro en capas delgadas	126
1.158.828	1.161.026	2661	Mina Marsella. Vereda San Pedro. Socotá.	Arenita cuarzosa grano muy fino a medio, color gris claro a amarillo claro, marcas de corriente, masiva; arcillolita color gris a color violeta, laminación plano paralela continua, bioturbación baja, restos de materia orgánica y carbón	127

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.159.519	1.160.601	2828	Bm inactiva Colombia Clean Power. Vereda Los Pinos. Socotá.	Zona de fallamiento, estas trabajos se encuentran en el bloque occidental de la misma, en el cual se produce un desplazamiento de rumbo hacia el SW, posible M3	128
1.159.910	1.160.509	2876	Mina inactiva Colombia Clean Power Vereda Rucú, Socotá.	Minas Inactiva Afloramiento de carbón de 0,60m	129
1.159.959	1.160.513	2859	Minas El Mirador. Vereda Rucú, Socotá.	Manto 5 Inclinado : 32m encontraron Espesor : 1,80-2,0 (2 cintas : 0,15 - 0,10)	130
1.155.146	1.151.906	2419	Cooperativa Cooproval. Vereda El Pozo. Socha.	Mina El Pino. Punto de control Manto, carbón clareno a fuseno, sobresale face cleats. En la mina se entra por M2 existiendo una diferencia estratigráfica de 7m a M3. El manto posee un Espesor de 0,75m	131
1.159.290	1.158.629	2352	Vereda Coscativá. Socotá	Manto 4 Espesores (m): (b-t): 0,35c+0,35r+0,25c+0,60r+0,60c Carbón clareno a fuseno	132
1.159.280	1.158.655	2344	Vereda Coscativá. Socotá	Manto 3 Espesores (m) (b-t): 0,40c+0,12r+0,40c carbón clareno a fuseno con láminas de vitreño	133
1.159.311	1.158.682	2305	Vereda Coscativá. Socotá	Manto 2 Espesor (m) (t-b): 0,25c+ 0,40r+0,65c+0,15r+0,80c carbón clareno a fuseno	134
1.153.781	1.152.226		Cooproval. Bm El Porvenir. Vereda El Pozo. Socha	Muestreo Manto 61, carbón clareno, fuseno a vitreño. bandeado Espesor (m): 1,10 Respaldo Superior : arcillolita limosa de color gris, restos e materia orgánica y pirita Respaldo Inferior : arcillolita de color gris oscuro, laminación plano paralela discontinua, láminas de vitreño Localización: Nivel 1 Norte SFN: definido hacia techo	135
1.149.866	1.153.445	3029	Vereda El Pozo. Socha	Manto 7 Respaldo Superior: Arcillolita color gris oscuro-color negro carbón clareno- vitreño Respaldo Inferior: Arcillolita limosa color gris, laminas de carbón clareno-vitreño	136
1.154.271	1.151.910	2412	Mina el Zafiro, de la cooperativa Cooproval en la vereda el pozo en el municipio de Socha	Manto 5, entran 50 mts en roca hasta encontrar el manto, esta mina tiene un avance de 150 mts, el manto presenta un espesor de 1,80 mts.	137
1.155.309	1.152.109	2366	Mina San José, de la cooperativa Cooproval en la vereda el Pozo en el municipio de Socha.	Entran por manto 2 y a los 30 mts encuentran manto 3, esta mina presenta un avance de 94 mts aprox. manto 2 presenta un espesor de 1,20 mts y manto 3 tiene un espesor de 1,70 mts con una intercalacion de 25 cm.	138
1.142.103	1.147.737	3.180	Mina en el Sector Llano casas	Posible Manto 3 con un espesor de 1 m aprox, esta mina presenta un avance de 70 mts aprox. cuando se deja sin ventilar la mina alcanza a registrar 2% de Gas metano, según mineros.	139
1.142.264	1.148.017	3.298	Mina el alto, en el sector Llano casas, municipio de Tasco.	Esta mina presenta un avance de 100 mts aprox, con una inclinacion de 15°, según mineros esta mina no registra Gas metano.	140

