

**NUEVA METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS O DILUCIÓN  
DE CARBÓN EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DEL TECHO Y PISO EN MANTOS  
DEL SECTOR A, MINA CALENTURITAS.**

**GUSTAVO ARTURO CERCHIARO VASQUEZ  
COD: 201110054399**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2018**

**NUEVA METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS O DILUCIÓN  
DE CARBÓN EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DEL TECHO Y PISO EN MANTOS  
DEL SECTOR A, MINA CALENTURITAS.**

**GUSTAVO ARTURO CERCHIARO VASQUEZ  
COD: 201110054399**

***“Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Geólogo en la modalidad de práctica empresarial”.***

***Asesor temático*  
CAROLINA PEREZ POMBO  
Ingeniero Geólogo**

**Asesor metodológico  
LUIS CARLOS TAPIA VELA  
Docente Académico**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2018**

Nota de aceptación

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

Valledupar y Fecha.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecer a Dios por haber hecho posible todo mi proceso de aprendizaje, porque gracias a su ayuda he logrado alcanzar grandes metas sin renunciar a superarlas, por el pan de cada día y por la salud que hoy gozo.

A mi madre Mercedes Vasquez que luchó por brindarme la posibilidad de formarme académicamente y porque gracias a ella no desistí en superar mis metas.

A mi hermano Ricardo Cerchiaro porque fue fuente de apoyo para enfocarme en lo que necesito.

A mi padre Jose Luis Cerchiaro que aunque no sea presente su apoyo, de una o de otra manera puso su granito de arena en mí.

A todo el personal del Grupo Prodeco que me dio la oportunidad de ser parte de esta familia de progreso y a los más allegados, gracias no solo por el aprendizaje sino también por brindarme parte de su amistad.

A los amigos que considero hermanos.

A todo el personal de la FUAA en especial Fabio Carrillo, Elías Rojas, Luis Carlos Tapia, Detmer Pitre y compañeros de clase por contribuir a una formación profesional integra y exitosa.

Por ultimo a todos los nombrados por su paciencia, por sus consejos, asesorías y sus regaños.

*Dedicado a mi madre, Mercedes Helena Vasquez Ramirez.  
"Tendrás en abundancia, hasta saciarte y alabarás a Dios, que hará maravillas por ti.  
Nunca te avergonzarás."  
Joel 2:26*

## RESUMEN

**TÍTULO:** NUEVA METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS O DILUCIÓN DE CARBÓN EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DEL TECHO Y PISO EN MANTOS DEL SECTOR A, MINA CALENTURITAS.

**AUTOR:** CERCHIARO VASQUEZ, GUSTAVO.

**PALABRAS CLAVES:** Carbón, Pérdidas, Control de Calidad, Registros, Mina.

**DESCRIPCIÓN:** El modelo ROM es el resultado de la aplicación de los valores de limpieza en techo y recuperación en piso de los mantos de carbón para obtener los espesores mínimos minables de carbón. En la mina Calenturitas se desconoce del procedimiento para la toma de información que dio resultado en los parámetros que se tienen en cuenta del modelo ROM. Con el presente proyecto se tiene propuesto establecer el instructivo para la toma de datos y cuantificación de pérdidas y dilución en techo y piso de los mantos de carbón.

Para la realización del análisis cuantitativo se establecieron 2 ejercicios, descapote y pozos, donde se toman datos en el techo y piso del manto luego del proceso de limpieza en techo y recuperación en piso para determinar los valores en centímetros de espesor de pérdidas o dilución.

El presente proyecto explica el procedimiento para la toma de datos, las hojas de cálculo utilizadas para cuantificar las pérdidas o dilución y presenta un ejemplo para explicar paso a paso el análisis en general.

También se realizó un cálculo de volúmenes de los bloques de carbón para estimar la cantidad total de tonelaje existente en el manto de carbón minado, además de definir las variaciones que hay en la toma de datos con cinta métrica y el reporte de carbón cargado.

## ABSTRACT

**TITLE:** NEW METHODOLOGY FOR THE QUANTIFICATION OF LOSS OR DILUTION OF CARBON IN THE CLEANING PROCESS OF THE ROOF AND FLOOR ON SEAMS OF THE SECTOR A, CALENTURITAS MINE.

