

**VALIDACIÓN HISTÓRICA Y DESCRIPCIÓN DE NUEVOS POZOS
EXPLORATORIOS EN EL SECTOR PATILLA, DISTRITO MINERO
DEL CERREJÓN. (DEP. GUAJIRA)**

JHON ALVARO FORERO HERRERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2004**

**VALIDACIÓN HISTORICA Y DESCRIPCIÓN DE NUEVOS POZOS
EXPLORATORIOS EN EL SECTOR PATILLA, DISTRITO MINERO
DEL CERREJON. (DEP. GUAJIRA)**

JHON ALVARO FORERO HERRERA

Informe presentado para optar al titulo de Geólogo

**Proyecto de Grado
Modalidad Práctica Empresarial**

**Director
RICARDO MIER UMAÑA
Geólogo.**

**Codirector
CIRO ALBERTO FUENTES MEJIA
Geólogo.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2004**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, quienes han tenido que batallar muchas dificultades para que pudiera llegar a esta instancia de mi vida, siempre alentándome y apoyándome incansablemente con su amor y su respaldo económico.

A mi esposa Saida y a mi hijo Álvaro Santiago, quienes llegaron a mi vida convirtiéndose en un motivo mas por el cual lograr grandes metas.

Al Bole, mi hermano, compañero y amigo.

A mi gran amigo Federico Rueda Ch. Con quien inicié y terminé la carrera. Por estar ahí a tiempo, por su compañía y por los días que en Mushaisa pasamos, gozamos y bebimos.

A la compañía AYUDA INTEGRAL S.A. Por brindarme la oportunidad de trabajar con ellos, en especial al ingeniero Retter Murillo y al ingeniero Ciro A. Fuentes, pues con su invaluable apoyo y colaboración, logré realizar este trabajo.

A los compañeros geólogos(as) de descripción y validación quienes me guiaron y se convirtieron con el pasar del tiempo en buenos amigos, haciendo mas placentera la estadía lejos de casa.

Agradezco inmensamente al profesor Ricardo Mier, por su apoyo en la dirección de este trabajo, y sobretodo por enseñarme de forma indirecta la manera practica de trabajar, sin caer en la mediocridad de lo extenso y tedioso.

Mis sinceros e inmensos agradecimientos a mis amigos y compañeros, en especial a, Juan Carlos Serrano, Edgar Sanmiguel y Marcel Vega, por ser un gran apoyo.

Al compa Jairo, siempre amigos desde esas épocas del Poblado.

A todo aquel que me hizo entender, que la función del geólogo no queda solo en salir a buscar trabajo para ayudar a acabar con el país y ganarse tres pesos, sino que como profesional, la deuda con la sociedad es inmensa y desde ya hay que empezar a pagarla.

Por ultimo quiero agradecer a los “**Ph.Doctores**” del cuerpo docente de la escuela de Geología, porque para la vida en general, de sus incontables falencias aprendí mas que de sus contadas virtudes. Nunca me he sentido tan tumba’o.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRAC	
INTRODUCCIÓN	2
1. OBJETIVOS	3
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2. GENERALIDADES	4
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.2. LOCALIZACIÓN	5
2.3. SISTEMA COORDENADO	7
3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	8
3.1. ESTRATIGRAFIA	9
3.1.1. Cretaceo Superior	10
3.1.2. Paleoceno medio	12
3.1.3. Paleoceno superior	12
3.1.4. Plioceno a depósitos recientes	13
3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	15
4. REGISTROS DE POZOS	17
4.1. INTERPRETACIÓN E IDENTIFICACIÓN LITOLÓGICA	17
4.1.1. Rayos gamma	17

4.1.2. Densidad	21
4.1.3. Dipmeter	26
4.2. CALIBRACIÓN DE REGISTROS DE POZOS	28
5. INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS	30
6. METODOLOGÍA DE DESCRIPCIÓN DE POZOS	32
6.1. POZOS CORAZONADOS	32
6.1.1. Delimitación y denominación de los mantos	35
6.1.2. Determinación de las muestras de piso, techo, parting y plies de carbón	37
6.1.3. Porcentaje de recuperación del carbón	39
6.1.4. Descripción de los núcleos	39
6.1.5. Nombramiento de las muestras (bautismos)	39
6.1.6. Relación de las muestras a entregar para análisis de laboratorio	41
6.1.7. Factores de minabilidad	42
6.2. POZOS ABIERTOS	42
7. VALIDACIÓN	46
7.1. G-MINE	48
7.2. SHEET 01	48
7.3. SHEET 02	49
7.4. SHEET 04	52
7.4.1. Delimitación y denominación de los mantos	52
7.4.2. Renombramiento de las muestras (bautismos)	54
8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CARBONES DE CDELC	55
8.1. CONTROL DE CALIDAD	55
8.2. CARACTERÍSTICAS Y USOS DEL CARBON DE CDELC	55

9. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA	57
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Inventario de los pozos perforados en el sector Patilla durante las anteriores campañas de exploración.	31
Tabla 2. Factores de minabilidad y contaminación.	44
Tabla 3. Comparación de la diferencia entre los datos Dimensionales.	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema que ilustra la localización del distrito minero del Cerrejón con respecto a la Guajira y a Colombia.	6
Figura 2. Estratigrafía regional e historia tectónica simplificada del distrito minero del Cerrejón.	8
Figura 3. Mapa geológico Simplificado del bloque sur de CdelC.	9
Figura 4. Perfil esquemático.	16
Figura 5. Registro gamma.	19
Figura 6. Respuestas típicas de gamma para las litologías sedimentarias mas comunes.	21
Figura 7. Respuestas típicas de densidad para las litologías sedimentarias mas comunes.	23
Figura 8. Primeros 35 m del pozo PAT1063A.	24
Figura 9. Grafica de densidad contra contenido de ceniza para diferentes carbones.	25
Figura 10. Clasificación de los buzamientos de acuerdo a las tendencias.	27
Figura 11. Primeros 19 intervalos de descripción para el pozo PAT72410.	35
Figura 12. Fotografía que ilustra la colocación de los tubos	38
Figura 13. Esquema que indica las diferentes muestras a tomar en manto de carbón.	41
Figura 14. Vista en pantalla de la SHEET 01.	49
Figura 15. Descripción de un núcleo.	51
Figura 16. Localización espacial de las líneas de perforación en el sector Patilla.	61

Figura 17. Correlación general de mantos y espesores en la línea 10.	70
Figura 18. Correlación general de mantos y espesores en la línea 60.	71
Figura 19. Correlación general de mantos y espesores en Patilla Norte.	72
Figura 20. Correlación general de mantos y espesores en Patilla Sur.	73

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Códigos de descripción.	66
ANEXO B. Columna estratigráfica. (archivo adjunto)	
ANEXO C. Correlaciones litoestratigráficas	68

TITULO: VALIDACIÓN HISTORICA Y DESCRIPCIÓN DE NUEVOS POZOS EXPLORATORIOS EN EL SECTOR PATILLA, DISTRITO MINERO DEL CERREJON . (DEP. GUAJIRA)*

AUTOR: JHON ALVARO FORERO HERRERA**

PALABRAS CLAVES: Carbón, exploración y Cerrejón

El distrito minero del Cerrejón, es la mina de carbón a cielo abierto mas grande del mundo, por ende, Carbones del Cerrejón LLC. (CdelC), cuenta con la compañía AYUDA INTEGRAL S.A. encargada de la exploración de nuevas áreas y de la validación de las exploraciones realizadas anteriormente. Aunque la descripción y la validación de pozos se realiza para todo el Cerrejón, en esta informe de practica se dedica un énfasis especial al sector Patilla ubicado en el bloque Sur del distrito minero.

El sector Patilla representa para CdelC un área de alto interés económico debido a que en el se encuentra bien expuesta la Formación Cerrejón, la cual contiene los mantos de carbón que están siendo explotados. Las descripciones de pozos y la validación han mostrado que en el sector se cuenta con la presencia del 80% de los mantos de todo el yacimiento y dentro de ese porcentaje se encuentran los mantos principales. El estilo estructural del sector generado por los cabalgamientos de las fallas Ranchería y Cerrejón, hace que en el sector se de la repetición del 70% de la totalidad de los mantos que allí se encuentran, haciendo de esta un área de alto interés para CdelC.

Durante la validación de los pozos perforados anteriormente en el Cerrejón, se logro dar veracidad a las descripciones realizadas y a su vez se reinterpretaron los registros de pozos que en su momento fueron corridos, aplicando los estándares de descripción de CdelC; con base en la validación y las observaciones realizadas en la descripción de nuevos pozos, se realizaron correlaciones de mantos y sus espesores para determinar variaciones geométricas, se noto que aunque algunos mantos adelgazan y otros aumentan su espesor, no existe una tendencia preferencial para que esto se de regionalmente.

* Proyecto de grado, modalidad practica empresarial

** Facultad de Ciencias Físico-Químicas. Escuela de geología, Ricardo Mier U., Ciro Alberto Fuentes.

TITLE: HISTORICAL VALIDATION AND DESCRIPTION OF NEW EXPLORATORY BOREHOLES IN PATILLA AREA, MINING DISTRICT OF CERREJON. (DEP. GUAJIRA)*

AUTHOR: JHON ALVARO FORERO HERRERA**

KEY WORD: Coal, exploration and Cerrejón.

The mining district of Cerrejón, is the world's largest coal mine in the open air, so, Cerrejón Coal LLC. (CdeIC) count on AYUDA INTEGRAL S.A. company entrusted to exploration of new areas and the validation of exploitations made before. Even though description and validation of boreholes are made at all Cerrejón, in this report of managerial practice bring a special emphasis from Patilla area located at South block of mining leasing.

Patilla area represent to CdeIC a place of economic high interest because there the Cerrejón Formation is perfectly displayed, itself contain the seams coal that are being exploited. The borehole descriptions and validation has showed that in the area is present 80% of seams of all deposit and within of this proportion are the main seams. The area's structural style produced by thrust of Rancheria and Cerrejón faults, does that in the area 70% of totality of seams that there are to be repeated, doing of this area a place of high interest of CdeIC.

During validation of drilled boreholes before at Cerrejón, obtained to verify the descriptions made and besides the well logs that was ran before, was reinterpreted applying the description standards of CdeIC; on the basis of by means of validation and notes made on the description of new wells, made correlation of seams and their thickness to determine geometric variations, observed that even some seams thin and others increase their thickness, don't be a preferential regional tendency for that.

* Degree Project, managerial practice modality

** Physical and Chemical Engineering Faculty. Geology School. Ricardo Mier U., Ciro Alberto Fuentes.

INTRODUCCIÓN

La explotación de carbón a cielo abierto, y en especial para las dimensiones de la mina mas grande del mundo en su clase, requiere de una cuidadosa labor de exploración; dentro de esa labor de exploración, se halla la validación, que es la etapa en la que se unifican las descripciones realizadas anteriormente con las descripciones realizadas en la actualidad.

En este trabajo de grado, se realiza la descripción y validación de pozos para el sector Patilla, hacia la parte sur del Cerrejón; en este sector, la compañía tiene grandes expectativas económicas debido a la continuidad lateral de los mantos, al buzamiento bajo de los mismos y al aparente aumento de espesor de algunos de los mantos mas importantes.

La exploración para la minería de carbón a cielo abierto se realiza por etapas, según los parámetros que el gobierno nacional determine por las legislaciones pertinentes; en este caso, se realiza paralelamente a la exploración, la labor de validación de las anteriores etapas de exploración realizadas en las zonas Norte, Centro y Sur, todo esto debido a los intereses de la compañía por unificar criterios de descripción, verificar la veracidad de las anteriores descripciones y generar un mejor modelo del deposito que lleve a valores mas precisos en el calculo de reservas y productividad económica a corto, mediano y largo plazo.

Dentro del actual programa de exploración que adelanta AYUDA INTEGRAL S.A., para CdelC, la validación de las descripciones de pozos realizadas anteriormente, es quizás la parte fundamental que se requiere

para llevar a iguales términos, todos los trabajos exploratorios realizados en el Cerrejón.

La validación de pozos, requiere de una cuidadosa manipulación de datos confidenciales no publicables pero que sirvieron de base para hacer posible la presentación de la metodología de trabajo por medio del ejercicio realizado en el sector Patilla.

1. OBJETIVOS

1.1. GENERAL

- Validar las descripciones de pozos realizadas en el sector Patilla antes y durante la exploración que actualmente se adelanta, basándose en los estándares de descripción de pozos aplicados por Carbones del Cerrejon LLC (CdeIC) y en la corrección hecha por CdeIC de los registros de pozo tomados anteriormente, para así corroborar la veracidad de las descripciones anteriormente realizadas.

1.2. ESPECIFICOS

- Describir los testigos de los pozos que se perforan actualmente, esto como parte del grupo de geólogos descriptores, atendiendo a los estándares de CdeIC.
- Interpretar los registros que se corren en todos los pozos exploratorios como son gamma ray, density, dip meter y coal detail, esta interpretación se hace paralelamente con la descripción del pozo.
- Elaborar una columna generalizada del sector Patilla a escala 1:500, basada esta en la interpretación de pozos y su correlación con corazoncillos extraídos de los mismos.
- Identificar la continuidad lateral de los mantos de carbón hacia el sector Patilla, por medio de correlación de pozos.

Alimentar con mayor certeza la base de datos de CdeIC, para que la compañía posteriormente llegue a un cálculo más preciso de reservas.

2. GENERALIDADES

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

AYUDA INTEGRAL S.A., es la empresa responsable de la Exploración de mantos de Carbón para Carbones del Cerrejón LLC. (CdeIC). A su vez es la empresa ejecutora de la interventoría en la perforación de pozos abierto y corazonados, los cuales aunque no los perfora, se encarga de coordinar y planear con empresas subcontratadas para tal fin como PSCS consorcio y LT perforaciones.

AYUDA INTEGRAL S.A., cumple con la recopilación de muestras de Ripios y núcleos de perforación de material estéril (Rocas) y mantos de carbón; interpretación de Registros geofísicos (Densidad, Gama Rey, Dip meter, Sonico, neutrón, resistividad, Caliper, Temperatura, Magsus, verticalidad y esporádicamente Scanner e interpretación de líneas sísmicas), correlación de mantos de carbón , muestreo de los mismos y descripción de los testigos de perforación núcleos (roca y carbón) y Ripios. Igualmente del procesamiento y cargue de la información a una Base de Datos Central.

En cuanto al contrato con CdeIC, se encarga de la descripción de pozos abiertos y corazonados, de la interpretación de registros gamma ray, density y dip meter y del cargue de la información antigua y reciente de descripción en una base de datos central.

Hace parte de la exploración también, la labor de validación, donde se corrobora lo realizado en las antiguas exploraciones por otras empresas y

se lleva a términos estandarizados para una mayor eficacia en futuros trabajos de CdelC.

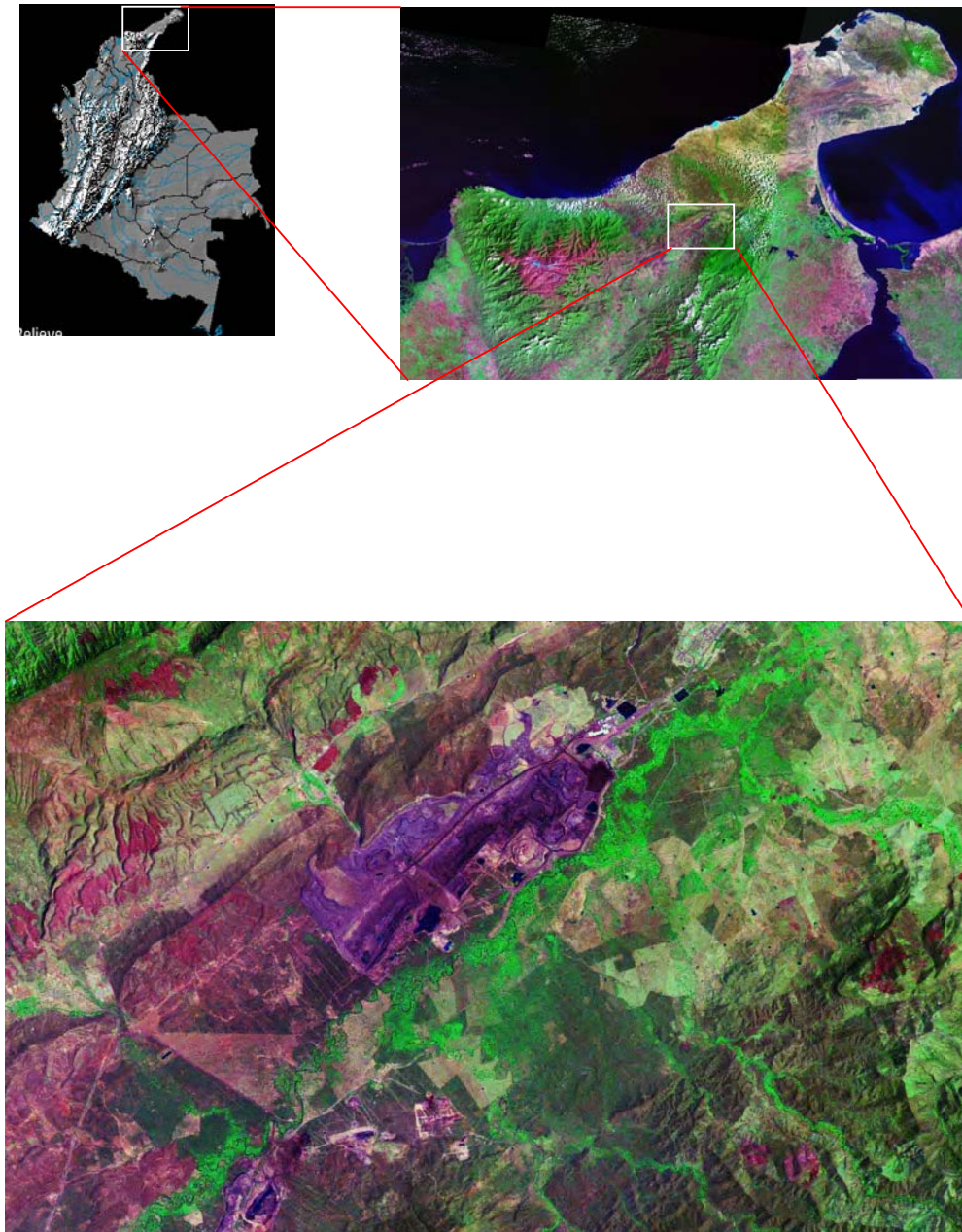
Esta empresa ha venido desempeñando esta labor desde el año 1997, para Carbones del Cerrejón S.A. zona Sur, y desde el año 2002 para la nueva compañía, Carbones del Cerrejón LLC (CdelC), propietaria de todo el complejo minero, contando para ello con personal altamente calificado y entrenado en cada una de las áreas, todas las labores realizadas por AYUDA INTEGRAL S.A. se llevan a cabo siguiendo una serie de procedimientos y estándares implementados por CdelC. La oficina principal y operativa de la empresa se encuentra ubicada dentro del distrito minero del Cerrejón, hacia la zona conocida como “early star”, en el departamento de la Guajira.