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.148.266	1.153.383	3.183	Mina de Carbones andinos, Carreteable de Socha a la laguna de Socha.	Manto 7, o manto la grande, presenta un avance de 400 mts a nivel, a los 400 m encuentran el manto, a los 100 mts encuentran deposito, según mineros se ha registrado hasta (5 - 6)% de Gas metano.	141
1.147.818	1.153.049	3.264	Mina el Arcangel, vereda el Mortiño sector alisal en el municipio de Socha.	Afloramiento del manto 4, de base a techo, presenta buen fracturamiento horizontal y vertical (Cleats), tiene un espesor de 3,50 a 3,70 mts, con un avance de 190 mts, presenta una inclinación de 17 a 20°.	142
1.147.718	1.152.983	3.308	Mina el Arcangel, vereda el Mortiño sector alisal en el municipio de Socha.	Trabajan Manto 5, de base a techo, según mineros, con un espesor de 1,70 mts.	143
1.150.030	1.153.664	2900	Mina el Mortiño, vereda el mortío, Socha.	Manto 2, columna de base a techo, este manto presenta un espesor de 2,60 mts, la mina lleva un avance de mas o menos 260 mts, sin ventilación se registra 1,20% de Gas metano, según mineros, entran en roca y a los mas o menos 15 mts encuentran el manto.	144
1.150.221	1.153.584	2927	Mina el Mortiño, vereda el mortío, Socha.	Manto 3, a mas o menos 20 mts de la bocamina encuentran dicho manto, con un espesor de 1,60 mts, presentando lutas como respaldo superior y arcillolitas limosas como respaldo inferior, esta mina lleva un avance de 380 mts aprox.	145
1.150.201	1.153.654	2912	Mina el Mortiño, vereda el mortío, Socha.	Trabajos para encontrar el manto siete, se lleva un avance de 90 mts, aprox.	146
1.150.026	1.153.545	2967	Bocamina, en la vereda el mortío, Socha.	Manto 3, en esta mina entran por el manto.	147
1.151.135	1.153.723	2791	Mina San Patricio, en la vereda el mortío, Socha.	Manto 6, columna de techo a base con un espesor de 3 m, aprox, presenta dos intercalaciones a techo aproximadamente de 10 cm cada una (40 c, 10r, 20c, 10r, 2,30c) cm, de base a techo, entran en roca 110 m, luego 70 m en carbon, para un total de 180m de avance, sin cruzadas, presenta una inclinación al inicio de bocamina en 4°, luego 12°, hasta el frente de explotación.	148
1.155.680	1.152.159	2311	Mina los Pozitos de Cooproval, vereda el pozo, Socha.	Esta mina presenta un avance de 215 mts en esteril, no han encontrado manto siete, según mineros se registra 3,5% de Gas metano.	149
1.155.335	1.152.090	2399	Mina San Antonio, de Cooproval, vereda el pozo, Socha.	Manto 1, columna de techo a base, entran por el manto, esta mina lleva un avance de mas o menos 350 mts, entran con una inclinación no mayor a 35°, según mineros no se registra Gas metano.	150
1.154.583	1.151.762	2384	Mina la Estrellita, de cooproval, vereda el pozo, Socha.	Manto 5, entran en roca, encuentran este manto a los 90 mts, se lleva un avance de 170 mts, se presentan inclinaciones de (20 - 26)°, sin ventilación según mineros se registra (2,5 - 4)% de Gas metano.	151
1.153.701	1.151.979	2374	Mina el Porvenir, de Cooproval, vereda el mortío, Socha.	Manto veta chica ?, columna de techo a base, a los 130 mts encuentran este manto, de 80-90 cm de espesor, estan en espera de encontrar manto siete, tienen un avance de 150 mts aprox, presentan una inclinación no mayor a 35°, según mineros se descalibran los multidetectores.	152
1.153.600	1.152.190	2434	Cooproval, vereda el pozo, Socha.	Manto 1, presenta un espesor de 2,80 mts,	153
1.155.779	1.152.429	2351	Mineralex, vereda el pozo, Socha.	Manto 7, esta mina presenta un avance de 230 mts aprox, tiene dos niveles, con un grado de inclinación de 7°	154
1.156.525	1.152.870	2296	Mina el Porvenir, de CMR CONSORCIO, Vereda el Pozo, Socha.	Esta mina presenta un avance de 470 mts aprox, este manto presenta un espesor de 2,70 mts, se explotan 2,30 mts, según mineros registra 11% DE Gas metano, esta mina conecta con mina palmitas.	155