**AUTHOR:** CERCHIARO VASQUEZ, GUSTAVO.

**KEYWORDS:** Coal, Loss, Quality Control, Logs, Mine.

**DESCRIP.:** The ROM Model is the result of the application of the cleaning roof and floor recovery values of the coal seams to obtain the minimum minable coal thicknesses. In the Calenturitas mine, the procedure for collection data that resulted in the parameters that take into account the ROM model is unknown. The present project is proposed to establish the instructions for the data collection and quantification of losses and dilution in roof and floor of the coal seams.

For the accomplishment of the quantitative analysis, 2 exercises were set up, Descapote and Pozos, where data are taken on the roof and floor of the seam after the roof cleaning process and floor recovery to determine the values in centimeters of loss or dilution thickness.

The present project explains the procedure for collection data, spreadsheets used to quantify losses or dilution and provides an example to explain step by step analysis in general.

A calculation of volumes of the coal blocks was also carried out to estimate the total tonnage of coal mines, besides to define the variations in the data collection with tape measure and report of loaded coal.

## CONTENIDO

Pag.

1.	INTRODUCCIÓN .....	13
2.	PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	14
2.1	BREVE RESEÑA HISTORICA.....	14
2.2	ASPECTOS ESTRATEGICOS .....	15
2.3	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	15
2.4	PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS .....	16
3.	INFORME DE GESTIÓN .....	17
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRACTICA .....	17
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
5.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	19
6.	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	19
7.	OBJETIVOS.....	20
7.1	OBJETIVO GENERAL .....	20
7.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
7.3	RESULTADOS ESPERADOS .....	20
8.	MARCO DE REFERENCIA.....	21
8.1	ANTECEDENTES GEOGRAFICOS .....	21
8.2	MARCO INVESTIGATIVO .....	24
8.3	MARCO LEGAL .....	25
9.	MARCO TEORICO .....	26
9.1	TEMA DISCIPLINAR .....	26
9.1.1	CONCEPTOS BASICOS .....	26
9.1.2	MARCO GEOLÓGICO.....	27
9.2	TEMA ESTRATEGICO QUE SE PROPONE EN LA INVESTIGACIÓN .....	35
10.	MARCO METODOLÓGICO.....	37
10.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN: CUANTITATIVA.....	37
10.2	METODO DE INVESTIGACIÓN .....	37
10.3	ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	38
10.4	TECNICAS DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	38
10.4.1	DESCAPOTE.....	42
10.4.2	POZOS .....	47
10.5	TECNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	56
10.5.1	BASE DE DATOS PARA CUANTIFICAR LAS PERDIDAS O DILUCIÓN EN TECHO Y PISO DE CARBÓN .....	56
10.5.2	LEVANTAMIENTO DE BLOQUES DE CARBÓN Y CALCULO DE VOLUMENES.....	61
10.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
11.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DISEÑADA.....	66

11.1.1	DEFINICIÓN DE POZOS DE VOLADURA BAJO MANTO.....	66
11.1.2	DESCRIPCIÓN DE REGISTROS GAMMA .....	66
11.1.3	LEVANTAMIENTO DE PUNTOS.....	69
11.1.4	ANÁLISIS CUANTITATIVO .....	71
11.1.5	CALCULO DE VOLUMENES .....	71
11.1.6	RESULTADOS .....	72
12.	CRONOGRAMA.....	74
13.	LOGROS ALCANZADOS.....	75
13.1	IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE .....	76
13.2	LIMITACIONES.....	76
14.	CONCLUSIONES.....	78
15.	RECOMENDACIONES .....	79
16.	Bibliografía.....	80
17.	ANEXOS .....	82

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Informe de gestión.....	18
Tabla 2: Coordenadas planas de la concesión 044-89. ....	23
Tabla 3: datos a calcular .....	56
Tabla 4: Tabla dinámica con los resultados. ....	64
Tabla 5: Resultados del cálculo de volúmenes. ....	65
Tabla 6: Calculo total de carbón, manto 170.....	73
Tabla 7: Cronograma de actividades.....	74
Tabla 8: Porcentaje de cumplimiento obtenido. ....	75