2.2. LOCALIZACIÓN

Cerrejón es la operación de minería de carbón de explotación a cielo abierto más grande del mundo, se localiza en la Península de La Guajira, al Noreste de Colombia, entre la Serranía del Perijá y las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. Los depósitos de carbón se encuentran en una extensión de 69.000 hectáreas, dentro de la cual hay cinco áreas contratadas de la siguiente manera: Zona Norte, Patilla, Oreganal y Zona Sur con el estado colombiano, Zona Centro con la Comunidad de El Cerrejón.

El sector Patilla se encuentra ubicado específicamente hacia la parte SW del Cerrejón.

Figura 1. Esquema que ilustra la localización del distrito minero del Cerrejón con respecto a la Guajira y a Colombia.



Esquema basado en fotografías satelitales, tomadas de la pagina web de la NASA.

2.3. SISTEMA COORDENADO

El sistema coordenado empleado hoy para la ubicación de los pozos, es diferente con respecto al empleado antes de 2003; anteriormente se tenía un sistema de posicionamiento propio con referencia a un punto específico en el departamento de la Guajira, este sistema era conocido como “sistema coordenado Proyecto”.

CdelC, acatando a los requerimientos del ministerio de minas y energía, se da a la tarea de encontrar la manera de convertir las coordenadas “Proyecto” al sistema coordenado con referencia en la capital de Colombia, Bogota, sistema administrado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

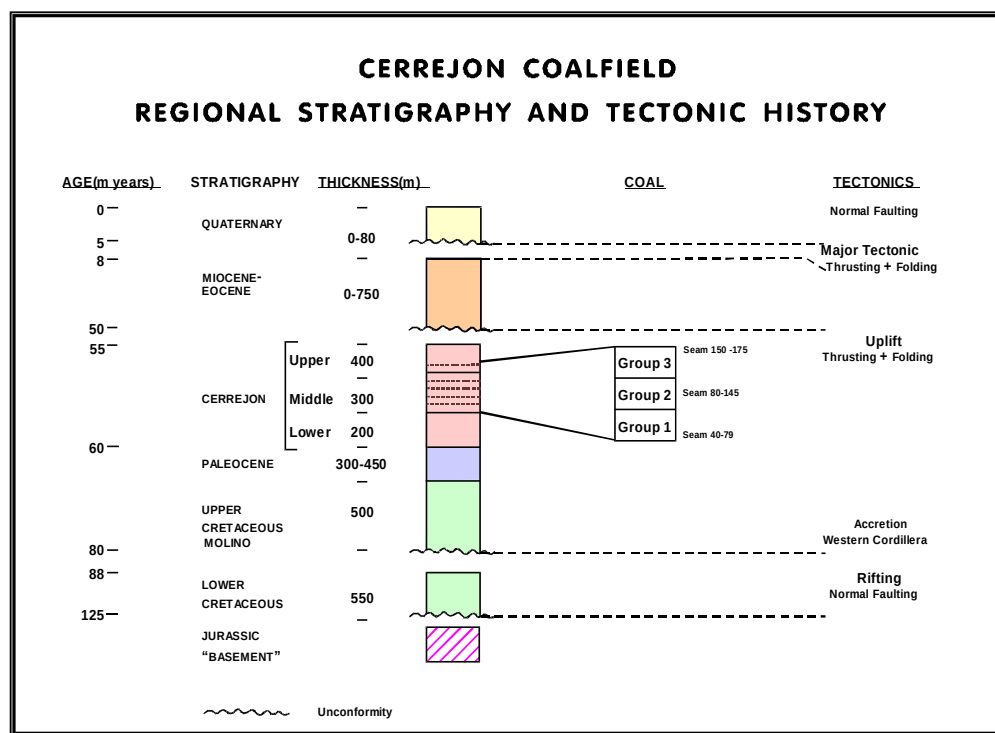
Para la conversión de las coordenadas, se realizó por parte de CdelC y una compañía externa, una serie de sobre-vuelos y cálculos con base en fotogrametría, que arrojaron una formula única tanto para las coordenadas Norte como para las Este, y así convertir las *Proyecto* a coordenadas *Bogota*.

Por ser de alta confidencialidad las coordenadas de los pozos que se perforan, CdelC no permite la publicación de las formulas empleadas para la conversión de coordenadas.

3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

A diferencia de otros depósitos de carbón en el mundo que están en secuencias estratigráficas no deformadas, el depósito del Cerrejón ha estado sujeto a tectónica extensiva y deformación penetrativa en general, durante la colisión que generó la orogénesis Andina. Van Der Merwe, 1999

Figura 2. Estratigrafía regional e historia tectónica simplificada del distrito minero del Cerrejón.

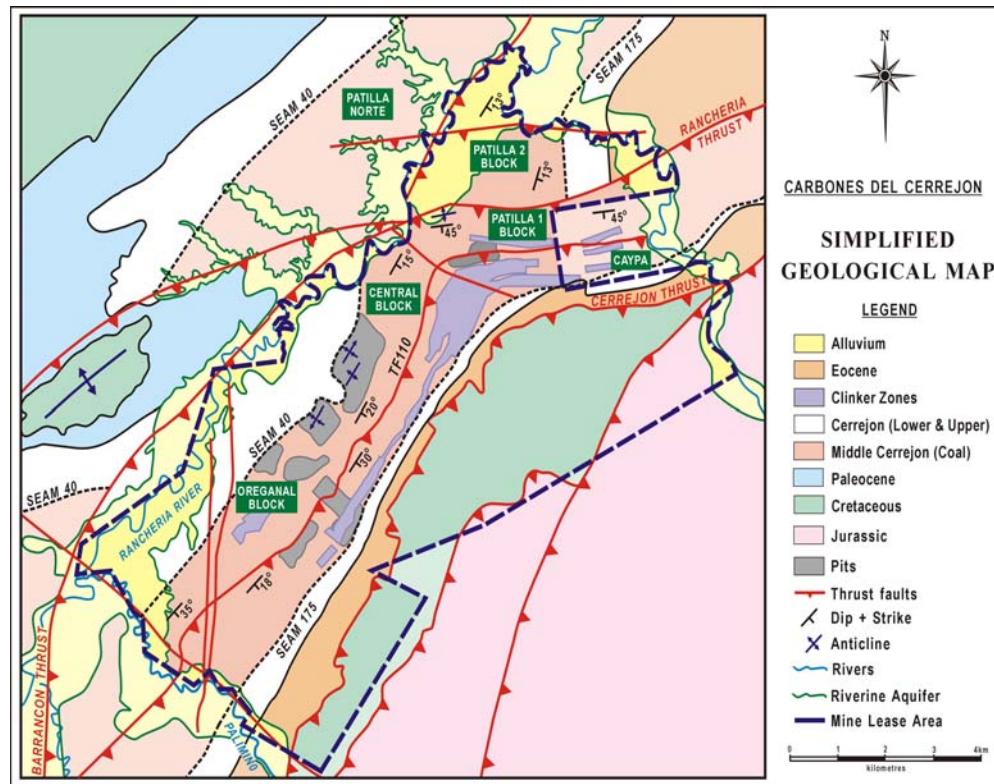


FEASIBILITY STUDY: Expansion to 9 Mtpa. Carbones del Cerrejón S.A. 6th June 2000.

3.1. ESTRATIGRAFIA

El deposito que contiene los carbones de CdelC, comprende una secuencia estratigráfica de buzamiento regional SE con bajos a medio-bajos ángulos; la geología ha sido estudiada por diferentes autores como Van Der Merwe. 1999, Grant. 1999, Harding. 1982, entre otros. A continuación se presenta una breve compilación de los estudios estratigráficos realizados por los mencionados autores, de forma resumida con el fin de dar un bosquejo del estado del arte en la región de estudio.

Figura 3. Mapa geológico Simplificado del bloque sur de CdelC.



Tomado de Van Der Merwe, 1999, Departamento de Servicios Geofísicos Anglo American. Sudafrica.

3.1.1. Cretaceo Superior. *Formación Molino.* Los informes de CdelC no reportan ni la sección tipo ni el porque de su nomenclatura, a su vez, los estudios de INGEOMINAS no reportan esta Formación, pero al leer el léxico estratigráfico de Julivert (1968), se puede correlacionar esta con la Formación Guaralamai, de igual descripción y que subyace la Formación Hato Nuevo. El termino Guaralamai fue introducido por Renz, O (1959).

Ocurre como rocas sedimentarias clásticas finas desarrollando un espesor aproximado de 350 metros sobre un contacto basal transicional, con la Formación La Luna. AATS, 2000.

Lutitas calcáreas gris verdosas a gris claras, intercaladas con areniscas finas arcillosas grises claras en espesores de 1 a 3 metros, en secuencia alterna, constituyen la parte basal de esta unidad.

Areniscas finas arcillosas y shales grises a gris verdosos, se encuentran ubicados hacia la parte media de la unidad. Shales grises, con ocasionales estratos delgados de calizas y limolitas grises carbonáceas.

3.1.2. Paleoceno medio. *Formación Hato Nuevo.* El nombre de Hato Nuevo fue introducido por Tchanz et al, (1969) en el mapa geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta. Ocurren rocas sedimentarias clásticas finas, con un espesor aproximado de 200 metros, en contacto basal transicional, sobre las rocas de la Formación Molino, ausente hacia el sector Patilla.

Limolitas arcillosas, micáceas, marrón claras, con estratificación ondular, a veces alternando con shale gris corresponden a los estratos basales. Grant, D. 1999.

Areniscas finas marrón claras, de composición subarcósica micáceas, alternan con limolitas calcareas de color marrón a verdoso, micáceas, con laminación ondular plana. Grant, D. 1999.

Arcillolita arenosa gris y areniscas ferruginosas finas a medio granuladas grises claras, micáceas, ocupan la parte media de la secuencia. Y limolitas arcillosas amarillas alternan con areniscas finas calcáreas marrón verdosas micáceas, estos estratos corresponden a la parte alta de la secuencia. Grant, D. 1999.

Formación Manantial. Descrita por Tschanz (Ch. M.) *et al.*, 1969 en el Mapa Geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta, su nombre deriva de la localidad llamada Manantial al Norte del Arroyo Aguas Nuevas.

Ocurren calizas esparíticas, grises claras a gris oscuras, fosilíferas, compuestas principalmente por conchas de lamelibranquios, caracterizan esta formación, cuyo espesor aproximado es de 300 a 350 metros y se disponen sobre la Formación Hato Nuevo en contacto transicional. La secuencia basal inferior, consiste de calizas arenosas, gris verdosas, a veces esparíticas, en espesores de 1 a 3 metros que alternan con arcillolitas grises y limolitas calcáreas, verdosas.

Hacia la parte superior de la unidad, ocurren arcillolitas limosas, micáceas, marrón claras, con estratificación ondulosa y finamente laminadas, interestratificadas en calizas grises esparíticas fosilíferas color gris – marrón claro.

Arcillolitas grises y limolitas marrones, micáceas alternan con calizas limosas, verdes grisáceas, fosilíferas, en la parte final de esta secuencia.

3.1.3. Paleoceno superior. *Formación Cerrejón.* El nombre de la Formación fue dado por V. Oppenheim (1940) y deriva del Cerro El Cerrejón en el borde occidental de la Serranía de Perijá dentro del área de mina. Es una secuencia de rocas clásticas carbonosas y mantos de carbón con un espesor promedio de 1400 metros, su contacto basal es transicional con la Formación Manantial.

La Formación ocupa la mayor parte del sector Patilla, extendiéndose desde el contacto con la Formación infrayacente hasta la falla de cabalgamiento del Cerrejón. Sin embargo a consecuencia de la falla del Ranchería, la Formación Cerrejón se repite casi en la totalidad de su columna, dividiendo así el sector en dos bloques bien diferenciados, ver figura 3. CARBOCOL, 1983.

Shales grises claros y arcillolitas calcáreas conforman la parte inferior de la secuencia, localmente presenta algunas areniscas calcáreas intercaladas con calizas fosilíferas, la estructura sedimentaria típica es laminación ondular discontinua. Ocasionalmente ocurren limolitas y mantos de carbón delgados y de formas lenticulares. AATS, 2000.

La estratificación dominante es ondulada y laminar, el espesor de este nivel es de 279 m aproximadamente. CARBOCOL, 1983.

En el nivel medio, ocurren mantos de carbón intercalados en limolitas gris oscuro a negras con laminación ondular discontinua y areniscas grises claras finogranuladas, con cemento silíceo, laminación cruzada y estructura flaser, alternan con canales de limolitas grises claras, el espesor promedio de este nivel es de 355 m.

Areniscas ferrumiginosas y areniscas feldespáticas grises claras de grano fino de composición: cuarzo, feldespato, muscovita y líticos en matriz

arcillosa. Ocasionalmente se presenta limolita gris intercalada con mantos de carbón. Esta secuencia litológica es característica del techo de la Formación. Se han calculado en aproximadamente 400 m el espesor del nivel superior de la Formación Cerrejón. CARBOCOL, 1983.

Con base en la fauna fosilífera estudiada por F. Etayo en (Cardozo y Gomez, 1980), a la Formación Cerrejón se le asigna una edad Paleoceno.

3.1.4. Plioceno a Depósitos Recientes. El área que comprende CdelC ocupa solo una parte del sistema de drenajes del valle del río Ranchería. Interpretaciones regionales de la geología realizadas por geólogos de CdelC, por medio de fotogeología, muestran claramente distintas formas de abanicos progradando dentro del valle. Dentro de la misma área, esos abanicos han sido ampliamente denudados, y solo porciones delgadas remanentes de esos abanicos se evidencian en la actualidad. De todas formas, este evento de denudación estuvo marcado por agresiva erosión por parte del río Ranchería durante un periodo de alto flujo en la historia geológica reciente, esto tiene un marcado impacto en la morfología de la superficie de meteorización que suprayace el carbón minable en la actualidad. Las edades de varios abanicos aluviales y coluviones han sido difíciles de estimar, pero durante programas de perforación de factibilidad, sus edades relativas aparentes estimadas han asignado una base estratigráfica del plioceno al presente. AATS, 2000.

La estratigrafía aluvial tentativa utilizada para asignar edades a las varias unidades encontradas esta basada predominantemente en la presunción que el área de proveniencia y la energía de transporte de los abanicos disminuyó a través del tiempo. El abanico de Fonseca, con su área de proveniencia que se extiende hasta la Sierra Nevada, y los clastos de grandes dimensiones que son comunes allí, están compuestos casi en su totalidad por material del basamento, considerándose este como el

abanico de edad mas antigua. El material mas reciente, se compone de fragmentos de limolitas provenientes del deslizamiento del mismo valle, se cree que eso representa una disminución en el nivel de actividad de acreción aluvial. AATS, 2000.

Descripciones realizadas en los estudios de factibilidad preliminares y resumidos en FEASIBILITY STUDY: Expansion to 9 Mtpa de 2000, han determinado que los materiales encontrados son extremadamente variables en origen, empaquetamiento, redondez y granulometría. Sin embargo distintos episodios de acreción de abanicos pueden ser determinados a partir de mineralogía específica de abanico y estilo sedimentario. A los materiales más antiguos encontrados en el abanico de Fonseca, tentativamente se les ha asignado una edad Plioceno-Pleistoceno. Este abanico se compone de grandes, muy bien redondeados y altamente resistentes guijarros y cantos prejurasicos, o de basamento, lavas con edades del jurasico y fragmentos piroclasticos. El material del abanico de Fonseca en su mayor parte es proveniente de fragmentos limosos del cretaceo.