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CODIGO
1.156.433	1.152.811	2293	Mina Palmitas, de CMR CONSORCIO, Vereda el pozo, Socha.	Manto 7, presenta un avance de mas o menos 500 mts.	156
1.156.445	1.152.832	2297	Cerca a mina Palmitas, de CMR CONSORCIO, Vereda el pozo, Socha.	Manto 7.	157
1.153.207	1.151.845	2470	Mina Villa melin 1, vereda Socha viejo, Socha.	Manto 1, columna de techo a base, con un espesor de 2,70 mts, tiene dos intercalaciones, presenta dos cruzadas, una de 450 mts y otra de 280 mts, con una inclinacion de 5°, en cuanto a Gas metano según mineros se registra (0,2 - 0,5)%, encuentran una falla que desplaza el manto unos 3-4 mts, aprox.	158
1.153.580	1.151.887	2389	Mina Villa melin 4, vereda Socha viejo, Socha.	Esta mina no esta activa, aun no han encontrado el manto 7, llevan 60 mts de avance, con mas o menos 60° de inclinacion.	159
1.153.409	1.151.868	2423	Mina Villa melin 3, vereda Socha viejo, Socha.	Manto 5, presenta un espesor de 1,70 mts, homogéneo, presenta un avance de 150 mts, entran en roca y a los mas o menos 20 mts encuentran el manto 5, entran a nivel, según mineros no se registra gas metano.	160
1.153.345	1.151.921	2422	Mina Villa melin 2, vereda Socha viejo, Socha.	Manto 5, presenta un avance de 400 mts, entran por el manto, entran a nivel y según mineros registra hasta 0,3 de gas metano.	161
1.153.749	1.151.756	2.443	Mina Villa melin 5, vereda Socha viejo, Socha.	Entran en roca, llevan un avance de 64 mts, con vista a encontrar Manto 4 y Manto 5.	162
1.153.683	1.151.450	2412	Mina la falda, vereda Socha viejo, Socha.	Manto 7 y manto 8, según mineros el manto 7 es el que registra gas metano, según mineros seguido se descalibran los multidetectores.	163
1.154.692	1.151.698	2368	Mina Santos 1, en la vereda Socha viejo, Socha.	Manto 7, columna de techo a base, entran 60 mts en roca, luego encuentran el manto, según mineros la mina sin ventilacion alcanza a registrar 1% de gas metano.	164
1.159.043	1.158.584	2403	Mina Oro negro 4, Vereda Coscativa, Socota	Mina Oro negro 4, presenta un avance de mas o menos 400 mts, encuentran el manto a los 10 mts con una inclinacion de 20° aprox.	165
1.159.039	1.158.625	2378	Mina Oro negro 4, Vereda Coscativa, Socota	Manto 4, entre la bocamina pitufa 4 y bocamina Oro negro 4, con un espesor de 2,20 mts con dos intercalaciones.	166
1.157.443	1.160.201	2.745	Mina Rentaqui, Vereda Parpa, Socotá	Manto: M3 espesor (m): 1,40 (1 intercalación de 0,10m) Avance (m): 300 Niveles (m): 80S / 50N (falla) Azimuth: 150 respaldo Superior: arcillolita limosa de color café claro laminación discontinua y arcillolita de color gris clara laminación plano paralela continua	167
1.157.420	1.160.296	2.755	Vereda Parpa, Socotá	Trabajos de exploración M4 avanzan 25m aprox., en roca y encuentran capa de carbón irregular	168
1.157.380	1.160.304	2.752	Vereda Parpa, Socotá	Trabajos de exploración M6. Espesor: 0,50a 0,40m. Capas irregulares.	169

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES....

N	E	H	LOCALIZACION	DESCRIPCION	CÓDIGO
1.157.443	1.160.201	2745	Mina Rentaqui. Vereda Parpa. Socota	Manto 3 Espesor (m): 1,40 (intercalación de 0,10m) Inclinado (m): 300 Avance (m): 80S 50N (falla) Dirección: 150°SE Características: carbón fuseno, clareno con láminas de vitreño Respaldo Superior: arcillolita limosa de color café claro y arcillolita de color gris claro, laminación plano paralela continua	170
1.157.420	1.160.296	2755	Minas El Fraile. Parpa. Socotá	Trabajos de exploración M4, avanzan 25m aprox. en roca y encuentran vestigios de carbón	171
1.157.380	1.160.304	2752	Minas El Fraile. Parpa. Socotá	Trabajos de exploración M6, avanzan 25m aprox. aflora capa de carbón de 0,50m	172