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Organigrama de la estructura organizacional de la empresa.....	15
<i>Ilustración 2: Mapa de ecorregiones de Corpocesar modificado.....</i>	<i>21</i>
Ilustración 3: Mapa Distrito Minero del Cesar.....	22
Ilustración 4: Ubicación geográfica de la mina Calenturitas. Fuente: Servicios Técnicos mina Calenturitas. ....	23
Ilustración 5: Mapa de ubicación, Proyectos Carboníferos Departamento del Cesar, Fuente: INGEOMINAS (actualmente Servicio Geológico Colombiano). ....	24
Ilustración 6: Ubicación de la cuenca Cesar Ranchería. Fuente: Autor. ....	28
Ilustración 7: Mapa Geológico generalizado de la cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Análisis Tectonoestratigráfico y de procedencia en la subcuenca de Cesar; Ayala Rosa 2009.....	29
Ilustración 8: Columna estratigráfica de la cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería, Agencia Nacional de Hidrocarburos 2007. ....	30
Ilustración 9: Evolución estructural Cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería, Agencia Nacional de Hidrocarburos 2007.....	32
Ilustración 10: Sinclinatorio del Distrito Minero de la Jagua. Fuente: Minercol 2004.....	33
Ilustración 11: Sectores de la mina Calenturitas. Fuente: Servicios Técnicos, Prodeco. ....	34
Ilustración 12: Mapa litológico de las planchas 41 (2015) y 48 (2002) del SGC con el mapa de trazas de los carbones de la mina Calenturitas (Servicios Técnicos, Prodeco). ....	35
Ilustración 13: Proceso cuantitativo. Fuente: Metodología de la investigación – Sexta Edición, Hernández Sampieri 2014.....	38
Ilustración 14: Partes del manto de carbón. Fuente: Prodeco modificado por el autor. ....	39
Ilustración 15: Descapote. Fuente: Autor. ....	39
Ilustración 16: Limpieza del bloque de carbón. Fuente: Autor.....	40
Ilustración 17: Estandarización del Área de Apilamiento. Fuente: Autor. ....	40
Ilustración 18: Apilamiento de carbón. Fuente: Autor.....	41
Ilustración 19: Esquema explicativo del método Descapote. ....	43
Ilustración 20: Toma de puntos Techo Sano.....	45
Ilustración 21: Toma de puntos Techo Limpio.....	46
Ilustración 22: Toma de puntos Apique.....	46
Ilustración 23: Toma de puntos Piso Recuperado.....	47
Ilustración 24: Esquema explicativo del método Pozos.....	48
Ilustración 25: Registro de pozo de Voladura Bajo Manto.....	48
Ilustración 26: Mapa del Plan de Perforación y Voladura del día 29 de septiembre 2017. Fuente: Prodeco.....	50
Ilustración 27: Registro Gamma del pozo A781BF38P16. Fuente: Prodeco.....	51
Ilustración 28: Driller Report de la Voladura A781B. Fuente: Prodeco.....	51
Ilustración 29: Base Drill. Fuente. Autor.....	53

Ilustración 30: Descripción de registros Gamma en el software Century Geophysical Corp. Fuente: Prodeco modificado para la explicación. ....	54
Ilustración 31: Base de datos de la Voladura A781B DRILL. Fuente: Autor modificado para la explicación. ....	55
Ilustración 32: CAL_PERDIDAS_DB datos generales. ....	57
Ilustración 33: CAL_PERDIDAS_DB coordenadas y elevación de los puntos de carbón. ....	57
Ilustración 34: CAL_PERDIDAS_DB cálculo de pérdidas en techo y piso. ....	58
Ilustración 35: CAL_PERDIDAS_DB cálculo de pérdidas en techo y piso del CAT Terrain. ....	59
Ilustración 36: Formula para el cálculo del espesor real. ....	59
Ilustración 37: DIN_RESULTADOS Hoja de Resultados. ....	60
Ilustración 38: Puntos a levantar del bloque de carbón. ....	61
Ilustración 39: Registro Gamma del pozo A781BF38P16. Fuente: Prodeco. ....	67
Ilustración 40: Registro Gamma del pozo A781BF44P16. Fuente: Prodeco. ....	67
Ilustración 41: Registro Gamma del pozo A733GF17P17. Fuente: Prodeco. ....	68
Ilustración 42: A781B DRILL. Fuente: Autor. ....	68
Ilustración 43: A733G DRILL. Fuente: Autor. ....	69
Ilustración 44: Manto 170 aun sin descapotar. ....	69
Ilustración 45: Cabeza del Manto 170 después de la limpieza. ....	70
Ilustración 46: Piso del manto 170 después del minado. ....	71
Ilustración 47: CAL_PERDIDAS_DB datos del ejercicio del manto 170. ....	71
Ilustración 48: Techo del manto 170. ....	72
Ilustración 49: Piso del manto 170. ....	72
Ilustración 50: Resultados del cálculo de pérdidas o dilución del manto 170. ....	73
Ilustración 51: Resultado del cálculo de volumen, manto 170. ....	73
Fotografía 1: Equipo topográfico utilizado para el levantamiento de puntos. ....	42
Fotografía 2: Techo sano del manto 180. ....	44
Fotografía 3: Techo sano del manto 330. ....	44
Fotografía 4: Apique durante el minado del manto 220. ....	45
Fotografía 5: Equipo de registro. ....	49
Fotografía 6: Techo limpio del manto atravesado por un pozo. ....	49
Fotografía 7: Voladuras Bajo Manto pertinentes al manto 170 nivel 7 Occidental Sector A. Fuente: Prodeco. ....	66

## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de grado como modalidad de prácticas empresariales sirve como aporte potencial a la calidad de formación profesional además de brindar la oportunidad de entrar en el medio laboral aplicando los conocimientos que se obtuvieron en el proceso de aprendizaje académico. El vínculo entre el estudiante universitario y la compañía asignada en el medio exige alcanzar unos logros que serán de aporte tanto para la empresa como para la institución, generando un enriquecimiento en el conocimiento del estudiante.

El presente trabajo se realizó con la colaboración de la empresa C.I. Prodeco, propietaria de la mina Calenturitas ubicada entre los municipios El Paso, La Jagua de Ibirico y Becerril; en el departamento de Cesar, al norte de Colombia. Calenturitas es una mina a cielo abierto que produce carbón térmico bajo en azufre y de alto poder calorífico. Gracias a su infraestructura de manejo de carbón, la mina Calenturitas es capaz de triturar entre 15 y 17 millones de toneladas de carbón al año y de cargar hasta 23 millones de toneladas en los trenes cada año.

El área de Geología hace parte del departamento de Servicios Técnicos, siendo esta área la encargada en la supervisión en el proceso de minado de Carbón y control del depósito con respecto al avance de minería. El propósito asignado al practicante fue de calcular cuánto carbón se pierde o diluye en el proceso de limpieza o recuperación de techo y piso, estudio que servirá de aporte para el cálculo de espesores mínimos minables que se realiza para obtener el modelo ROM.

El presente proyecto tiene como fin proponer, evaluar y sustentar la técnica necesaria para la cuantificación de pérdidas o dilución de Carbón en el proceso de limpieza. Para crear el procedimiento se realizaron mediciones por levantamiento topográfico en puntos del techo y piso de los mantos de Carbón, dando así como resultado valores en unidades centimétricas de cuanto Carbón se pierde o diluye luego de la limpieza realizada por el equipo asignado. Para alcanzar el objetivo se necesitó de los conocimientos adquiridos en la institución universitaria además del entrenamiento y asesoría de parte de la empresa.

Ya que el procedimiento para la toma de datos no está establecido, la metodología del proyecto estaba ligada al proceso “prueba, error” para así lograr determinar si la toma de datos es justificación para la entrega de resultados. Se definieron 2 ejercicios para la recopilación de información, como son, levantamiento topográfico de puntos en el techo y piso de los mantos previo y posterior al proceso operativo de limpieza, un análisis entre los registros de pozos de registro y levantamiento de los puntos donde se registró el carbón.

## 2. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA



El Grupo Prodeco está conformado por: C.I. Prodeco S.A., propietaria de la mina Calenturitas y de la operación ferroviaria de transporte de carbón; Carbones de la Jagua S.A., Consorcio Minero Unido S.A. y Carbones El Tesoro S.A., propietarias de la mina La Jagua; y Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A., propietaria del puerto de exportación de carbón Puerto Nuevo. El grupo comprende las operaciones de Glencore en Colombia para la exportación de carbón térmico y metalúrgico y su infraestructura asociada. Exploran, producen, transportan y embarcan carbón térmico y metalúrgico de alto grado con destino a los mercados en Europa, América y Asia, con más de trece años, con participación del 22% en el mercado, se postulan como el tercer productor de carbón térmico en Colombia.



C.I. Prodeco S.A. desarrolla la explotación de la mina Calenturitas, la cual se ubica entre los municipios El Paso, La Jagua de Ibirico y Becerril; en el departamento de Cesar, al norte de Colombia.