En la actualidad, el material que constituye los depósitos aluviales esta siendo removido por el río Ranchería y sus tributarios, generándose una mezcla de los materiales constituyentes, que a su vez indica un corte de los drenajes sobre los viejos depósitos aluviales. Remanentes terrazas de viejos depósitos aluviales dentro del área de minería también indican que el sistema del río en el presente esta cortando la dirección del flujo del valle.

3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

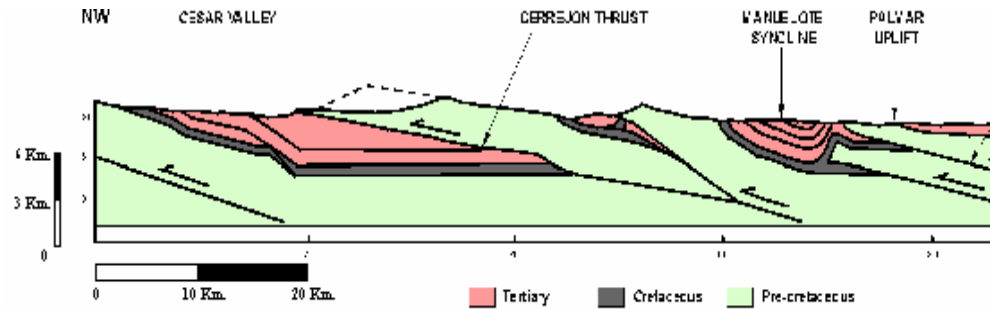
El modelo estructural del Cerrejón esta dominado por cabalgamientos dirigidos en sentido NW, como resultado de la orogenia Andina. Las principales estructuras son los cabalgamientos (thrusts) de Cerrejón y Ranchería. El cabalgamiento del Cerrejón se presenta hacia la parte Este del área minera resultando las rocas de edad cretácica y jurasica sobre la Formación Cerrejón. Van Der Merwe, S. W. 1999.

En el sector Patilla la cuenca se acomoda a un estilo estructural que obedece a una tectónica de compresión, y se desarrolla a partir del eoceno como producto del choque de las placas de Sur América y del Caribe, principalmente con direcciones de esfuerzos en el sentido Sureste – Noroeste. CARBOCOL, 1983.

El cabalgamiento del Ranchería se parte de un único cabalgamiento cercano a la base de la Formación Cerrejón, duplicando la estratigrafía especialmente hacia el sector Patilla, subparalela al plano de cabalgamiento. El cabalgamiento del Ranchería también eleva los mantos de carbón hasta una profundidad económicamente accesible en la parte este del valle del río Ranchería. La configuración de las principales estructuras es la de un abanico imbricado con vergencia hacia el NW. Van Der Merwe, S. W. 2002.

En el sector Patilla por causa de la falla del Ranchería, se repite la secuencia estratigráfica de la Formación Cerrejón, y forma dos bloques que difieren entre si por estructura y dirección. CARBOCOL, 1983.

Figura 4. Perfil esquemático. Muestra la geología estructural regional y el apilamiento del antepaís.



Tomado de Van Der Merwe, 1999. Departamento de Servicios Geofísicos Anglo American. Sudafrica.

4. REGISTROS DE POZOS

Para la industria del carbón a cielo abierto, registros como gamma ray, density, coal detail y dip meter, son fundamentales al momento de describir pozos, en especial pozos corazonados, cuando de exploración se trata. CdeIC cuenta con la empresa contratista REEVES que se encarga de correr los registros y esta a su vez debe suministrar a los geólogos de descripción los registros con anticipación al momento de describir los pozos.

Para CdeIC, los registros que se corren en los pozos son considerados como información de alta confidencialidad, situación que impide la publicación total de estos en el presente informe, sin embargo es importante describir como y bajo que criterios se realiza la interpretación de los registros paralelamente a la descripción de los núcleos.

4.1. INTERPRETACIÓN E IDENTIFICACIÓN LITOLOGICA

Algunas identificaciones litológicas en ambientes de pozos abiertos pueden ser realizadas solo a partir de registros de pozo gamma ray o density. El registro caliper debe ser usado como un control de calidad para la lectura de los otros registros.

4.1.1. Rayos Gamma. La medición de la radioactividad natural de los materiales rocosos ha sido usada ampliamente como un indicador de diferentes litologías. En la mayoría de secuencias sedimentarias, altos niveles de rayos gamma son debidos a altos niveles de un isótopo de

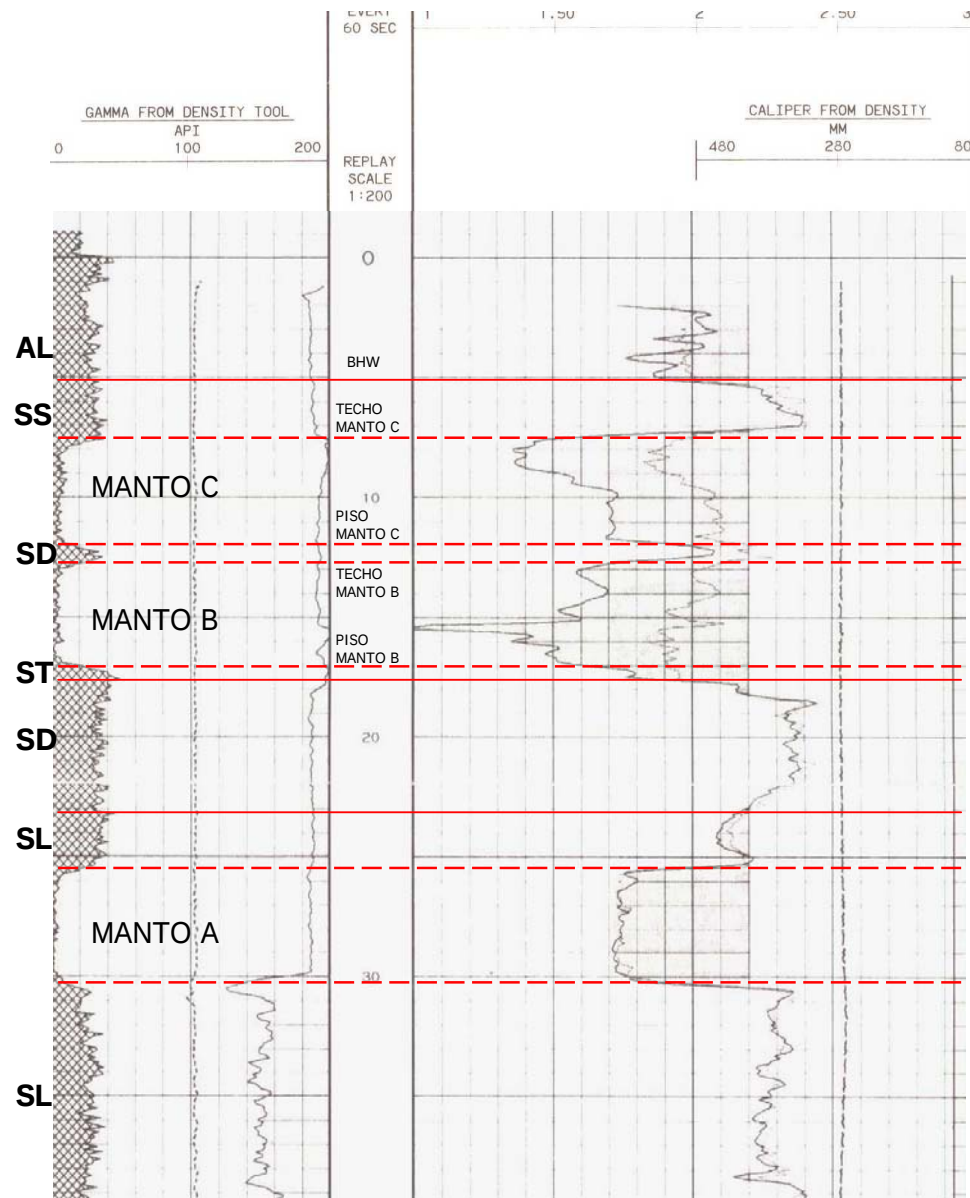
potasio (K40), no obstante existen circunstancias donde concentraciones de uranio contribuyen a la mayoría de la radiación emitida. K40 esta presente en la mica y en los minerales arcillosos. Los shales típicos tienen valores gamma en el rango de 80 a 200 unidades API. Firth, D. 2002.

Litologías de bajo contenido de K40 muestran niveles reducidos de actividad de rayos gamma. Arenas, limos, dolomitas y carbones varían de 0 a 50 API, para CdelC se marcan carbones a partir de 60 API hacia abajo, esta marcación se hace paralelamente a la interpretación con el registro de densidad.

Los limos son generalmente los de valores mas bajos, seguidos de carbones y arenas. Los niveles de rayos gamma entre shale y litologías de actividad mas baja en secuencias sedimentarias, típicamente representa mezclas tales como mudstones, limolitas arcillosas o carbones inferiores.

Actividad muy alta de gamma puede ser un indicador de un nivel marino. Estos son generalmente delgados, característicos y extensivos lateralmente, haciéndose excelentes marcadores horizontales para la correlación de pozos. Una actividad mas alta de gamma que la de un nivel marino, indica la presencia de shales uraníferos. Firth, D. 2002.

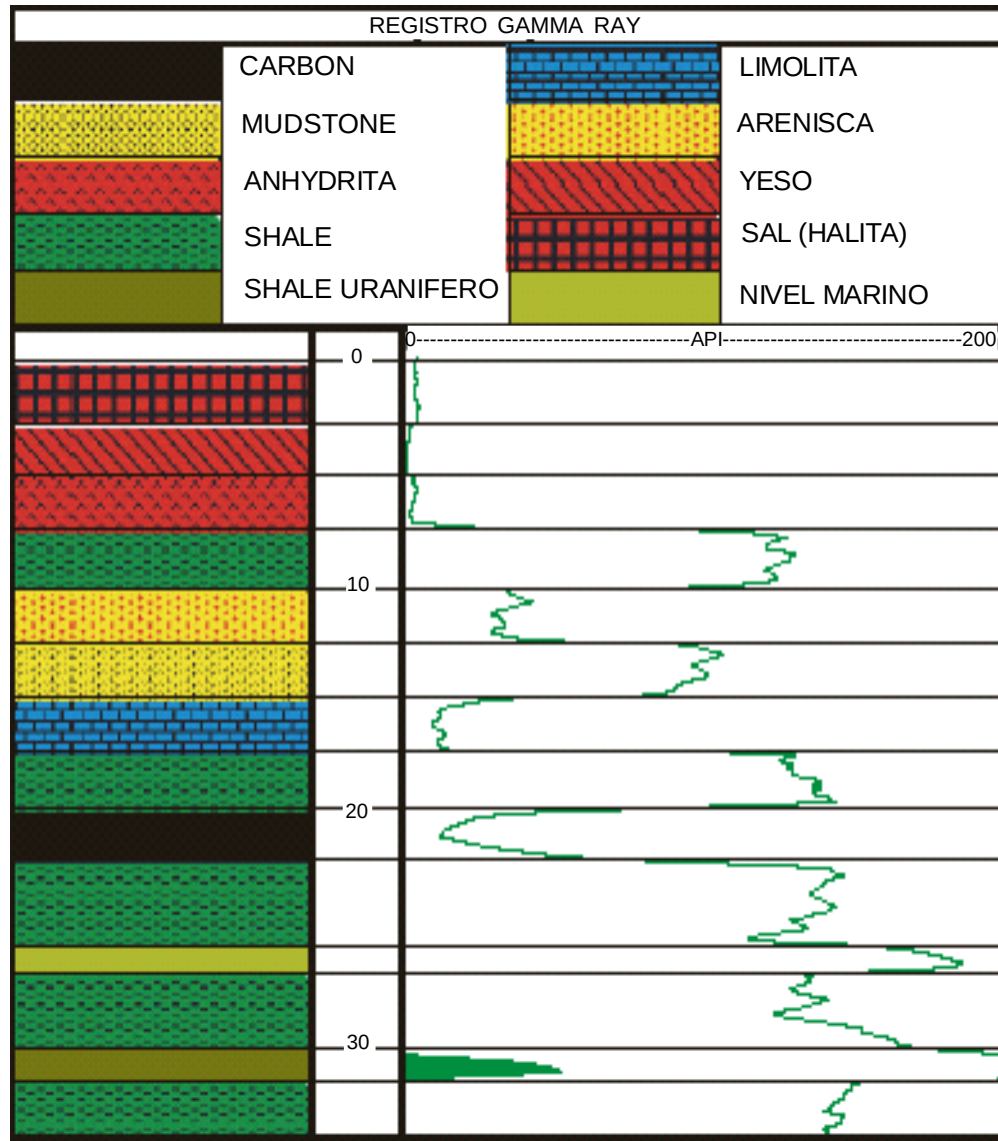
Figura 5. Registro gamma. Registros density y caliper (der), primeros 39 m del pozo PAT06271; a 5.18 m se traza la línea de meteorización BHW, aunque el gamma parece constante, el registro density muestra un fuerte salto al BHW. Se marcan tres mantos de carbón bien expuestos, A constante en densidad, B y C con densidades variables dentro del rango. AL (Aluvial), SS (Arenisca limosa), SD (Arenisca), ST (limolita) y SL (Limolita arenosa). Formación Cerrejón.



Fragmento de registros corridos por REEVES en el pozo PAT06271.

En la figura 5 se observa como responden las diferentes unidades litológicas a la emisión de rayos gamma; hasta 5.18 m se presenta el aluvión de composición arenosa fina a gruesa, con gravas de composición ígnea de amplia variedad y con un contenido de 20% de lodos aproximadamente. Aunque en este registro, la curva del gamma no representa una certeza confiable en la determinación de la litología existente, esta se determina por medio del registro de densidad y de la observación de los testigos.

Figura 6. Respuestas típicas de gamma para las litologías sedimentarias mas comunes; incluyendo algunos minerales evaporíticos. Este es un registro que representa una situación geológica arbitraria.



modificado de Firth, D. 2002. REEVES.

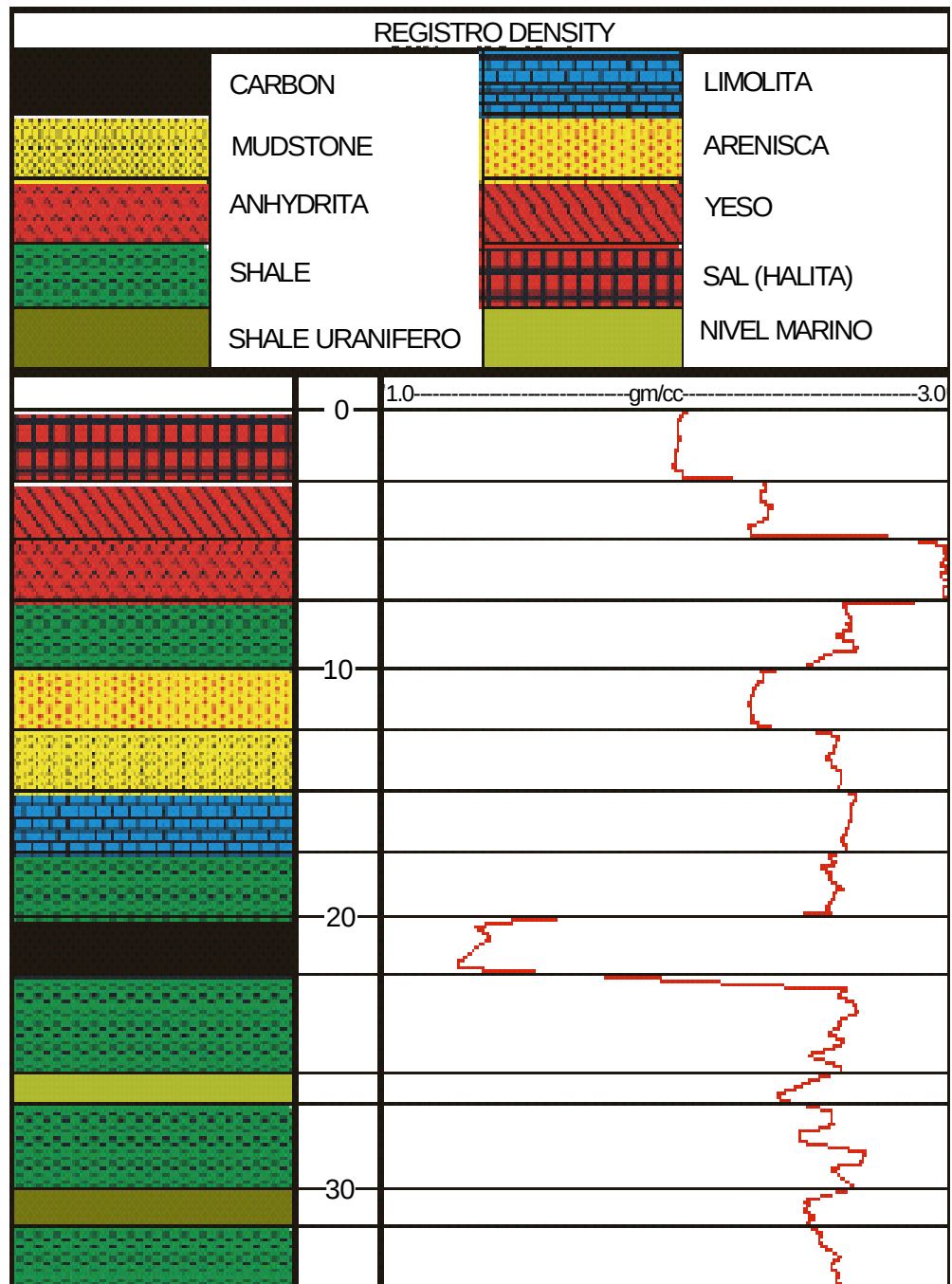
4.1.2. Densidad. Mientras ciertos minerales tienen distintas densidades, (por ejemplo el carbón al rededor de 1.3 gcm^{-3} y la halita 2.03 gcm^{-3}) muchos otros materiales sedimentarios son muy similares en valor

(generalmente 2.5 gcm^{-3} a 2.8 gcm^{-3}) y deben ser evaluados junto con otros registros de pozo especialmente para identificación de carbones con el registro de rayos gamma. Firth, D. 2002.