ANEXO C

RESULTADOS ANÁLISIS ELEMENTAL

Anexo C. Resultados Análisis Elemental

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		LOCALIZACION	MANTO	ANALISIS QUIMICO DE CENIZAS (%)	
	Norte	Este			Carbono masa %	Hidrógeno % masa
15755804001	1.159.823	1.160.840	Colombia Clean Power. Mina Acacias. Nivel norte a 540m de Bocamina. Socotá. M6	M6	75,70	4,06
15755804002	1.158.780	1.160.990	Mina Marsella. Inclinado principal 165m. Socotá. M6	M6	82,27	4,45
15755804003	1.157.546	1.160.592	Mina Fraile. Nivel 13 Norte a 380m del inclinado. Socotá. M2	M2	85,00	4,27
15755804004	1.157.098	1.160.489	Mina El Salitre. Nivel 15 Norte. Tambor 2. Socotá. M3	M3	69,76	5,01
15755804005	1.156.444	1.160.360	Ventanas y Sayemir Bocamina M1. Inclinado principal a 250m. Socotá. M1	M1	80,09	4,17
15755804006	1.156.753	1.160.713	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica. Inclinado principal a 700m. Socotá. M2	M2	55,38	2,97
15755804007	1.156.435	1.161.020	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. M7	M7	81,67	4,54
15755804008	1.156.356	1.160.929	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. M6	M6	78,30	4,35
15755804009	1.156.383	1.160.680	Ventanas y Sayemir Bocamina San José. Inclinado principal. Socotá. M5	M5	78,29	4,36
15755804010	1.157.035	1.160.594	Mina El Carmen 3. Nivel 5 sur. Socotá. M7	M7	81,86	4,36
15755804011	1.156.925	1.158.093	Mina la Primavera. Nivel 6 Sur. Socotá. M6	M6	81,60	4,43
15757804012	1.153.781	1.152.226	Cooproval. Bm El Porvenir. Nivel 1 Norte. Socha. M61	M21	84,62	5,06
15757804013	1.153.967	1.152.061	Cooproval. Bm 21 Esperanza. Bm El Porvenir. Nivel 3 Este. Socha. M4	M4	81,56	5,23
15757804014	1.154.060	1.152.093	Cooproval. Bm. Bm El Arrayán. Inclinado principal a 130m. Socha. M7	M7	79,48	4,96
15757804015	1.154.793	1.151.794	Cooproval. Bm Las Acacias . Inclinado principal. Socha. M8	M8	78,01	5,19
15757804016	1.155.331	1.152.197	Cooproval. Bm San José. Nivel 1 W. Socha	M?	80,71	5,07
15757804017	1.154.992	1.151.992	Cooproval. Bm El Pino. Inclinado principal 100m. Socha. M1	M1	84,61	5,12
15755804018	1158785	1159030	Carbones La Esperanza. Bm Pitufa 5. Nivel 1 Norte . Socotá. M4	M4	85,37	4,70
15755804019	1158867	1159158	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Nivel 1 Norte . Socotá. M1	M1	86,90	4,67
15755804020	1158797	1159232	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Tecla 3 a 220m del inclinado. Socotá. M2	M2	82,29	4,75
15757804021	1150162	1153617	Mina Mortiño. Bm Mortiño 2. Inclinado principal a 130m. Socha. M2	M2	83,70	5,19
15755804022	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 6. profundidad 282 m	PZ1.M6	82,22	4,67

Anexo C. Resultados Análisis Elemental

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		LOCALIZACION	MANTO	ANALISIS QUIMICO DE CENIZAS (%)	
	Norte	Este			Carbono masa	Hidrógeno masa
15755804023	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 5. profundidad 319,30 m	PZ1.M5	64,58	3,84
15755804024	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 3. profundidad 398,60 m	PZ1.M3	80,46	4,34
15755804025	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 2. profundidad 407,20 m	PZ1.M2	57,03	3,44
15755804026	1.157.379	1.160.982	Pozo Socotá-2. Manto 6 (M5), profundidad 432,25m	PZ2.M6	86,32	4,58
15755804027	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 8?. profundidad 252,35 m	PZ1.M8?	19,57	2,04
15755804028	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 7. profundidad 254,01 m	PZ1.M7	58,08	3,68
15755804029	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 4. profundidad 336,33m	PZ1.M4	82,69	4,66
15755804030	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Respaldo limo arcilloso. profundidad 498,30 m	PZ2.Respaldo		
15755804031	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 1. profundidad 412,95 m	PZ1.M1	82,31	4,49
15755804032	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Limolita arcillosa. profundidad 403,95 m	PZ2.Respaldp		
15755804033	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Manto 7(6). profundidad 426,60m	PZ2.M7(6)		
15755804034	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Manto 5. profundidad 428,88m	PZ2.M5		

(porcentaje en masa,	
Nitrógeno % masa	Oxígeno% masa
1,66	1,88
1,66	2,13
1,94	2,58
1,67	14,75
1,70	1,94
1,48	1,61
1,74	2,75
1,61	1,63
1,69	0,97
1,71	2,57
1,77	1,93
1,70	3,34
1,83	3,56
1,69	3,84
1,71	3,12
1,75	3,09
1,77	3,59
1,80	2,77
1,82	3,17
1,91	2,19
2,02	3,21
1,64	3,51

(porcentaje en masa,	
Nitrógeno % masa	Oxígeno% masa
1,35	2,04
1,64	2,71
1,14	0,81
1,65	3,45
0,77	5,34
1,21	2,44
1,62	2,47
1,50	3,19