La presente propuesta fue desarrollada en Calenturitas, mina a cielo abierto que produce carbón térmico bajo en azufre y de alto poder calorífico. Gracias a su infraestructura de manejo de carbón, la mina Calenturitas es capaz de triturar entre 15 y 17 millones de toneladas de carbón al año y de cargar hasta 23 millones de toneladas en los trenes cada año.

### 2.1 BREVE RESEÑA HISTORICA

- **1995:** Glencore adquiere a Prodeco (incluyendo Puerto Zúñiga, la mina de Calenturitas y la mina de Cerrejón Central).
- **2004:** El Grupo Prodeco inicia operaciones en la mina de Calenturitas.
- **2005:** Glencore adquiere la mina de Carbones de La Jagua.
- **2006:** Glencore adquiere el 36% de la red ferroviaria del norte de Colombia concesionada a Fenoco S.A. Glencore adquiere la mina Consorcio Minero Unido.
- **-2007:** Glencore adquiere la mina de Carbones El Tesoro, completando así la adquisición del 100% de la mina La Jagua.
- **2008:** Prodeco inicia el transporte de carbón por tren.
- **2009:** Se inicia la construcción en Ciénaga del puerto de exportación de carbón Puerto Nuevo.
- **2010:** El Grupo Prodeco produce 10 millones de toneladas de carbón.
- **2011:** El Grupo Prodeco produce 14 millones de toneladas de carbón.
- **2013:** El Grupo Prodeco produce 18 millones de toneladas de carbón. Puerto Nuevo inicia operaciones en Ciénaga con el sistema de cargue directo.

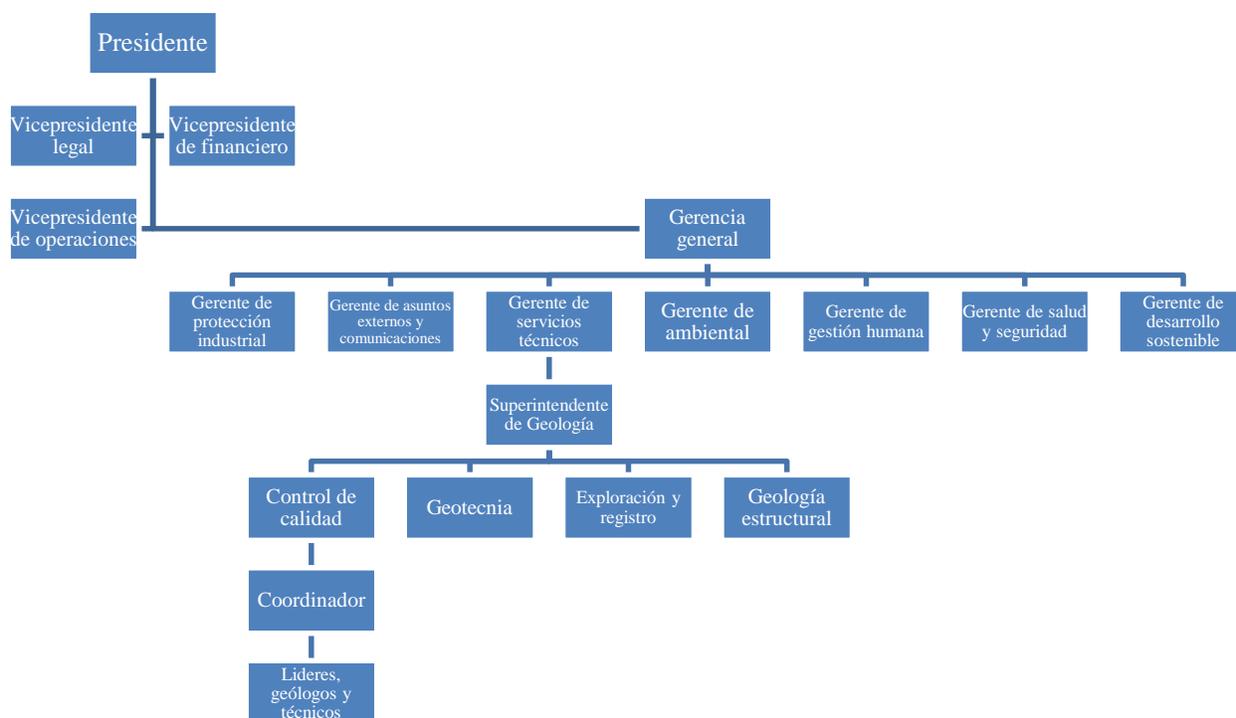
- **2014:** Prodeco dirige sus estrategias sociales en Educación, Generación de Ingresos y Fortalecimiento de las Capacidades Locales.