El carbón varía de 1.1 a 1.5 gcm^{-3} de acuerdo a su tipo, carbones bituminosos tienen densidades alrededor de 1.3 gcm^{-3} . Firth, D. 2002.

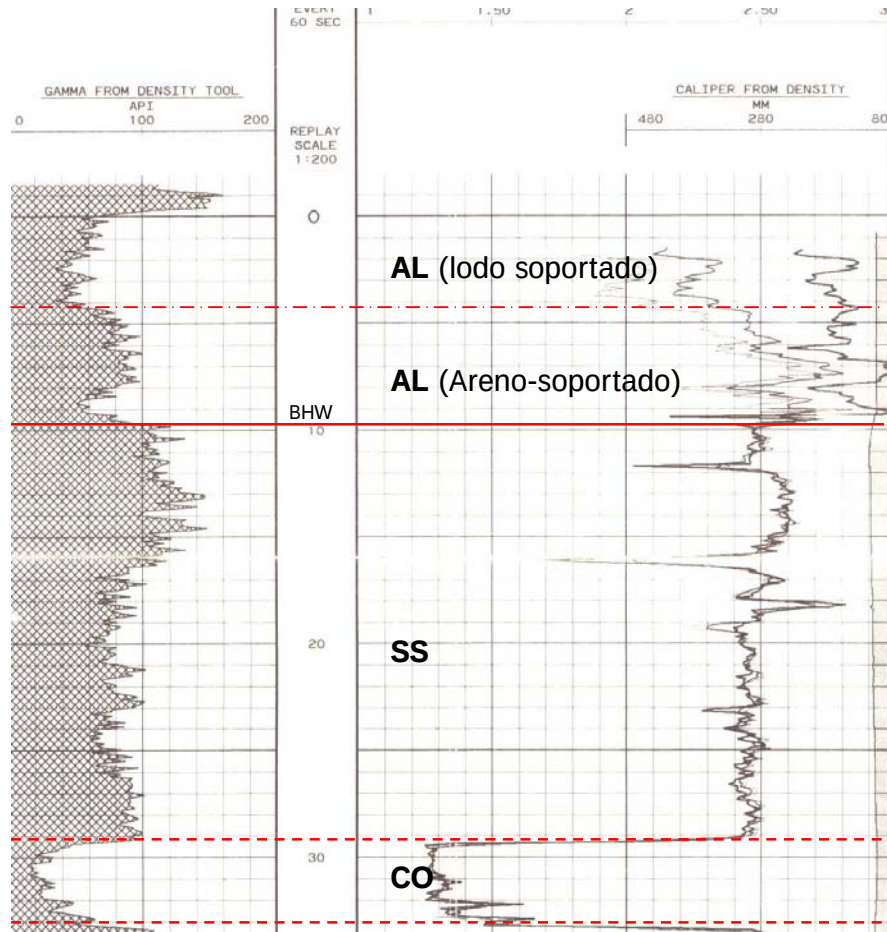
Para CdelC, en la interpretación de registro de densidad, se considera carbón a partir de un punto de inflexión en 1.8 gcm^{-3} hacia valores menores, y que en ese rango se tenga un espesor superior a 0.30 m para considerarse manto, a la par con este criterio, se debe corroborar la respuesta en el registro de rayos gamma.

Figura 7. Respuestas típicas de densidad para las litologías sedimentarias mas comunes; incluyendo algunos minerales evaporíticos.



Modificado de Firth, D. 2002. REEVES.

Figura 8. Primeros 35 m del pozo PAT1063A. El limite aluvial llega hasta 9,7 m, a 3,8 m la composición del aluvial es lodo soportada, de 3,8 a 9,7 m es areno soportada. Hasta 29,22 m se encuentra una arenisca limosa (SS) disminuyendo el contenido de arenas hacia abajo. De 29,22 a 33,60 se observa un manto de carbón (CO) con un parting arcilloso de 0,15 m, visto en el testigo.

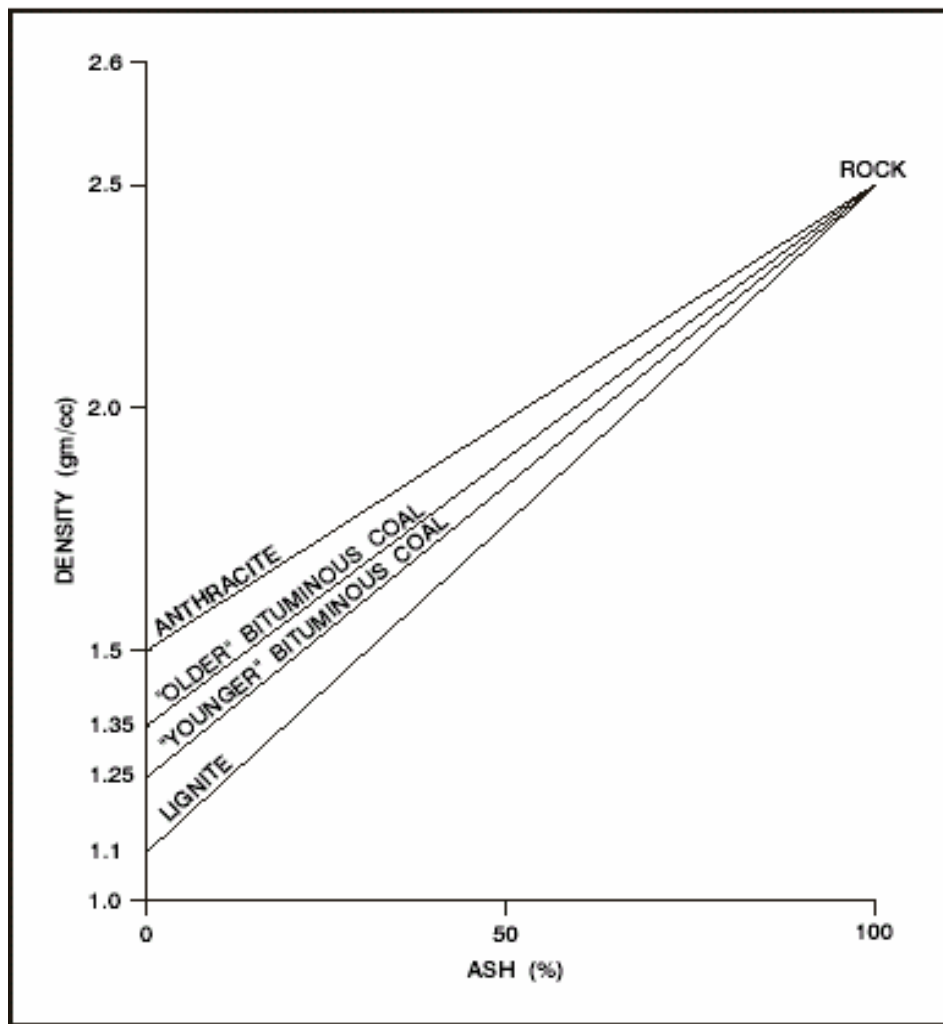


Fragmento de registros corridos por REEVES en el pozo PAT1063A.

La densidad en los carbones esta íntimamente relacionada con el contenido de ceniza, el contenido de ceniza aumenta aproximadamente de forma lineal con el incremento de densidad; diferentes tipos de carbones exhiben diferentes relaciones ceniza-densidad. Teóricamente un carbón

puro no contiene materia mineral, por ende el contenido de ceniza es cero. Firth, D. 2002.

Figura 9. Grafica de densidad contra contenido de ceniza para diferentes carbones.



Tomado de Firth, D. 2002. REEVES.

100 % ceniza presenta 2.6 gcm^{-3} para roca

0 % ceniza presenta 1.1 gcm^{-3} para lignito

0 % ceniza presenta 1.25 gcm^{-3} para carbones bituminosos mas jóvenes

0 % ceniza presenta 1.35 gcm^{-3} para carbones bituminosos mas viejos
0 % ceniza presenta 1.5 gcm^{-3} para antracítico

Arenisca (sandstone) con alto contenido de silice tiene una alta densidad de aproximadamente 2.65 gcm^{-3} , limolita (limestone) de aproximadamente 2.71 gcm^{-3} y dolomita (dolomite) de aproximadamente 2.87 gcm^{-3} . arenas con porosidad cercana a cero, limos y dolomitas, pueden además ser diferenciados de otros materiales y del carbón en base solo a su densidad.

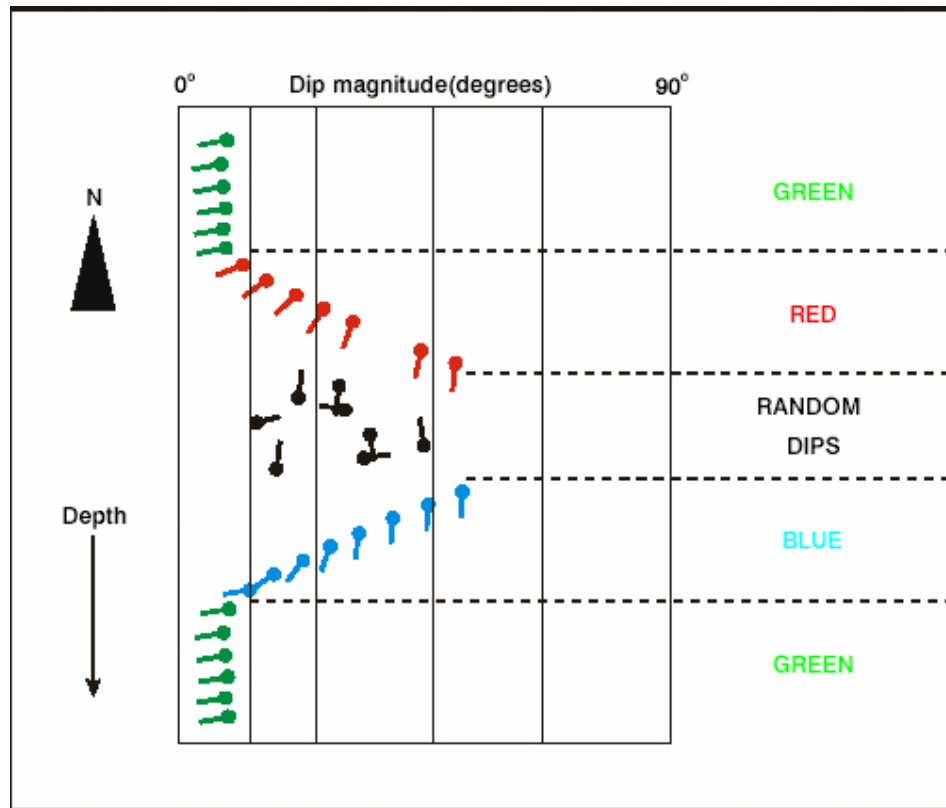
En general, la porosidad solo con el registro de densidad no es conocida, pero esas litologías pueden ser siempre diferenciadas si la porosidad es establecida de otro registro o la combinación con otros. Firth, D. 2002.

La densidad del shale también varia, y puede depender de la profundidad de enterramiento. Debido a su plasticidad natural relativa, los shales llegan a compactarse resultando un incremento de densidad con el incremento de profundidad, generalmente cayendo en un rango de 2.2 a 2.8 gcm^{-3} .

Una interpretación litológica básica puede hacerse con la simple examinación de los registros gamma ray y density (la calidad se controla con referencia al registro caliper del pozo).

4.1.3. Dipmeter. Este registro se utiliza durante la descripción de pozos, solo para marcar los rumbos y buzamientos característicos, sin enfatizar en una interpretación de los mismos. La interpretación del registro dipmeter la realizan los geólogos de modelamiento cuando requieren generar el modelo de un manto en 3D o del yacimiento en general.

Figura 10. Clasificación de los buzamientos de acuerdo a las tendencias.



Tomado de Firth, D. 2002. REEVES.

- | | |
|---------------|--|
| Verde (Green) | Tadpoles de magnitudes y azimuth consistentes: buzamiento regional o estructural. |
| Rojo (Red) | Incremento del buzamiento con el incremento de la profundidad: asociado con fallas, canales, barreras, reef e inconformidades. |
| Azul (Blue) | Buzamiento decreciente con el incremento de profundidad: asociado con fallas, inconformidades y estratificación cruzada. |

El rumbo es determinado con respecto a la dirección de la cola del tadpole; el rumbo *regional* de un manto o de una litología en particular, es

determinado por el promedio o la dirección de rumbo predominante de los tadpoles.

4.2. CALIBRACIÓN DE REGISTROS DE POZOS

Diferentes empresas han sido las encargadas de correr los registros de pozo en el Cerrejón. En la actualidad la compañía contratista encargada de correr los registros de pozo es la Sudafricana REEVES, con excelentes equipos que arrojan datos con márgenes de error mínimos.

Compañías como CENTURY y la misma INTERCOR corrían anteriormente los registros de pozo, con diferentes equipos y márgenes de error un poco mas amplios que los que actualmente se obtienen. CENTURY hacia los años 70's arrojaba una grafica en papel pergamino, basada en cálculos manuales y con la mínima participación de computadores lentos y poco precisos, con escala vertical diferente a la de los registros que hoy se corren.

Los antiguos registros que no fueron corridos por REEVES, son enviados a Inglaterra, donde expertos ingenieros convierten los registros antiguos de papel a un medio magnético con escala vertical variable, todo esto por medio de diversos cálculos matemáticos. Al hacerse la calibración, se obtienen registros similares a los que se corren en la actualidad, y que pueden ser estudiados con mayor facilidad en el programa Q-log. El programa Q-log, se corre en M-DOS, y es utilizado para trabajar la curva del registro density y así determinar los puntos de inflexión de tope y piso de las diferentes litologías; en este programa, el usuario, puede cambiar la escala vertical del registro con el fin de determinar con precisión de 0.01 m y 0.01 gcm⁻³ los valores de profundidad y densidad respectivamente.

Al observarse los registros calibrados, y compararse con los mismos registros sin calibrar, se pueden notar errores en el calculo de la profundidad de perforación con respecto al registro. Con el registro antiguo, por ejemplo, se marco que el manto 60 estaba entre 23,35 m y 34,10 m con un espesor de 10,75 m; pero con el registro calibrado se obtiene que el manto se encuentra entre 24,15 m y 34,60 m con un espesor de 10,45 m.

Al hacerse la calibración de los registros de pozo, se hace necesaria y obligatoria, la revisión minuciosa de todos los intervalos de los pozos antiguos, uno a uno, con el fin de precisar valores para mayor exactitud al momento de calcular reservas por parte de los geólogos de modelamiento.

5. INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS

En 2001, el área o sector Patilla fue adjudicada, mediante concurso público, al consorcio integrado hoy por Carbones del Cerrejón LLC (antes Intercor) y Cerrejón Zona Norte S.A., las cuales pertenecen igualmente a compañías subsidiarias de BHP Billiton plc, Anglo American plc y Glencore International AG.

Los pozos perforados antes de la fecha en que se conforma el consorcio CdelC son conocidos como históricos, estos pozos son sometidos a validación, mientras que los otros pozos perforados por diferentes compañías después de 2001, se han ido describiendo paralelamente a la perforación, todo esto como parte de un grupo de trabajo conformado por 6 geólogos de descripción.

A continuación se presenta un inventario de los pozos existentes en el sector para los cuales se destinó la práctica en cuanto a validación se refiere.

Tabla 1. Inventario de los pozos perforados en el sector Patilla durante las anteriores campañas de exploración.

Pozos históricos		Pozos recientes	
Perforador	Cantidad de pozos	Perforador	Cantidad de pozos
CARBOCOL	Corazonados 21	CARBOCOL	Corazonados 20
	Abiertos 109		Abiertos 16
INTERCOR	Corazonados 0	CdeIC	Corazonados 5
	Abiertos 1		Abiertos 0
PSCS	Corazonados 11	LT	Corazonados 11
	Abiertos 38		Abiertos 81
		MJ	Corazonados 4
			Abiertos 9
		PSCS	Corazonados 4
			Abiertos 150

6. METODOLOGIA DE DESCRIPCION DE POZOS

A partir de enero de 2003 Carbones del Cerrejón LLC (CdeIC), comienza la aplicación de nuevos e internacionales estándares en la descripción de pozos exploratorios en todo el Cerrejón.