ANEXO D

RESULTADOS ANÁLISIS FORMAS DE S, C, IH, GEV, IMH, HE, HG, HT

ANEXO E

RESULTADOS ANÁLISIS CENIZAS

Anexo E. Resultados Análisis Cenizas

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		MANTO	LOCALIZACION	ANÁLISIS QUÍMICO DE CENIZAS (porcentaje en masa, %)											
	Norte	Este			Silicio como SiO ₂	Aluminio como Al ₂ O ₃	Hierro como Fe ₂ O ₃	Calcio como CaO	Magnesio como MgO	Sodio como Na ₂ O	Potasio como K ₂ O	Titanio como TiO ₂	Fósforo como P ₂ O ₅	Azúfre como SO ₃	Estroncio como SrO	Bario como BaO
15755804001	1.159.823	1.160.840	Manto 6	Colombia Clean Power. Mina Acacias. Nivel norte a 540m de Bocamina. Socotá. Manto 6	18,48	60,39	3,55	7,27	0,41	0,30	0,56	1,25	2,20	4,97	0,26	0,10
15755804002	1.158.780	1.160.990	Manto 6	Mina Marsella. Inclinado principal 165m. Socotá. Manto 6	28,23	59,19	6,01	1,90	0,35	0,77	0,29	1,25	0,09	1,62	0,05	0,04
15755804003	1.157.546	1.160.592	Manto 2	Mina Fraile. Nivel 13 Norte a 380m del inclinado. Socotá. Manto 2	23,17	46,8	5,42	11,16	0,92	0,87	0,07	1,16	6,45	3,46	0,15	0,03
15755804004	1.157.098	1.160.489	Manto 3	Mina El Salitre. Nivel 15 Norte. Tambor 2. Socotá. Manto 3	24,46	64,74	2,48	2,23	0,85	0,61	0,93	1,18	0,89	1,16	0,15	0,08
15755804005	1.156.444	1.160.360	Manto 1	Ventanas y Sayemir Bocamina Manto 1. Inclinado principal a 250m. Socotá. Manto 1	24,28	68,88	2,40	0,26	0,49	0,45	1,55	1,21	0,11	0,04	0,03	0,02
15755804006	1.156.753	1.160.713	Manto 2	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica. Inclinado principal a 700m. Socotá. Manto 2	24,93	61,97	7,25	0,44	0,87	0,53	2,48	0,85	0,22	0,09	0,04	0,05
15755804007	1.156.435	1.161.020	Manto 7	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 7	23,38	59,11	3,61	5,21	0,75	0,52	0,84	1,22	3,86	0,83	0,27	0,13
15755804008	1.156.356	1.160.929	Manto 6	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 6	21,14	65,08	3,24	4,24	0,21	0,24	0,66	1,50	2,95	0,39	0,11	0,04
15755804009	1.156.383	1.160.680	Manto 5	Ventanas y Sayemir Bocamina San José. Inclinado principal. Socotá. Manto 5	20,63	55,38	17,79	1,34	0,53	0,84	0,99	1,02	0,41	0,65	0,10	0,10
15755804010	1.157.035	1.160.594	Manto 7	Mina El Carmen 3. Nivel 5 sur. Socotá. Manto 7	19,27	47,57	3,12	13,24	1,42	0,63	0,09	1,19	1,91	10,87	0,33	0,19
15755804011	1.156.925	1.158.093	Manto 6	Mina la Primavera. Nivel 6 Sur. Socotá. Manto 6	23,5	55,15	13,24	2,21	0,53	1,42	0,54	1,11	0,80	1,01	0,20	0,15
15757804012	1.153.781	1.152.226	Manto 21	Cooproval. Bm El Porvenir. Nivel 1 Norte. Socha. Manto 61	18,97	57,73	12,65	3,80	0,43	0,79	0,28	1,32	1,64	1,96	0,18	0,07
15757804013	1.153.967	1.152.061	Manto 4	Cooproval. Bm 21 Esperanza. Bm El Porvenir. Nivel 3 Este. Socha. Manto 4	26,26	64,37	6,35	0,29	0,12	0,17	0,20	1,73	0,18	0,07	0,05	0,06
15757804014	1.154.060	1.152.093	Manto 7	Cooproval. Bm. Bm El Arrayán. Inclinado principal a 130m. Socha. Manto 7	19,26	62,83	3,87	6,63	0,06	0,05	n.d.	1,25	5,04	0,49	0,30	0,09
15757804015	1.154.793	1.151.794	Manto 8	Cooproval. Bm Las Acacias. Inclinado principal. Socha. M8	21,2	70,3	1,40	2,05	0,28	0,20	0,38	1,62	1,68	0,30	0,24	0,17
15757804016	1.155.331	1.152.197	Manto 6	Cooproval. Bm San José. Nivel 1 W. Socha	20,36	67,06	8,84	0,84	0,22	0,28	0,15	1,24	0,06	0,70	0,03	0,06

Anexo E. Resultados Análisis Cenizas

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		MANTO	LOCALIZACION	ANALISIS QUIMICO DE CENIZAS (porcentaje en masa, %)											
	Norte	Este			Silicio como SiO ₂	Aluminio como Al ₂ O ₃	Hierro como Fe ₂ O ₃	Calcio como CaO	Magnesio como MgO	Sodio como Na ₂ O	Potasio como K ₂ O	Titanio como TiO ₂	Fósforo como P ₂ O ₅	Azúfre como SO ₃	Estroncio como SrO	Bario como BaO
15755804033	1.157.381	1.160.981	PZ2.Manto 6	Pozo Socotá-2. Manto . profundidad 426,60m	83,97	8,20	4,57	0,77	0,30	0,00	1,02	0,51	0,24	0,32	0,05	0,04
15755804034	1.157.381	1.160.981	PZ2.Manto 51	Pozo Socotá-2. Manto 51. profundidad 428,88m	85,30	7,94	3,53	0,51	0,52	0,00	1,17	0,58	0,27	0,09	0,03	0,04

ANEXO F

RESULTADOS ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Anexo F. Valores Análisis petrográfico de las muestras en la zona de estudio

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		LOCALIZACION	MANTO	PETROGRAFIA							
	Norte	Este			Ro(%)	Vitrinita (%)	Liptinita (%)	Inertinita (%)	Vitrinita (bslm) (%)	Liptinita (bslm) (%)	Inertinita (bslm) (%)	Materia Mineral (%)
15755804001	1.159.823	1.160.840	Colombia Clean Power. Mina Acacias. Nivel norte a 540m de Bocamina. Socotá. Manto	Manto 6	0,75	55,80	0,20	24,30	69,50	0,30	30,30	19,70
15755804002	1.158.780	1.160.990	Mina Marsella. Inclinado principal 165m. Socotá. Manto 6	Manto 6	1,32	78,40	0,80	16,20	82,20	0,80	16,90	4,60
15755804003	1.157.546	1.160.592	Mina Fraile. Nivel 13 Norte a 380m del inclinado. Socotá. Manto 2	Manto 2	1,57	73,20	2,00	23,60	74,10	2,00	23,90	1,20
15755804004	1.157.098	1.160.489	Mina El Salitre. Nivel 15 Norte. Tambor 2. Socotá. Manto 3	Manto 3	1,34	74,00	0,60	19,40	78,70	0,60	20,60	6,00
15755804005	1.156.444	1.160.360	Ventanas y Sayemir Bocamina Manto 1. Inclinado principal a 250m. Socotá. Manto 1	Manto 1	1,49	59,40	0,60	26,20	68,90	0,70	30,40	13,80
15755804006	1.156.753	1.160.713	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica. Inclinado principal a 700m. Socotá. Manto 2	Manto 2	1,36	42,60	0,50	9,80	80,50	0,90	18,50	47,10
15755804007	1.156.435	1.161.020	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 7	Manto 7	1,18	66,80	0,40	31,20	67,90	0,40	31,70	1,60
15755804008	1.156.356	1.160.929	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 6	Manto 6	1,37	56,80	1,20	31,00	63,80	1,30	34,80	11,00
15755804009	1.156.383	1.160.680	Ventanas y Sayemir Bocamina San José. Inclinado principal. Socotá. Manto 5	Manto 5	1,37	57,20	2,60	25,20	27,30	3,10	29,60	15,00
15755804010	1.157.035	1.160.594	Mina El Carmen 3. Nivel 5 sur. Socotá. Manto 7	Manto 7	1,30	62,80	1,00	30,60	66,50	1,10	32,40	5,60
15755804011	1.156.925	1.158.093	Mina la Primavera. Nivel 6 Sur. Socotá. Manto 6	Manto 6	1,38	68,20	0,80	23,80	73,50	0,90	25,60	7,20
15757804012	1.153.781	1.152.226	Cooproval. Bm El Porvenir. Nivel 1 Norte. Socha. Manto 61	Manto 21	1,05	49,20	1,80	44,60	51,50	1,90	46,70	4,40
15757804013	1.153.967	1.152.061	Cooproval. Bm 21 Esperanza. Bm El Porvenir. Nivel 3 Este. Socha. Manto 4	Manto 4	1,05	66,40	1,20	27,60	69,70	1,30	29,00	4,80