La nueva CdeIC, comienza a reestructurar tanto su esquema administrativo como su metodología de trabajo, aplicando los estándares que rigen internacionalmente otras minas de propiedad de los mismos dueños del Cerrejón, por tal razón, se hace necesario realizar la descripción de pozos con los nuevos estándares, mientras que se valida la información de los pozos descritos anteriormente bajo otros parámetros.

A continuación se presenta la metodología de trabajo siguiendo los estándares exigidos por CdeIC a AYUDA INTEGRAL S.A. para la descripción de pozos.

6.1. POZOS CORAZONADOS

El geólogo debe realizar la descripción de las características litológicas, sedimentológicas y geomecánicas de los núcleos suministrados por la empresa contratista perforadora. La descripción se debe desarrollar con la ayuda de:

Registro Density.

Registro Coal Detail (registro de densidad con escala ampliada).

Registro Dipmeter.

Registro Gamma ray

Formato de códigos descriptivos de CdelC. (ver anexo A)

Registro físico de perforación (formato Fe2). Este registro es donde se hace una descripción preliminar y general en el sitio de perforación por parte de los operarios del taladro y un geólogo que inspecciona las operaciones (G14).

Herramienta de captura como datalog, PC portátil o en su defecto, formatos de descripción de pozos de Cerrejón.

La descripción se realiza desde la superficie del terreno hasta el punto mas profundo alcanzado en la perforación, antes de iniciar se debe corroborar el registro density y gamma ray con los corazones, para determinar con exactitud que lo que se observa es lo mismo que el registro identificó.

Se toman sistemáticamente, a medida que avanzamos hacia profundidad, intervalos de roca homogéneos en sus características litológicas, composicionales, estructurales o de meteorización, que nos permitan diferenciarlos de los demás, para ser descritos independientemente, los intervalos de roca que aquí se describen se denominan estériles, y corresponden a la roca que no representa interés económico. Los mantos de carbón tienen un tratamiento especial mas cuidadoso en la etapa conocida como “muestreo de carbón”.

En cada intervalo se describirán características como: Tipo de pozo, tipo de roca, estado de alteración de la roca (meteorizada o fresca), color,

cualidades litológicas, composición, tamaño de grano, porosidad, permeabilidad, sorteamiento, espaciamiento entre capas, tipo sedimentario, tipo tectónico, descripción tectónica, espaciamiento tectónico, buzamiento, estado mecánico del núcleo, dureza de la roca, tipo de fósiles, abundancia de fósiles, asociación de fósiles y comentarios.

Una vez recopilada la información de todos los intervalos en que subdividimos el pozo se da por concluida la descripción del mismo.

Terminada la descripción se almacenan las cajas de núcleos en los estantes o sitios seleccionados para tal fin.

Figura 11. Primeros 19 intervalos de descripción para el pozo PAT72410.

1	BOREH	SERIAL	FROM	TO	THICKNE	WEAT	LOG	MAIN L	COLOR	SHADE	HUE	LQ 1	LQ 2	LQ 3	GRAIN	PORE PER
2	PAT72410	10	0	2.5	2.5	CW	O	AL	G	L	W	CM	SD	QZ		
3	PAT72410	20	2.5	4.8	2.3	W	O	SD	G	M	K	QZ	FP		CS	
4	PAT72410	30	4.8	4.8	0	W	O	WEATHERING								
5	PAT72410	40	4.8	9.7	4.9	F	X	SD	G	M		QZ	PY	DS		
6	PAT72410	50	9.7	12	2.3	F	X	CO								
7	PAT72410	60	12	13.15	1.15	F	X	CS	B	M	K	CO	PY			
8	PAT72410	70	13.15	15.8	2.65	F	X	SL	G	L	W	ST	SD	FP		
9	PAT72410	80	15.8	17.75	1.95	F	X	CS	B	M	K	BI	MI	ML		
10	PAT72410	90	17.75	22.3	4.55	F	X	SL	G	M	K	ST	SD	QZ		
11	PAT72410	100	22.3	27.25	4.95	F	X	CS	G	M	K	BI	MI	ML		
12	PAT72410	110	27.25	30.7	3.45	F	X	CO								
13	PAT72410	120	30.7	31.7	1	F	X	CS	Y	M	G	MI	CO	SD		
14	PAT72410	130	31.7	32.1	0.4	F	X	SS	W	L	G	MI	QZ			
15	PAT72410	140	32.1	35.45	3.35	F	X	CS	G	D	K	CO	PY	QZ		
16	PAT72410	150	35.45	39.1	3.65	F	X	SD	W	M	G	ST	MI	SR		
17	PAT72410	160	39.1	44.35	5.25	F	X	SL	G	M	W	ST	SD	MI		
18	PAT72410	170	44.35	46.9	2.55	F	X	CS	G	D	K	CO	PY	MA		
19	PAT72410	180	46.9	51.2	4.3	F	X	SL	G	M	W	ST	SD	LA		

1	SORT	BEDDI	SEDI	TII	SEDI	D	TEC	TI	TEC	SP	TECT	DE	TECT	C	MECH	S	STRENG	FOSSIL	FOSSIL	1	FOSSIL	COMMENT	1	COMMENT
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								

Tomado de la base de datos CdelC.

6.1.1. Delimitación y denominación de los mantos. El geólogo debe determinar, con base en el registro COAL DETAIL y el registro Fe2, el número de mantos que se va a muestrear en cada pozo, relacionados en una tabla con:

- ❖ Profundidades de los techos y pisos de cada manto según datos de perforación y de acuerdo con la delimitación realizada con base en el programa Q-log.
- ❖ Espesor de cada manto, según los dos criterios anteriores.
- ❖ Recobro en metros y porcentaje de recuperación de acuerdo con datos reportados en el formato Fe2. El recobro se refiere al espesor de carbón que se logra recuperar en la perforación con respecto al espesor real medido en el registro de densidad.

Las intercalaciones de estéril en el carbón, si son mayores de 0.30 m, definen dos (2) mantos por separado; si son menores, se consideran dentro del mismo manto. Estas intercalaciones son llamadas parting.

Una vez definidos todos los mantos de cada pozo debe conocerse en lo posible el nombre de cada uno de ellos. El nombre de los mantos es dado cuando se correlaciona el registro de densidad con los registros base de las líneas de perforación adyacentes a la línea del pozo donde los mantos ya han sido nombrados.

Adicionalmente se asigna una letra en orden alfabético a los mantos de espesor igual o mayor de 0.30 m, incluyendo los intervalos de torbanita, iniciando con el manto de mayor profundidad en el pozo hasta el más superficial. Tales letras deben anotarse en los diferentes e-logs utilizados, así como en la tabla de profundidades de carbón según perforación vs e-log.

En adelante estas letras identificarán cada manto del pozo.

6.1.2. Determinación de las muestras de piso, techo, parting y plies de carbón. En esta parte del muestreo se determinará qué

segmentos de los núcleos de estéril y carbón corresponderá a cada una de las muestras a tomar. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

Espesores de los mantos y toma de plies en el Método Multi-ply. En general serán muestreables los mantos de 0.30 m de espesor en adelante. Cuando el espesor es mayor de 1.00 m. se puede tomar más de una muestra por manto, es decir, secciones del mismo denominadas **ply**, cuyo espesor mínimo es de 0.50 m, excepto para mantos entre 0.30 y 0.50 m.

Se tomarán en general tres (3) plies por manto de carbón (sin incluir piso, techo o parting).

Para mantos de menos de 4.00 m de espesor se pueden tomar plies de hasta 1.50 m como máximo.

Para mantos mayores de 4.00 m de espesor se pueden tomar plies de hasta 3.00 m de espesor como máximo.

Ocasionalmente pueden tomarse más de los tres plies cuando el espesor del manto es demasiado grande (más de 9.00 m de espesor) o cuando las características macroscópicas del carbón y la respuesta en el registro eléctrico así lo ameriten; en general, cuando la variación de las propiedades sea muy marcada a lo largo del manto.

Figura 12. Fotografía que ilustra la colocación de los tubos; para la toma de muestras, y el archivo fotográfico para la descripción del carbón.



Tomado del archivo fotografico de pozos CdeIC.

El carbón será muestreado en un ply completo independientemente del espesor del manto, siempre que el intervalo sea puro carbón; la muestra será separada en subplies solamente cuando la presencia de un parting (intercalación interna) obligue a ello (se aplicarían los parámetros establecidos por el método multi-ply).

Intercalaciones o partings. Las intercalaciones de estéril (partings) de menos de 0.15 m de espesor se muestrearán como parte de un ply de carbón.

Cuando el parting tenga entre 0.15 y 0.30 m de espesor se muestreará como ply separado, pero considerado dentro del mismo manto delimitado en el registro.

Intercalaciones de más de 0.30 m de espesor ameritan separar el carbón en dos mantos, caso en el cual se procederá de manera independiente para cada manto.

6.1.3. Porcentaje de recuperación del carbón. Para la toma de las muestras de carbón se deberá tener en cuenta el porcentaje de recobro, que determinará si una muestra debe ser tomada o no. Para los diferentes plies se debe considerar un recobro del 90%, excepto en los plies de “carbón limpio” (densidad muy uniforme en el registro de densidad), donde se admite un recobro mínimo del 70%. Los mantos con recuperaciones entre el 60% y el 70% serán muestreados según criterio del geólogo.

6.1.4. Descripción de los núcleos. Se procede a realizar la descripción del carbón y del estéril de piso y techo según las características sedimentológicas, litológicas y geomecánicas consideradas en los formatos de descripción. Deben ser tenidos en cuenta además los factores de minabilidad expuestos al final del procedimiento.

6.1.5. Nombramiento de las muestras (Bautismos). Luego de describir el carbón así como los pisos y techos en los formatos respectivos, se le asigna a cada una de las muestras un nombre propio o bautismo, con el fin de distinguirla de ahí en adelante.

Tal bautismo se designará de acuerdo con los siguientes criterios, aunque no debe considerársele como “camisa de fuerza”, pero debe ser una guía lo suficientemente explícita y no debe prestarse a confusiones.

El nombre de la muestra o bautismo es una expresión que debe contener máximo ocho (8) caracteres; Los cinco (5) primeros caracteres serán una guía (no necesariamente el nombre) del pozo en cuestión. Por ejemplo: el pozo **STRAT06**, puede llevar como los 5 primeros caracteres: **STRT6**, **STRA6** o **STR06**; los restantes tres (3) caracteres se tienen en cuenta de la siguiente manera:

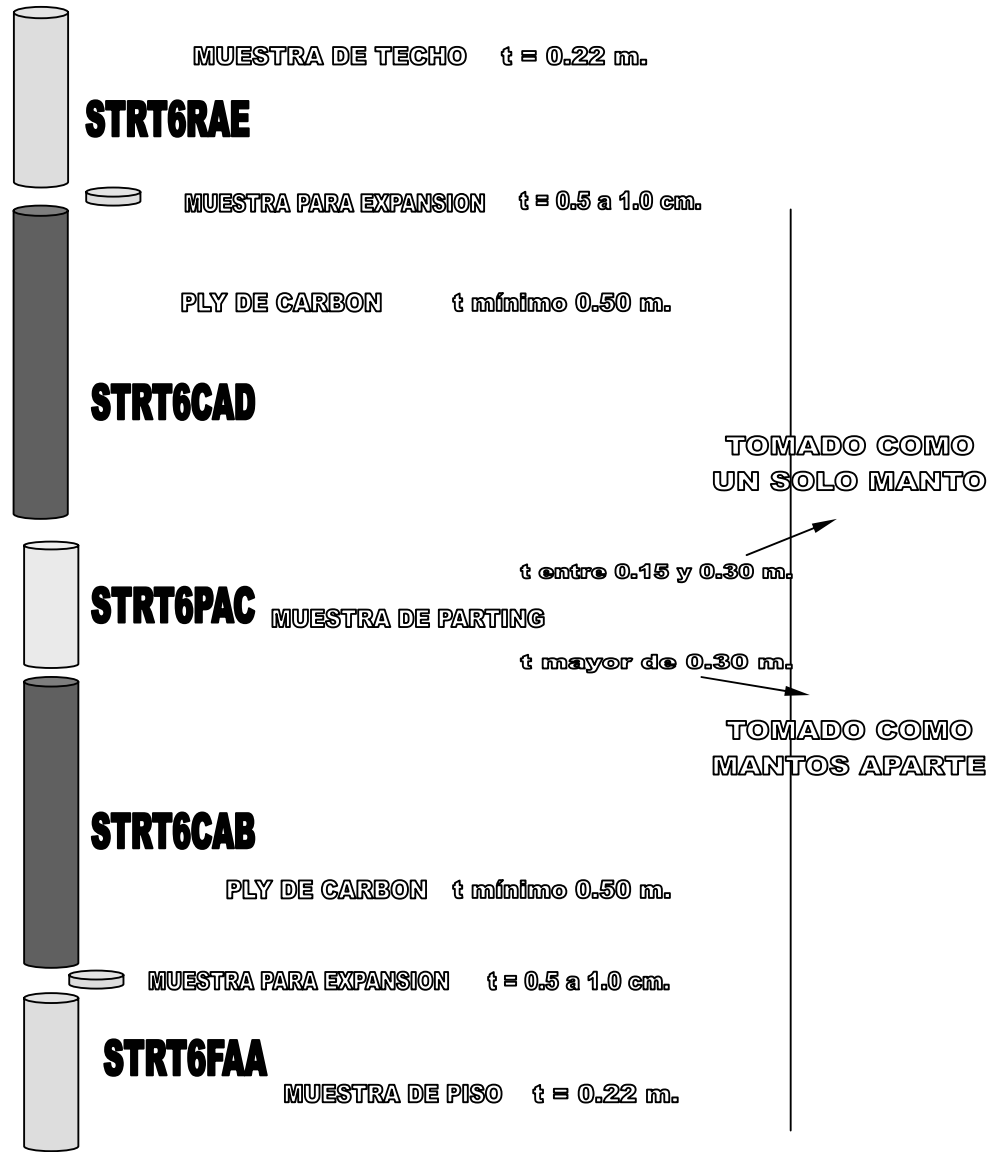
En primer lugar, las letras **C** para Coal (carbón), **R** para Roof (techo), **F** para Floor (piso) y **P** para Parting (intercalación).

En segundo lugar se colocará la letra (en orden alfabético) asignada al manto respectivo de piso a techo para cada pozo.

En tercer lugar se asignará una letra en orden alfabético, de piso a techo, para numerar cada una de las muestras por manto. Por tanto, en cada uno de los pisos muestreados para cada uno de los mantos, corresponderá el carácter número 8 la letra **A**.

Por ejemplo, si el manto más inferior en el pozo STRAT06 presenta cinco muestras (piso, techo, parting y dos plies de carbón) los posibles bautismos serían, tomando la primera de las opciones del ejemplo anterior: **STRT6RAE** (la muestra de techo), **STRT6CAD** (ply superior de carbón), **STRT6PAC** (muestra de parting), **STRT6CAB** (ply inferior de carbón) y **STRT6FAA** (la muestra de piso), ver figura 13.

Figura 13. Esquema que indica las diferentes muestras a tomar en manto de carbón. (Ejemplo idealizado para el pozo STRAT06, en el manto más inferior) con los bautismos respectivos (en letras rellenas).



Estandar de muestreo. Base de datos CdeIC.

6.1.6. Relación de las muestras a entregar para análisis de laboratorio. Definidas las muestras a tomar (carbón, piso, techo y

partings), y habiéndolas descrito debidamente, se procede a hacer la relación de las muestras a entregar a INSPECTORATE que es el laboratorio encargado de los análisis químicos del carbón, para lo cual se emplea el formato SAMPLE ADVICE SHEET, en el cual debe registrarse:

Nombre del pozo.

Fecha de realización del muestreo.

Persona (geólogo) que realiza el muestreo.

Nombre del manto y/o su equivalente en letra asignada alfabéticamente de piso a techo en el pozo.

Porcentaje de recuperación para el manto.

Profundidades de inicio y final del manto.

Espesores de cada una de las muestras: plies y partings (se considera tácito aquí el espesor de los 0.22 m de piso y techo).

Numeración consecutiva de laboratorio para las diferentes muestras (también de piso a techo), suministrada por INSPECTORATE.

Bautismos de cada una de las muestras. Observaciones especiales sobre alguna o varias de las muestras, cuando fuere necesario.

6.1.7. Factores de minabilidad. Son factores de características físicas que se utilizan para evaluar la contaminación por materiales del techo o el piso del manto.

El primer factor puede ser interpretado como una combinación de la visibilidad del material y el contraste de dureza de la roca, para lo cual se sugiere la siguiente tabla:

FACTOR VISIBILIDAD

1. Blanco,
2. Gris pálido / ante,
3. Gris / marrón,
4. Gris oscuro / marrón oscuro,
5. Negro,

FACTOR DUREZA

Muy duro,
Duro,
Moderadamente duro,
Suave,
Muy suave / plástico,

Los índices de rompimiento (o fisilidad) de las muestras de piso o techo dan una indicación de la habilidad del material a romperse, particularmente bajo condiciones de humedad. Es posible desarrollar un factor de condiciones de humedad / sequedad del minado.

FACTOR HUMEDAD

0. Seco,
1. Semi-húmedo,
2. Húmedo,

Este factor está basado en adición a factores dados a escala de 2 a 10, que indican los niveles de contaminación que van desde la arenisca blanca

muy dura, que es la más fácil de separar, hasta el material carbonoso negro muy suave, que es imposible de distinguir.

Tabla 2. Factores de minabilidad y contaminación.

FACTOR	MINABILIDAD	CONTAMINACIÓN
2	Buena selectividad	0.02 m
4	Selectividad moderada	0.05 m
6	Pobre selectividad	0.10 m
8	Muy pobre selectividad	0.20 m
>10	No selectivo en minado	0.30 m

6.2. POZOS ABIERTOS

Se conocen como pozos abiertos, los pozos que son perforados por brocas triconicas donde las muestras que se recogen son ripios de roca triturada. Las muestras o ripios se toman en bolsas plásticas por intervalos de 1mts de distancia cada una; la descripción de las características litológicas, y físicas se realiza de igual manera que con los núcleos de los pozos corazonados.

Para la captura de información se determina la profundidad del material aluvial , el nivel de meteorización (BHWE) y se describe hasta diez (10) metros debajo de este nivel, en el caso que una muestra de ripios sea de un manto de carbón, la descripción debe continuar por 3 mts mas. Posteriormente se captura la información de los diferentes mantos de carbón interpretados en los registros de pozos.

Una vez terminada la descripción se almacenan las cajas de ripios en los estantes metálicos colocados dentro de la bodega de núcleos o en las zonas previamente establecidas en el piso.

7. VALIDACIÓN

Validación, en el ámbito minero y para CdelC, es la etapa paralela a la perforación de pozos exploratorios, y se encarga de verificar la veracidad de las descripciones realizadas de forma diferente a lo que actualmente utiliza la compañía explotadora, como lo son sus estándares de descripción utilizados en otras minas del mundo.

Durante la etapa de validación se pudo observar, que anteriormente las descripciones se realizaban de forma mas personalizada, dejando a criterio mas abierto la interpretación de características físicas, mientras que con los estándares que se vienen aplicando, la descripción de los pozos se hace de forma mas mecanizada yendo al punto importante en una empresa de interés netamente económico sin dar importancia a minucias que para interés científico serian de relevancia, pues en este caso lo mas importante es conocer las dimensiones y características físicas de los mantos de carbón a explotar.

La validación de *datos históricos* para CdelC nace cuando se otorga el contrato de exploración a la empresa contratista AYUDA INTEGRAL S.A. en el primer semestre de 2003, con el fin de llevar a los mismos términos las descripciones de pozos realizadas anteriormente, pasando por una verificación con referencia a los registros de pozos calibrados, y a comparaciones con las recientes descripciones de pozos perforados en el sector sobre líneas de perforación muy cercanas.

Las razones específicas por las cuales se realiza la validación de pozos son:

- Organizar la información en formato digital, por medio de una gran base de datos en el programa EXCEL y posteriormente esta se convierte al programa ACCESS.
- Verificar las descripciones realizadas anteriormente, y llevar esas descripciones a los códigos de descripción que hoy se utilizan.
- Calibrar los registros corridos en los pozos durante las anteriores etapas de exploración.
- Corregir el sistema coordenado utilizado anteriormente, el cual se hacía con referencia a un punto en la Guajira.
- Dar nuevos bautismos a los pozos antiguos con respecto a la numeración y nombramiento que se utiliza actualmente.

El procedimiento para validación de pozos corazonados, es similar al proceso de descripción de pozos; en la validación, habiendo convertido las coordenadas en primera instancia, se busca estandarizar la manera en que fueron descritos los pozos, se verifican los valores de profundidades de los intervalos y en caso de ser necesario, y a criterio del geólogo de validación, se determina si lo que anteriormente fue considerado como dos intervalos litológicos diferentes, son uno mismo.

Las carpetas que contienen la información de pozos antiguos, se encuentran en el STRONG ROOM de la oficina de datos histórico, organizadas por sector, y estos a su vez organizados por el número de la línea de perforación; las carpetas incluyen: formato de descripción del

pozo, copia de los registros de pozo corridos y transmittal letter. El transmittal letter, es la carta enviada al laboratorio, con los datos de descripción de las muestras de carbón que se les solicita análisis.

Así como la información de los pozos se encuentra organizada en forma física por carpetas, también encontramos los resultados de los análisis de laboratorio que se le realizan a las muestras de carbón, en carpetas organizadas por el laboratorio que realizó los análisis.

7.1. G – MINE

La G- MINE es una tabla del programa ACCES, funciona en la base de datos, como la guía o tabla de búsqueda, donde es posible encontrar, si un pozo se ha estandarizado. Esta tabla, se llena en primer lugar, al iniciar la validación de un pozo, y lleva dos columnas, en la primera columna, se coloca para todos los pozos las iniciales de la compañía, CDC (Carbones del Cerrejón), y en la segunda columna el nombre del pozo. Ej: PAT02402; esta tabla se crea para facilitar la consulta previa de un pozo si no se conoce si este fue o no validado.

7.2. SHEET 01

La SHEET 01 o hoja uno, es una tabla hecha previamente en EXCEL que posteriormente es transformada al programa ACCES pues estos son compatibles y es de mayor facilidad el trabajo masivo en EXCEL; la SHEET 01 lleva la información general de cada pozo.

Figura 14. Vista en pantalla de la SHEET 01. En ella se aprecia las columnas con el tipo de información que esta lleva.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	CDC	LINEA	POZO	F.INICIO	F.FINAL	PERFORO	TIPO DE P	PROFUNDID	COLLAR	C. NORTE	C. ESTE	SECTOR	F. VALIDAC	VALIDO
2	CDC	100	PAT01243	23/05/78	25/05/78	CARBOCOL	C	232,25	245	1789632	1150123	PATILLA	18/08/03	JF
3	CDC	100	PAT01232	30/09/77	04/10/77	CARBOCOL	C	245,45	240	1785459	1155021	PATILLA	18/08/03	JF
4	CDC	100	PAT03421	22/01/81	25/01/81	CARBOCOL	C	220,80	244	1732195	1152325	PATILLA	18/08/03	JF
5	CDC	100	PAT02431	24/08/77	30/08/77	INTERCOL	C	198,45	239	1700548	1157034	PATILLA	18/08/03	JF
6	CDC	100	PAT04581	01/11/78	07/11/78	INTERCOL	C	234,50	246	1717485	1151156	PATILLA	18/08/03	JF
7	CDC	100	PAT02002	05/03/79	09/03/79	PSCS	C	300,00	240	1738953	1151125	PATILLA	18/08/03	JF
8	CDC	100	PAT01209	12/01/84	12/01/84	PSCS	T	212,80	230	1764654	1151987	PATILLA	18/08/03	JF
9	CDC	100	PAT02973	16/02/80	16/02/80	CARBOCOL	T	220,00	245	1789301	1151741	PATILLA	18/08/03	JF
10	CDC	100	PAT08967	03/12/79	10/12/79	INTERCOL	C	218,80	249	1703265	1150065	PATILLA	18/08/03	JF
11	CDC	120	PAT07536	07/09/86	10/09/86	PSCS	C	312,60	257	1743216	1152289	PATILLA	18/08/03	JF
12	CDC	120	PAT08942	03/09/89	10/09/89	INTERCOL	C	300,70	254	1702321	1150169	PATILLA	18/08/03	JF
13	CDC	160	PAT03885	12/12/77	23/12/77	CARBOCOL	C	207,45	236	1732135	1150951	PATILLA	18/08/03	JF
14	CDC	160	PAT02158	13/12/79	19/12/79	CARBOCOL	C	199,00	246	1777256	1151468	PATILLA	18/08/03	JF
15	CDC	165	PAT01496	23/12/80	29/12/80	PSCS	C	229,50	248	1741369	1151357	PATILLA	18/08/03	JF
16	CDC	165	PAT02390	23/12/80	29/12/80	INTERCOL	C	254,50	245	1735951	1151937	PATILLA	18/08/03	JF
17	CDC	165	PAT00245	22/04/79	22/04/79	CARBOCOL	T	232,23	239	1764357	1151037	PATILLA	18/08/03	JF
18	CDC	170	PAT02289	23/05/78	29/05/78	INTERCOL	C	245,60	238	1739179	1151834	PATILLA	18/08/03	JF
19	CDC	200	PAT01292	24/02/79	29/02/79	INTERCOL	C	303,30	251	1709087	1151482	PATILLA	18/08/03	JF
20	CDC	200	PAT00237	21/09/88	30/09/88	PSCS	C	315,80	250	1770907	1151794	PATILLA	18/08/03	JF
21	CDC	220	PAT01276	18/07/03	25/07/03	PSCS	C	300,15	248	1787787	1150241	PATILLA	18/08/03	JF
22	CDC	220	PAT07612	19/07/03	23/07/03	LT	C	234,80	256	1730303	1151100	PATILLA	18/08/03	JF
23	CDC	220	PAT08219	25/10/03	03/11/03	LT	T	160,35	257	1764564	1150943	PATILLA	18/08/03	JF
24	CDC	230	PAT01753	26/11/03	26/11/03	LT	T	156,80	248	1779458	1150501	PATILLA	18/08/03	JF
25	CDC	230	PAT04321	02/12/03	02/12/03	LT	T	145,80	249	1791321	1150941	PATILLA	18/08/03	JF
26	CDC	80	TAB06548	03/12/94	04/12/94	LT	T	152,50	220	1702135	1145687	TABACO	18/08/03	JF
27	CDC	80	TAB06394	12/09/98	25/09/98	PSCS	C	307,70	225	1701694	1144906	TABACO	18/08/03	JF
28	CDC	110	ORG09856	05/05/97	15/05/97	PSCS	C	298,00	247	1698547	1154487	OREGANA	18/08/03	JF
29	CDC	75	PUE02346	03/01/03	16/01/03	PSCS	C	310,00	240	1700874	1148873	PUNTE	18/08/03	JF
30	CDC	150	PUE05612	12/02/02	25/02/02	LT	C	287,50	245	1745978	1151496	P.WEST	18/08/03	JF
31	CDC	90	DSA06543	09/07/92	18/07/92	INTERCOL	C	298,60	240	1768267	1156321	DECSARA	18/08/03	JF
32	CDC	220	PAT06438	08/09/03	09/09/03	LT	T	170,50	252	1754934	1150284	PATILLA	18/08/03	JF
33	CDC	200	PAT09532	15/05/03	26/05/03	LT	C	312,60	250	1755691	1150939	PATILLA	18/08/03	JF

Imagen tomada de la base de datos CdelC.

7.3. SHEET 02

En esta tabla, el geólogo debe realizar la validación y verificar las características litológicas, sedimentológicas y geomecánicas de los núcleos extraídos por las empresas contratistas perforadoras en su momento.

Con base en la descripción realizada, el geólogo de validación, debe estandarizar la descripción a los códigos utilizados actualmente en descripción. La validación se debe desarrollar con la ayuda de: Los

registros tomados en el pozo, y que hayan sido calibrados, a su vez visualizarlos en el programa Qlog.

Formato de códigos descriptivos de Cerrejón. (Anexo A)

Registro físico de perforación (formato Fe2). Este registro es donde se hace una descripción preliminar y general en el sitio de perforación, y es útil para detectar algunos errores que en su momento fueron pasados por alto.

La validación al igual que la descripción, se realiza desde la superficie del terreno hasta el punto mas profundo alcanzado en la perforación, antes de iniciar se debe corroborar el registro density y gamma ray, reinterpretándolo para determinar los intervalos y sus profundidades ya con los registros calibrados.

Se toman sistemáticamente, a medida que avanzamos hacia profundidad, intervalos de roca homogéneos según la descripción y lo observado en los registros. Los mantos de carbón tienen un tratamiento especial mas cuidadoso en la etapa conocida como “muestreo de carbón” al igual que en la descripción; en validación se conoce como hoja de calidad y corresponde a la SHEET 04 (descrita mas adelante).

Cada intervalo debe llevar un numero de secuencial, con el fin de facilitar la posterior utilización de este material; el numero de secuencial va de diez en diez iniciando con el numero 10.

Una vez recopilada la información de todos los intervalos en que subdividimos el pozo se da por concluida la validación de la SHEET 02 del pozo.

Una vez terminada la validación se almacenan las carpetas de los pozos en el STRONG ROOM.

Figura 15. Descripción de un núcleo. En la fotografía se aprecia un núcleo de 6 cm de diámetro por 10 cm de longitud. Descrito el 24/09/01 de este modo: limolita arenosa de color gris medio amarillento, micacea, con una banda de siderita de 1.4 cm de espesor; de grano medio a fino, bioturbada, interlaminada, el núcleo esta ligeramente quebrado; es una roca compacta y fuerte, con pirita diseminada en bandas de estratificación. Aplicando los códigos de descripción (Anexo A del presente informe), obtenemos: (main lithology) SL, (color) G, (shade) M, (hue) yellow, (lithology qualifier) SD – MI – SI, (grain size) MF, (sedimentary type) IL, (mechanical state) S2, (strength) H5, (fossil abundance) F, (fossil type) PY, (fossil association) BS.



fotografía tomada de los núcleos del pozo PAT06416.

Aunque la aplicación de los estándares a los pozos descritos anteriormente no presente una diferencia grande en el modo de describir los núcleos, sí se logra por medio de la validación, llevar a unos términos técnicos que faciliten posteriores trabajos con los pozos descritos, y los espesores de las diferentes litologías fueron validados con los registros de pozos corregidos y pozos cercanos de líneas adyacentes.

7.4. SHEET 04

La tabla conocida como SHEET 04 corresponde a la sección de la base de datos que carga la información de calidad descrita en las etapas de muestreo de carbón; al igual que las SHEET 01 y 02, esta es una tabla del programa EXCEL, que luego es cargada en el programa ACCES. En esta tabla es fundamental volver a bautizar las muestras de carbón que fueron enviadas a laboratorio en su época.

Los pasos a seguir en validación para la SHEET 04 son:

Delimitación y denominación de los mantos

Renombramiento de las muestras (Bautismos).

7.4.1. Delimitación y denominación de los mantos. Con los registros calibrados, el geólogo de validación debe determinar el número de mantos del pozo, identificar tope y base de los mismos utilizando el programa Q-log.

El nombramiento de los mantos se hace con base en la correlación de mantos previamente realizada por CdelC. En esta parte del trabajo se

podieron encontrar algunos mantos mal nombrados en su momento que pudieron haber generado cálculos de reservas regulares.

La medida de recobro se hacia anteriormente con el simple dato de espesor del manto de carbón recuperado; al reinterpretar los registros y obtener valores exactos de los espesores de los mantos, se logro determinar el porcentaje cierto de recuperación.

Tabla 3. Comparación de la diferencia entre los datos dimensionales obtenidos en la descripción durante 1979 y por la reinterpretación de los registros para el manto 140, perforado por CARBOCOL en 1979 en el pozo PAT02345.

Dimensiones	Descripción 1979	Validación 2003
Espesor	2.45	2.56
Recuperado (m)	2.35	2.35
Recuperación (%)	96%	92%

Dos pozos corazonados a los cuales se les realizo la validación para el sector Patilla, presentaron cambios en el nombramiento de mantos debido a los espesores de los partings determinados. Con la interpretación y la regular recuperación de algunos mantos, en su momento se describieron algunas capas de estéril dentro de los mantos, inferiores a 0.30 m; al reinterpretarse los registros se logro determinar que, en dos situaciones estas capas de roca estéril tenían espesores de 0.34 y 0.36 m, y que por consiguiente dividían mantos diferentes según las consideraciones de CdelC. Los mantos suprayacentes a los partings determinados se nombraron de igual modo que los mantos inmediatamente inferiores y al final se les coloco la letra U para indicar el cambio y que los geólogos de

modelamiento posteriormente determinaran con mayor certeza si eran mantos diferentes o uno de ellos corresponde a un lente localizado de carbón. En cuanto a la validación de las descripciones hechas de los núcleos de carbón, estas pasan por la misma estandarización que la que se realiza para las descripciones de los núcleos de roca estéril en la SHEET 02, es decir, la descripción realizada en prosa es llevada a los códigos descriptivos de la compañía.

7.4.2. Renombramiento de las muestras (bautismos).

Simultáneamente con la validación ply a ply de carbón, se bautizan nuevamente las muestras que fueron enviadas a los laboratorios para los respectivos análisis. Los criterios para bautizar las muestras son los mismos que se manejan en la etapa de muestreo de carbón durante la descripción de pozos.

8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CARBONES DE CDEL C

8.1. CONTROL DE CALIDAD

Aproximadamente el 70% del carbón minado es triturado inmediatamente y despachado en tren por la vía férrea de la compañía CdelC, mientras que el 30% restante es almacenado de acuerdo con su poder calorífico, contenido de cenizas y azufre. Este carbón es luego triturado e incorporado al flujo normal con el fin de ajustar la calidad del carbón despachado en un momento dado. En la mina, la calidad del carbón triturado se mide mediante el análisis de muestras tomadas por un muestreador automático. Antes de cargar el carbón en el tren, y en un lapso de tiempo inferior a dos horas, se determina la calidad del carbón por medio de análisis rápidos de laboratorio.