15757804014	1.154.060	1.152.093	Cooproval. Bm. Bm El Arrayán. Inclinado principal a 130m. Socha. Manto 7	Manto 7	0,89	47,60	1,20	48,40	49,00	1,20	49,80	2,80
15757804015	1.154.793	1.151.794	Cooproval. Bm Las Acacias. Inclinado principal. Socha.	M8	0,80	58,00	1,00	34,00	62,40	1,10	36,60	7,00
15757804016	1.155.331	1.152.197	Cooproval. Bm San José. Nivel 1 W. Socha	Manto 5	0,83	67,20	2,10	26,40	70,20	2,20	27,60	4,30
15757804017	1.154.992	1.151.992	Cooproval. Bm El Pino. Inclinado principal 100m. Socha. Manto 1	Manto 1	0,91	49,60	1,00	45,60	51,60	1,00	47,40	3,80
15755804018	1158785	1159030	Carbones La Esperanza. Bm Pitufa 5. Nivel 1 Norte. Socotá. Manto 4	Manto 4	1,34	51,80	1,40	45,40	52,50	1,40	46,00	1,40
15755804019	1158867	1159158	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Nivel 1 Norte. Socotá. Manto 1	Manto 1	1,37	58,00	1,00	39,20	59,10	1,00	39,90	1,80
15755804020	1158797	1159232	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Tecla 3 a 220m del inclinado. Socotá. Manto	Manto 2	1,28	80,00	1,40	15,00	83,00	1,50	15,60	3,60
15757804021	1150162	1153617	Mina Mortiño. Bm Mortiño 2. Inclinado principal a 130m. Socha. Manto 2	Manto 2	1,06	66,00	1,00	30,60	74,10	1,00	23,90	1,20
15755804022	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 6. profundidad 282 m	PZ1.Manto 6	1,36	49,00	1,00	44,20	52,00	1,00	46,90	5,80
15755804023	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 5. profundidad 319,30 m	PZ1.Manto 5	1,29	40,20	0,40	32,40	55,10	0,50	44,40	27,00
15755804024	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 3. profundidad 398,60 m	PZ1.Manto 3	1,49	59,80	2,40	34,20	62,00	2,50	35,50	3,60
15755804025	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 2. profundidad 407,20 m	PZ1.Manto 2	1,62	56,00	1,00	41,40	59,60	1,00	42,10	1,60
15755804026	1.157.379	1.160.982	Pozo Socotá-2. Manto 6 (Manto 5), profundidad 432,25m	PZ2.Manto 6	1,21	36,20	0,80	30,00	54,00	1,20	44,80	33,00
15755804027	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 8?. profundidad 252,35 m	PZ1.M8?								
15755804028	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 7. profundidad 254,01 m	PZ1.Manto 7	1,19	23,00	0,20	19,00	54,00	0,50	45,00	57,80
15755804029	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 4. profundidad 336,33m	PZ1.Manto 4	1,34	67,80	0,10	28,40	70,40	0,10	29,50	3,70
15755804030	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Respaldo limo arcilloso. profundidad 498,30 m	PZ2.Respaldo								
15755804031	1.157.786	1.158.336	Pozo Socotá-1. Manto 1. profundidad 412,95 m	PZ1.Manto 1	1,55	67,60	1,00	28,60	69,50	1,00	29,40	2,80
15755804032	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Limolita arcillosa. profundidad 403,95 m	PZ2.Respaldo								
15755804033	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Manto 7(6). profundidad 426,60m	PZ2.Manto 7(6)	1,29	17,00	0,20	41,60	28,90	0,30	70,70	41,20
15755804034	1.157.381	1.160.981	Pozo Socotá-2. Manto 5. profundidad 428,88m	PZ2.Manto 5	1,19	12,20	1,03	34,20	26,20		73,40	53,40

ANEXO G

RESULTADOS ANÁLISIS PLASTOMETRÍA

Anexo G. Resultados Análisis Plastometría

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		MANTO	LOCALIZACION	PLASTOMETRIA		
	Norte	Este			Temperatura de máxima fluidez, °C	Rango plástico, °C	Máxima fluidez, ddpm
15755804001	1.159.823	1.160.840	Manto 6	Colombia Clean Power. Mina Acacias. Nivel norte a 540m de Bocamina. Socotá. Manto 6	466	78	240
15755804002	1.158.780	1.160.990	Manto 6	Mina Marsella. Inclinado principal 165m. Socotá. Manto 6	469	78	156
15755804003	1.157.546	1.160.592	Manto 2	Mina Fraile. Nivel 13 Norte a 380m del inclinado. Socotá. Manto 2	463	0	1,0
15755804004	1.157.098	1.160.489	Manto 3	Mina El Salitre. Nivel 15 Norte. Tambor 2. Socotá. Manto 3	467	69	75,0
15755804005	1.156.444	1.160.360	Manto 1	Ventanas y Sayemir Bocamina Manto 1. Inclinado principal a 250m. Socotá. Manto 1	469	65	18,7
15755804006	1.156.753	1.160.713	Manto 2	Ventanas y Sayemir Bocamina Metálica. Inclinado principal a 700m. Socotá. Manto 2	467	62	37,4
15755804007	1.156.435	1.161.020	Manto 7	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 7	451	103	2252
15755804008	1.156.356	1.160.929	Manto 6	Ventanas y Sayemir Bocamina La Loma. Nivel sur a 370m del inclinado. Socotá. Manto 6	465	84	112
15755804009	1.156.383	1.160.680	Manto 5	Ventanas y Sayemir Bocamina San José. Inclinado principal. Socotá. Manto 5	464	80	208
15755804010	1.157.035	1.160.594	Manto 7	Mina El Carmen 3. Nivel 5 sur. Socotá. Manto 7	466	82	228
15755804011	1.156.925	1.158.093	Manto 6	Mina la Primavera. Nivel 6 Sur. Socotá. Manto 6	465	70	106
15757804012	1.153.781	1.152.226	Manto 21	Cooproval. Bm El Porvenir. Nivel 1 Norte. Socha. Manto 61	444	99	1686
15757804013	1.153.967	1.152.061	Manto 4	Cooproval. Bm 21 Esperanza. Bm El Porvenir. Nivel 3 Este. Socha. Manto 4	437	126	47572
15757804014	1.154.060	1.152.093	Manto 7	Cooproval. Bm. Bm El Arrayán. Inclinado principal a 130m. Socha. Manto 7	435	94	10672
15757804015	1.154.793	1.151.794	M8	Cooproval. Bm Las Acacias . Inclinado principal. Socha. M8	433	115	45917
15757804016	1.155.331	1.152.197	M?	Cooproval. Bm San José. Nivel 1 W. Socha	435	127	79024
15757804017	1.154.992	1.151.992	Manto 1	Cooproval. Bm El Pino. Inclinado principal 100m. Socha. Manto 1	438	121	7840
15755804018	1158785	1159030	Manto 4	Carbones La Esperanza. Bm Pitufa 5. Nivel 1 Norte . Socotá. Manto 4	453	94	414
15755804019	1158867	1159158	Manto 1	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Nivel 1 Norte . Socotá. Manto 1	453	73	189
15755804020	1158797	1159232	Manto 2	Carbones La Esperanza. Bm Esperanza 1. Tecla 3 a 220m del inclinado. Socotá. Manto 2	450	71	401
15757804021	1150162	1153617	Manto 2	Mina Mortiño. Bm Mortiño 2. Inclinado principal a 130m. Socha. Manto 2	452	104,0	38,0
15755804022	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 6	Pozo Socotá-1. Manto 6. profundidad 282 m			
15755804023	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 5	Pozo Socotá-1. Manto 5. profundidad 319,30 m			
15755804024	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 3	Pozo Socotá-1. Manto 3. profundidad 398,60 m			
15755804025	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 2	Pozo Socotá-1. Manto 2. profundidad 407,20 m			
15755804026	1.157.379	1.160.982	PZ2.Manto 6	Pozo Socotá-2. Manto 6 (Manto 5), profundidad 432,25m			
15755804027	1.157.786	1.158.336	PZ1.M8?	Pozo Socotá-1. Manto 8?. profundidad 252,35 m			
15755804028	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 7	Pozo Socotá-1. Manto 7. profundidad 254,01 m			

Anexo G. Resultados Análisis Plastometría

REFERENCIA MUESTRA CAMPO	COORDENADAS		MANTO	LOCALIZACION	PLASTOMETRIA		
	Norte	Este			Temperatura de máxima fluidez, °C	Rango plástico, °C	Máxima fluidez, ddpm
15755804029	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 4	Pozo Socotá-1. Manto 4. profundidad 336,33m	457,3	75,5	140
15755804030	1.157.381	1.160.981	PZ2.Respaldo	Pozo Socotá-2. Respaldo limo arcilloso. profundidad 498,30 m			
15755804031	1.157.786	1.158.336	PZ1.Manto 1	Pozo Socotá-1. Manto 1. profundidad 412,95 m	459,1	44,3	4,0
15755804032	1.157.381	1.160.981	PZ2.Respaldp	Pozo Socotá-2. Limolita arcillosa. profundidad 403,95 m			
15755804033	1.157.381	1.160.981	PZ2.Manto 7(6)	Pozo Socotá-2. Manto 7(6). profundidad 426,60m			
15755804034	1.157.381	1.160.981	PZ2.Manto 5	Pozo Socotá-2. Manto 5. profundidad 428,88m			