8.2. CARACTERÍSTICAS Y USOS DEL CARBÓN DE CDEL C

Con base en los datos que se obtienen de los análisis de laboratorio se observo que los mantos de carbón de CdelC poseen poder calorífico que varía desde 10,000 BTU/lb hasta 12,100 BTU/lb, siendo este ultimo el promedio de los valores reportados mas altos. Los productos de 6,000 kcal/kg (~11,350 BTU/lb) o menos presentan un contenido de un poco más de 11% de ceniza, mientras que para valores mayores de 6,000 kcal/kg, el contenido de ceniza está alrededor o por debajo de 10% GAR. El contenido de materia volátil del carbón de CdelC está entre 32 y 34%, al tiempo que el azufre total es menor de 0.85%.

La mayor parte del carbón explotado en el Cerrejón es utilizado en la generación de energía eléctrica, mientras que una proporción menor es empleada en la inyección de carbón pulverizado, en la industria y en la calefacción doméstica especialmente en Europa. El excelente desempeño de este carbón en varios procesos de combustión, por más de 15 años tanto en INTERCOR como en CDELC S.A., le ha permitido ocupar un lugar sobresaliente en Europa y América del Norte.

9. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA

El proceso de correlación de mantos de carbón y sus espesores en la Formación Cerrejón dentro del distrito minero es relativamente mas sencillo en comparación a las correlaciones que se pueden practicar en otros yacimientos. La suave disposición estructural de los mantos con buzamientos entre 13 y 20 grados regionalmente, facilitan la practica de correlación litoestratigrafica teniendo en cuenta la ausencia de pliegues o estructuras predominantes y de gran escala.

Actualmente en el sector Patilla, como en el resto de la mina, se explota el carbón que se encuentre a mayor facilidad de extracción para minimizar gastos, esto es, que los mantos de carbón que se encuentra plegados cerca de la Falla de Ranchería no son considerados en el planeamiento minero a corto plazo.

El procedimiento empleado en CdelC para la correlación de mantos durante la etapa de descripción se basa en los siguientes pasos:

Primero se ubica el pozo con respecto al plano de localización de las líneas de perforación, de allí se toma el pozo patrón que tiene los mantos ya nombrados y por similitud en la forma de la curva de densidad se procede a marcar los mantos en el registro del pozo que se esta describiendo.

En segundo lugar, se toman los registros de los pozos mas cercanos al que se describe, esto con el fin de verificar con mayor certeza que la marcación de mantos esta bien realizada.

Por ultimo cuando no se tiene la certeza del nombre de un manto, o si se presenta el caso de pequeños lentes de carbón sin continuidad lateral importante, se les da el nombre del manto inmediatamente inferior anteponiéndole la letra U, esto con el fin de que los geólogos de modelamiento determinen por medio del programa G-MINE, si es otro manto o es el mismo pero con un parting superior a 0,30 m.

Con una amplia fuente de información en cuanto a descripciones de pozos y sus registros, y el apoyo de geólogos conocedores expertos del yacimiento, se logró realizar mas de 25 correlaciones como parte del grupo de apoyo a los geólogos de modelamiento. A continuación se presentan dos correlaciones de dos líneas de perforación bastante representativas como parte del ejercicio de la practica, y dos correlaciones en la dirección del rumbo de los mantos para evaluar su variación geométrica en este sentido.

La información con la cual se contó para la realización de la correlación de mantos, consta de 13 líneas de perforación en las cuales existen 404 pozos abiertos y 76 pozos corazonados. Las líneas de perforación son trazadas en la dirección de buzamiento regional de los mantos, y los pozos son perforados según los requerimientos de los geólogos de modelamiento.

En la correlación hecha sobre la línea 10 se tienen los mantos desde el 100 hasta el 040 y que actualmente están siendo explotados en el pit Patilla, el techo del manto 085 fue tomado como referencia (línea roja de achurado); en esta correlación se observó que los mantos varían muy poco de espesor, variaciones que no superan los 7 cms en áreas muy localizadas, sin tendencia alguna en particular, mientras que el material estéril entre mantos sufre variaciones de espesor poco mas marcadas pero al igual sin una tendencia particular en dirección, ver Anexo C, figura 16.

La correlación realizada sobre la línea 60, se hizo con la información de pozos del bloque Patilla Sur donde se tienen los mantos del 161 al 105 (ver anexo C, figura 17). Para esta correlación se tomo como referencia el techo del manto 145 (línea roja de achurado). Los mantos 161, 160 y 159 se presentan en los pozos PAT1227A, PAT1220A y PAT1218A, y no presentan variación superior a los 3 cms en espesor; mientras que para el manto 145 se observó un engrosamiento de 18 cms en los pozos PAT1227A y PAT1220A. En cuanto al resto de mantos correlacionados, no se observaron variaciones superiores a los 6 cms, pero el material estéril especialmente entre los mantos 145 y 135 aumenta de espesor hacia el NW, debido a que aparecen sectores con lentes potentes de arenas que se pinchan hacia el SE.

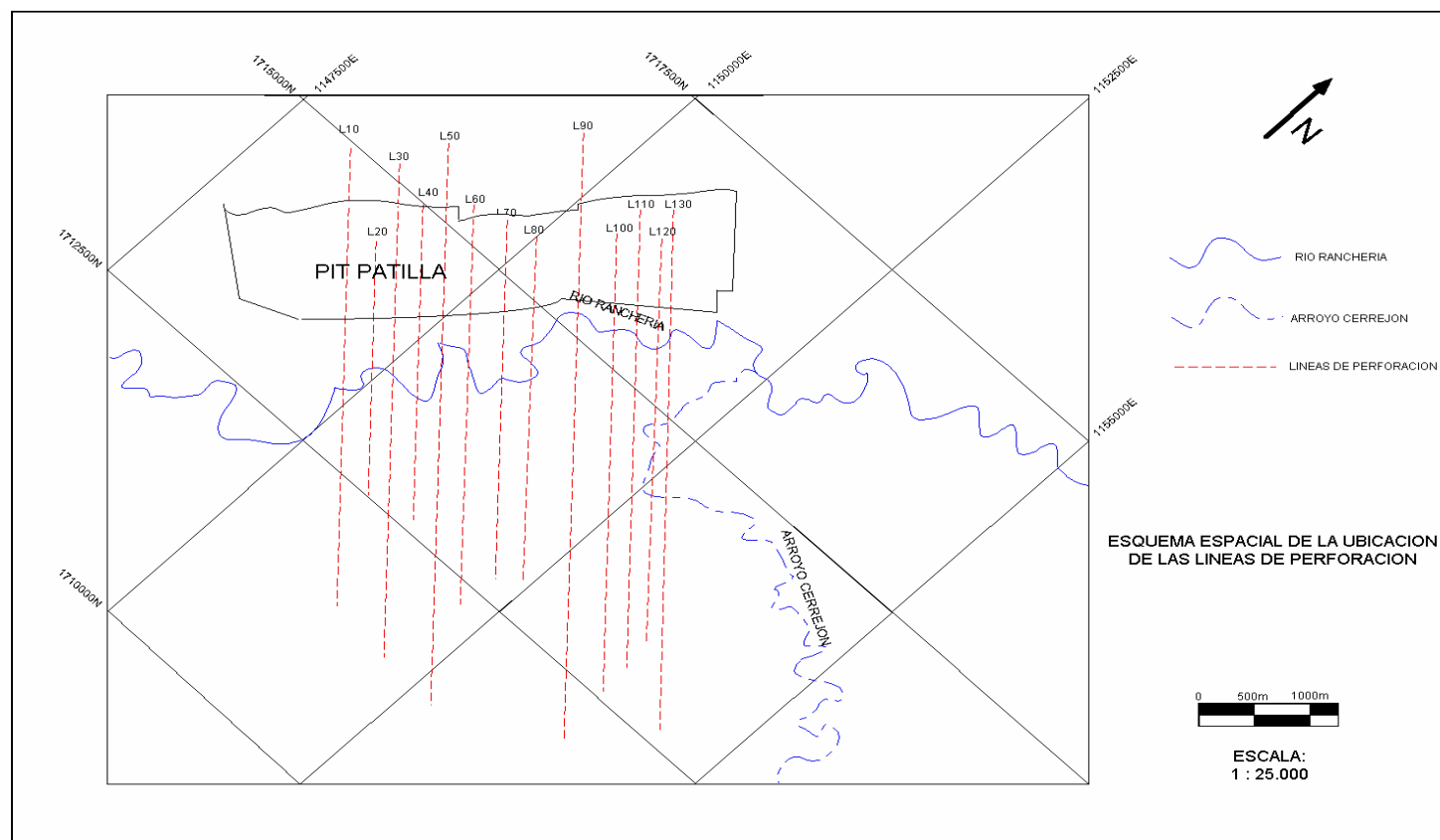
En la correlación hecha de pozos a lo largo del pit Patilla en el bloque Norte (ver anexo C, figura 18), se hacen notorias diferentes tendencias tanto de adelgazamiento como de engrosamiento de algunos mantos con dirección marcada. Los mantos 097, 085, 081, 059, 058 y 043 presenta un adelgazamiento que los lleva a pincharse hacia el SW, hasta desaparecer y no encontrarse en las áreas nuevas Decsara y Oreganal.

En los mantos 095 y 075 se observó que sufren un fuerte adelgazamiento hacia el SW; el manto 095 se reduce a una cuarta parte de lo que es su espesor hacia el NE, mientras que el manto 075 se adelgaza a la mitad de su espesor. En los mantos 080, 060, 045, 044 y 040 se encontró que estos presentan aumento de espesor hacia el SW; el manto 080 aumenta al doble su espesor, situación que ocurre al igual con los mantos 045, 044 y 040, mientras que el manto 060 aumenta su espesor de 1,39 m a 4,97 m en el mismo sentido.

En el bloque Sur de Patilla, se realizo una correlación en sentido del rumbo de los mantos (ver anexo C, figura 19), con el fin de evaluar las

variaciones geométricas que estos podrían presentar. En esta correlación, se notó que los mantos 150 y 115, se adelgazan, el 115 aproximadamente a la mitad del espesor visto hacia el NE y el 150 se adelgaza de 1,17 m a 0,34 m hacia el SW. Los mantos 161, 159, 154, 133 y 116 se adelgazan al punto de pincharse y no encontrarse en las nuevas áreas. Para los mantos 170, 160, 155, 135 y 120 se observó que sufren engrosamiento hacia el SW, el manto 170 duplica su espesor, mientras que el manto 160 aumenta casi 4 veces el espesor observado en el pozo mas al NE de la correlación realizada; el manto 155 presenta el aumento de espesor mas marcado, aumentando este en mas de 4 veces al observado hacia el NE; los mantos 135 y 120 presentan un aumento de espesor del orden de 2,5 m.

Figura 16. Localización espacial de las líneas de perforación en el sector Patilla.



CONCLUSIONES

Por medio de la validación se pudo unificar la información que existía de las anteriores campañas exploratorias; llevándolos a los nuevos estándares que el proceso de fusión de las compañías INTERCOR Y CARBONES DEL CERREJON S.A., ahora CDELC LLC implanto. Ya que esta se habían obtenido bajo estándares, herramientas y criterios diferentes.

Por medio del proceso de validación se contribuyó a mejorar la planeación de los pozos exploratorios para las campañas actuales; cerrando las mallas de exploración; buscando esclarecer objetivos específicos que contribuyeran a mejorar el modelo geológico, para obtener una grado mayor de certeza.

La validación de los registros eléctricos, sus respectivos picking, para determinar los pisos y techos de los mantos de carbón, su espesor, posición en profundidad en el yacimiento, la relación existente entre los mantos de carbón y el esteril, la correlación de mantos; más la descripción de los pozos corazonados y abiertos; originaron una base de datos; que se convirtió en el grueso de información que alimentó el modelamiento geológico y así realizar el calculo de reservas actuales del Sector de PATILLA por parte de los geólogos de modelamiento.

Gracias a que se recalco la determinación del nivel de meterorización de la zona de estudio; se contribuyo a una optimización de los costos de producción en el sector ya que conocer la relación que existe entre el descapote y la profundidad con certeza, disminuye los costos de voladura.

Esta profundidad fue determinada de toda la información geológica y geofísica disponible de registros geofísicos y descripciones de los pozos corazonados y abiertos.

Económicamente el proceso de validación contribuyó con la disminución de costos; ya que pensar en una nueva fase exploratoria, le significaría a la compañía una gran inversión.

Tanto los registros de pozos, como las perforaciones corroboran la continuidad lateral hacia el sector Patilla del 80% de los mantos de carbón.

La calibración de los antiguos registros de pozos, en su mayoría, exhiben una notoria variación en los valores de profundidades y espesores de los mantos; con la validación de los pozos, se logran valores mas exactos que a su vez generan valores de calculo de reservas de mayor confiabilidad.

Las estructuras de cabalgamiento de las fallas Cerrejón y Ranchería, provocan la repetición del 70% de los mantos presentes en el sector Patilla, esta repetición hace que la productividad de este sector con relación a los demás sea mejor.

Aunque se observe variación de espesor de algunos mantos, no es prominente una tendencia regional de estos en cuanto a adelgazamiento o engrosamiento hacia una dirección específica.

BIBLIOGRAFIA

ANGLO AMERICAN TECHNIQUES SERVICES (AATS). 1999. Carbones del Cerrejón S.A. Feasibility study: Expansion to 9 Mtpa.

ANGLO AMERICAN TECHNIQUES SERVICES (AATS). 2000. Carbones del Cerrejón S.A. Feasibility study: Expansion to 9 Mtpa.

CARBOCOL. 1983. Geología del sector Patilla.

Estándares de descripción. Base de datos CdelC.

FIRTH, D. 2002. Log análisis for mining application. REEVES. 49 – 56 p.

GRANT, D. 1999. Informe Carbones del Cerrejón. Deformation of the Cerrejón Formation in part of the Carbones del Cerrejón mine lease area César Valley, Colombia.

HARDING, T.P. 1982. Structural Interpretation of the Northeastern Portion of the Cerrejón Coal Deposit. División de Exploración de la Compañía EXXON.

KELLOGG, J. N. Y BONINI, W. E. 1982. Subduction of the Caribbean Plate and Basement Uplifts in the Overriding South American Plate. Departamento de Ciencias Geológicas y Geofísicas. Universidad de Princeton, New Jersey. 251 – 276p.

STRATIGRAPHY & GEOLOGICAL STRUCTURES STUDIES. 1999. Carbones del Cerrejón S.A.

VAN DER MERWE, S. W. 1999. Geotectonic Development of and Sedimentation in the Northwestern Part of South America during the Mesozoic and Cenozoic. Departamento de Servicios Geofísicos Anglo American. Sudafrica. 1 - 16 p.

VAN DER MERWE, S. W. 2002. Structural Development of the Cerrejón Coal Deposit: A Discussion of the Style of Deformation and a Catalogue of Observations. Consultoria Geológico / Estructural para Carbones del Cerrejón. Sudafrica. 45 p.

ANEXO A

Codigos de descripción CdeIC.

LOG BASIS CODE		LITHOLOGICAL QUALIFIER		PERMEABILITY		TECTONIC DESCRIPTION		FOSSIL ASSOCIATION	
C	Chipa from openhole	AM	Amalgamoid	GL	Glaucophitic	1	Impermeable	1	0 - 100mm
D	core from diamond drill	AP	Aphanitic	GN	Granular	2	Slightly Impermeable	2	101 - 1000mm
G	geophysical log	BA	Banded	GR	Grity	3	Moderately Permeable	3	> 1000mm
O	Openhole and Geophysical log	BC	dull and bright	HD	hardpan	4	Permeable	4	with slickensides
X	core and geophysical log	BI	Biturbated	HI	Irity	5	blocky fractures	5	on fault plains
MAIN LITHOLOGY		BL	Blocky	HM	Heavy Materials	BEDDING SPACING		C	curved
AL	Aluminum	BO	Boulders	ID	Indurated	0	Thinly laminated < 6mm	G	rough
BO	Boulders	BS	With Bright Streaks	KO	Kaolinitic	1	Thickly Laminated 6 < 20 mm	H	horizontal
C1	Coal > 90% Bright	CO	Bright	LM	Laminated	2	Very Thinly Bedded 20-60 mm	L	lenticular
C2	Coal 60-90% Bright	C1	> 90% Bright	LN	Lenses	3	Thinly Bedded 60-200 mm	M	smooth
C3	Coal 40-60% Bright	LI	Limestone	MA	Massive	4	Medium Bedded 200-600 mm	O	conchoidal fractures
C4	Coal 10-40% Bright	LV	Lava	MD	Muddy	5	Thickly Bedded 600-2000 mm	P	planar
C5	Coal < 10% Bright	MD	Mudstone	MI	Micaceous	6	Thickly Bedded > 2000 mm	R	reverse
C6	Coal Dull < 1% Bright	MP	Metamorphic Rock	ML	Medium Laminated	SEDIMENTARY TYPE		S	stratified
CT	Coal, Densest	NL	Not Logged/No Record	O6	Dull, < 1% Bright	SH	Horizontal burrows	T	stepped
CS	Coal, Burnt	NR	No Recovery	CT	Crystallized	BI	with biturbation	U	undulating
CS	Coal, Weathered	OA	Alluvial Soil	CB	Burnt	EC	erosive contact at base	MECHANICAL STATE	
CA	Caliche	OI	Oil shale	C9	Weathered	GC	gradational contact at base	S1	Solid Core
CB	Coal, Bright	OR	Residual Soil	CA	Calitic	HB	horizontal bedded	S2	Broken Core
CC	Coal, Cannel	OS	Secondary Soil	CB	Carbonaceous	HC	horizontal contact at base	S3	Very Broken Core
CD	Coal, Dull	OW	Old Workings	CC	Cannelly	IB	interbedded	S4	Fragmented Core
CE	Cobbles	PE	Pebble Bed	CD	Dull	IC	inclined contact	STRENGTH	
CH	Chert	PO	Polymictic	CE	Coal Laminar	IL	interlaminated	DE	Dense
CL	Coal, Lustrous	OZ	Quartzite	CH	Cherty	LA	laminar	H1	Very Hard
CM	Conglomerate	RB	Rubble	CL	Lustrous	LE	lenticular	H2	Hard
CO	Coal	RH	Rhyolite	CM	Conglomeratic	MA	massive	H3	Moderately Weak Rock
CS	Claystone	SA	Sand	CN	Chilled Contacts	MB	medium bedded	H4	Moderately Strong Rock
CT	Torbanite	SC	Schist	CO	Coaly	MI	micaceous bedding planes	H5	Strong Rock
CX	Coal, Mixed	SD	Sandstone	CR	Calcareous	MX	ripple cross laminated	H6	Very Strong Rock
CY	Clay	SE	Shale/Siltstone	CS	Cobbles	SB	thin bedded	H7	Extremely strong Rock
DB	Dabase	SH	Shale	CT	Clayey	SK	stacked sets	LO	Loose
DI	Diamictite	SI	Silt	CY	Clayey	SU	slump structures	SC	Slightly Cemented
DL	Coal, Dull Lustrous	SL	Siltstone/Sandstone	DI	Diamictic	TB	thick bedded	X1	Very Soft
DM	Dolomite	SO	Soil	DL	Dull Lustrous	TX	through cross bedded	X2	Soft
DO	Dolomite	SR	Seasouth	DM	Dolomitic	UC	coarsening up	X3	Firm
FE	Ferricrete (Latente)	SS	Sandstone/Siltstone	DO	Dolomitic	UF	fining up	X4	Stiff
FS	Felsite	ST	Siltstone	FE	Ferruginous	VB	with vertical burrows	X5	Very Stiff
GA	Granite	SX	Shale/Sandstone	FI	Fissile	XB	cross bedded	FOSSIL ABUNDANCE	
GB	Gabbro	TS	Silt	FL	Thinly Laminated	XL	cross laminated	A	abundant
GR	Grit	VQ	Vein Quartz	FO	Fossiliferous	TECTONIC TYPE		F	few
WEATHERING		FP	Feldspathic	FX	Finely Crystalline	C	with cleats	O	occasional
SHADE		BZ	Brechia Zone	TECTONIC TYPE		C	with cleats	R	rare
CW	Completely Weathered	D	Dark	GRAIN SIZE		J	with joints	S	scattered
F	Fresh	L	Light	B	Boulders	S	with slickensides	FOSSIL TYPE	
HW	Highly Weathered	M	Medium	C	Cobbles	W	with filled joints	AC	amorphous clay
MW	Moderately Weathered	P	Pale	CF	Coarse to Fine Grained	TECTONIC SPACING		AN	ankerite
SW	Slightly Weathered	S	Speckled	CG	Coarse Gravel	0	extremely closely spaced < 5 mm	BI	biotite
HUE		V	Vanegated	CM	Coarse to Medium Grained	1	extremely closely spaced 5 < 20mm	CA	calcite
COLOUR		SORTING		CR	Coarse Grained	2	very closely spaced 20 < 60 mm	CH	chert
B	Brownish	B	Brown	CS	Coarse Grained	3	closely spaced 60 < 200 mm	FE	ferruginous
E	Greenish	C	Green	CY	Clay	4	moderately spaced 200 < 600 mm	FO	fossils
G	Greyish	E	Green	F	Fine	5	moderately spaced 600 < 2000 mm	GL	glaucophane
K	Blackish	F	Bluff	FG	Fine Gravel	6	extremely widely spaced > 2000 mm	GP	garnet
L	Bluish	G	Grey	FG	Fine Grained	POROSITY		HE	hematite
O	Orange	K	Black	FS	Fine Sand	H	High Porosity	LI	limonite
P	Pinkish	L	Blue	POROSITY		M	Medium Porosity	MU	muscovite
R	Reddish	O	Orange	1	Well Sorted	TECTONIC TYPE		PL	plant fragments
U	Purplish	P	Pink	2	Moderately Sorted	C	with cleats	PY	pyrite
W	Whitish	R	Red	3	Poorly Sorted	J	with joints	QT	quartz
Y	Yellowish	U	Purple	4	Bimodal Sorting	S	with slickensides	RO	rosetts
		W	White			W	with filled joints	SR	sericite
		X	Black and						
		Y	Yellow						

ANEXO C

Figura 17. Correlación general de mantos y espesores en la línea 10.

Figura 18. Correlación general de mantos y espesores en la línea 60.

Figura 19. Correlación general de mantos y espesores en Patilla Norte.

Figura 20. Correlación general de mantos y espesores en Patilla Sur.

FIGURA 17. CORRELACION GENERAL DE MANTOS Y ESPESORES EN LA LINEA 10

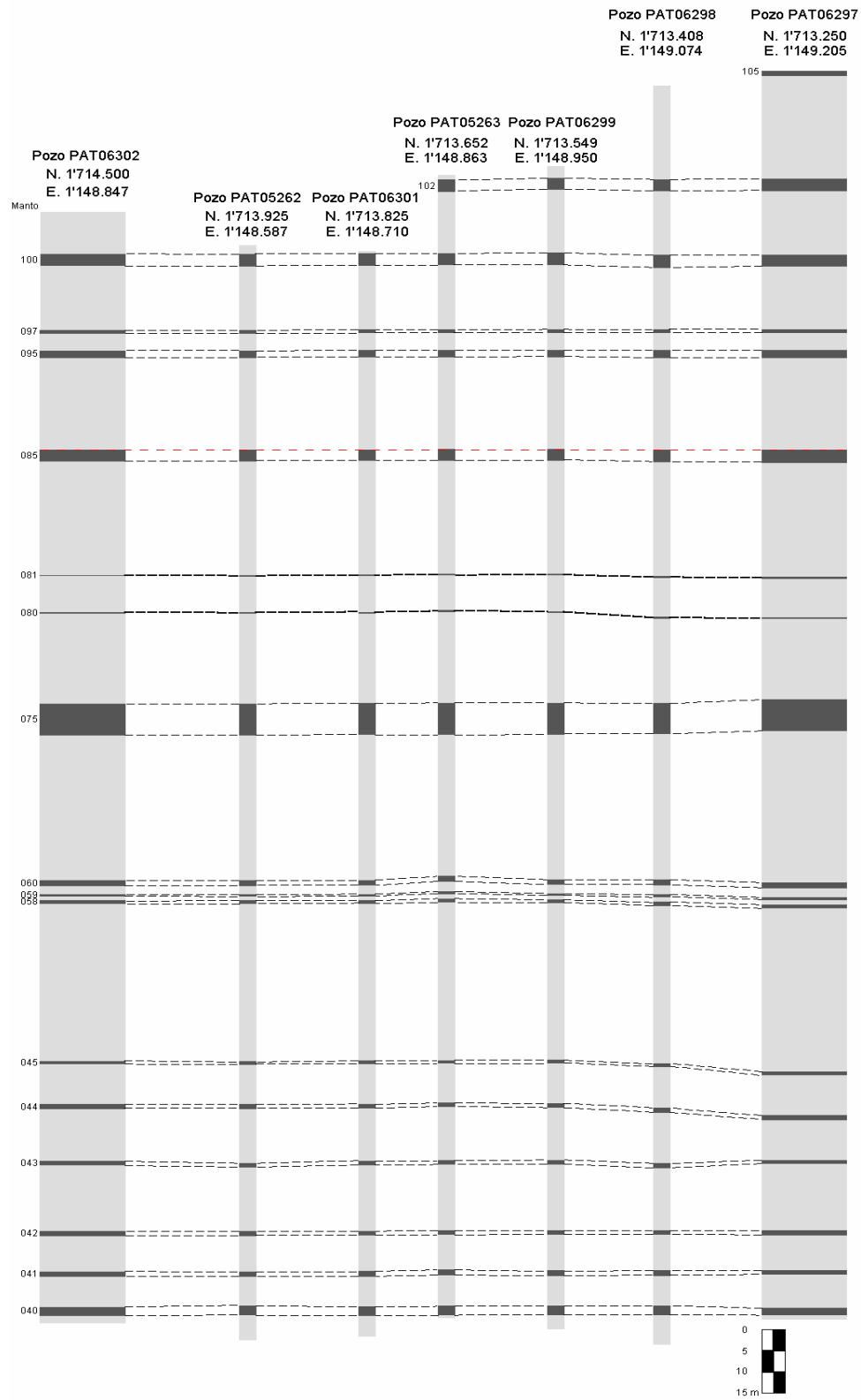


FIGURA 18. CORRELACION GENERAL DE MANTOS Y ESPESORES EN LA LINEA 60

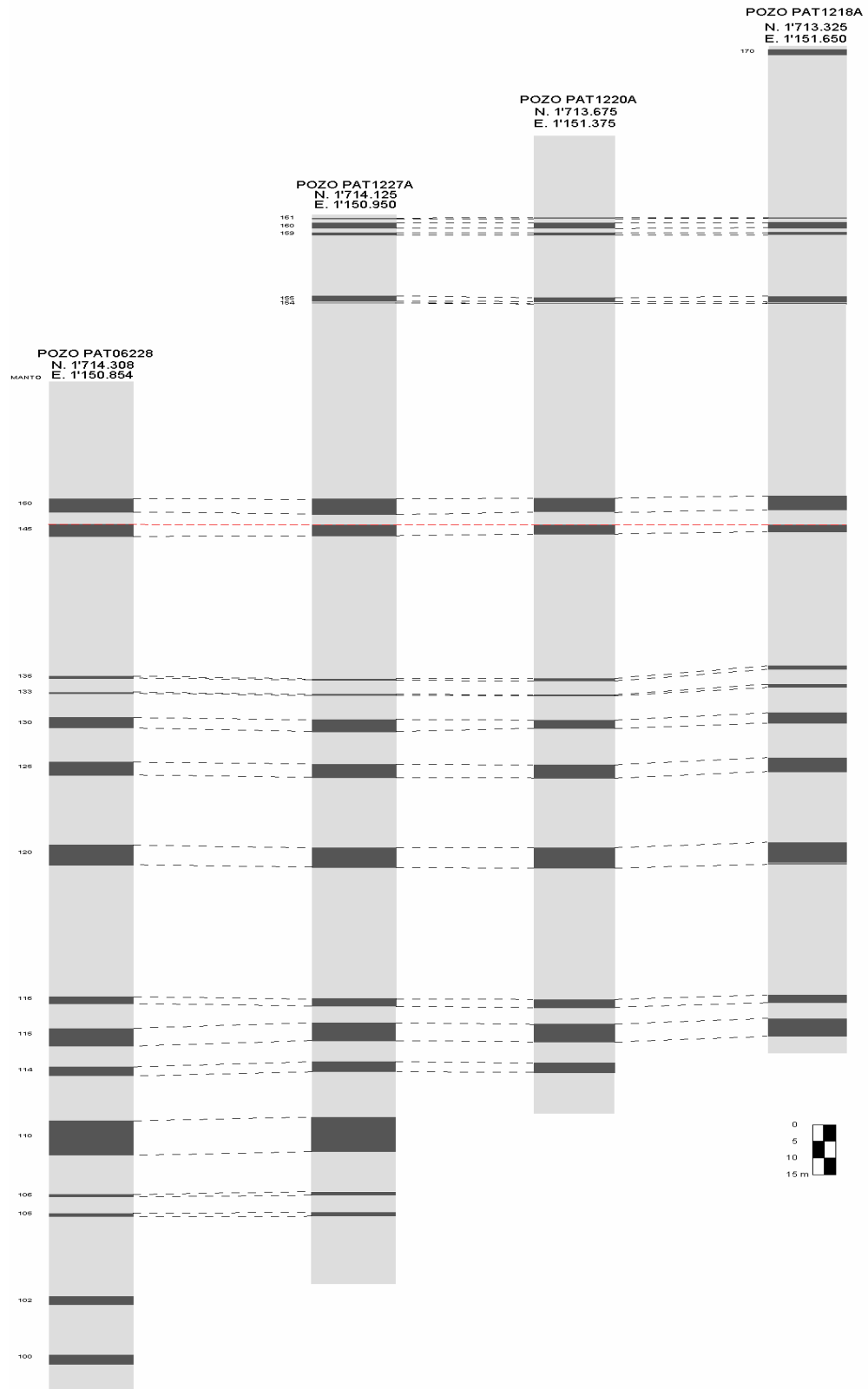


FIGURA 19. CORRELACION GENERAL DE MANTOS Y ESPESORES EN PATILLA NORTE

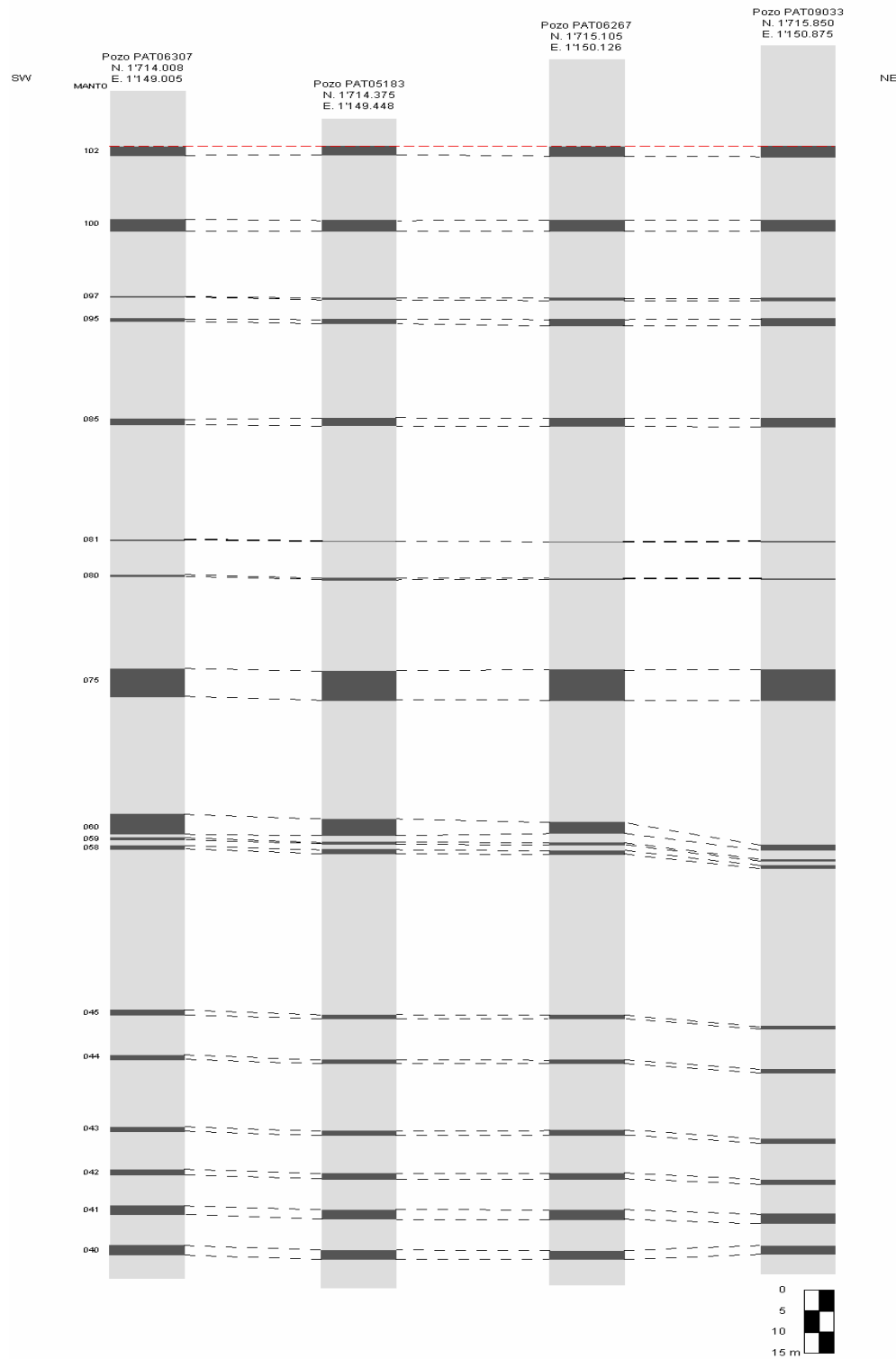


FIGURA 20. CORRELACION GENERAL DE MANTOS Y ESPESORES EN PATILLA SUR