## 2.2 ASPECTOS ESTRATEGICOS

**Misión:** Contribuir con la viabilidad de la operación, previniendo, mitigando y compensando los impactos y riesgos sociales y ambientales de manera articulada con las diferentes áreas de la Compañía, para promover el desarrollo sostenible de las comunidades ubicadas en el área de influencia de nuestras operaciones, con el fin de mantener y fortalecer la licencia social para operar y crecer.

**Visión:** Ser reconocidos como aliados del desarrollo sostenible de las comunidades ubicadas en el área de influencia de nuestras operaciones y agentes del fortalecimiento institucional y social, por haber contribuido a mejorar los indicadores de desarrollo y promovido esfuerzo para el progreso de comunidades más vulnerables.

## 2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL



*Ilustración 1: Organigrama de la estructura organizacional de la empresa.*

## 2.4 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Prodeco es una empresa del sector extractivo con operaciones a cielo abierto en las minas Calenturitas y La Jagua ubicadas en el departamento del Cesar, una instalación portuaria de exportación Puerto Nuevo, en el departamento del Magdalena y una participación en Fenoco S.A., quien es la sociedad titular de la concesión de la línea ferroviaria que une nuestras minas con Puerto Nuevo.

Con más de trece años, una participación del 22% en el mercado y siendo el tercer productor de carbón térmico en el país, nuestra actividad se basa en explotar, extraer, transportar y exportar carbón térmico y metalúrgico a mercados europeos, americanos y asiáticos.

Nuestras políticas y directrices han sido establecidas por la multinacional Glencore Plc., casa matriz de la Compañía, quien ha generado procesos de operación adecuados con el marco legislativo de Colombia y los requerimientos internacionales de comportamiento, producción y operación minera.

Gracias a esto, el Grupo ha transformado sus prácticas corporativas aportándole cada vez más a ser respetuosos con el medioambiente, optimizar los recursos, ser mejores vecinos, contribuir al desarrollo de las zonas de influencia y aportar al desarrollo sostenible.

Cifras a destacar en el año 2016:

- La Jagua: 6.226 millones de toneladas de Carbón.
- Calenturitas: 11.065 millones de toneladas de Carbón.
- 6,332 Empleados y contratistas.
- USD \$ 2.54 millones en inversión social.
- USD \$ 27.20 millones en inversión ambiental.
- USD \$ 420 millones en Compras locales.
- USD \$ 256.07 millones en regalías e impuestos.

Las características del Carbón que ofrece Calenturitas son:

- **Tipo de carbón:** Térmico bituminoso (antracita) y metalúrgico.
- **Potencia calorífica:** 12.500 por libra en promedio.
- **Bajo contenido en azufre:** 0.7 en promedio.
- **Bajo contenido de cenizas:** 7.2 en promedio.
- **Humedad:** 12.5%
- **Altura de mantos para explotación:** 8 metros.
- **Materiales volátiles:** 34.9
- **Reservas totales:** 341 millones de toneladas.
- **Recursos (medidos, indicados e inferidos):** más de 560 millones de toneladas.

### 3. INFORME DE GESTIÓN

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRACTICA

El cargo asignado como practicante de C.I. Prodeco tuvo lugar en la sub área de supervisión y control de calidad de carbón del área de Geología, que tiene como propósito establecer y unificar un procedimiento para el minado de carbón que permita su extracción en óptimas condiciones de acuerdo a las características del depósito y de manera segura. Esta sub área está organizada jerárquicamente de la siguiente forma:

- **Superintendente de Geología:** Asegurar la implementación del procedimiento de minado y estandarización en las diferentes operaciones del negocio.
- **Coordinador de Geología:** Supervisor encargado de realizar la gestión necesaria para la ejecución óptima en el proceso de control de calidad del minado de Carbón.
- **Líderes, geólogos y técnicos de control de calidad:** Son los responsables de la aplicación de estos procedimientos durante el proceso de descapote, preparación, minado y cargue de carbón. Además el geólogo/técnico es la única persona responsable de autorizar el minado de un manto de carbón siempre y cuando este estandarizado según los procedimientos establecidos.

Para el desarrollo del presente proyecto se necesitó del apoyo de diferentes áreas como son:

- **Perforación y voladura:** técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. En esta área se necesitó del plan diario de voladura y lograr identificar las voladuras bajo manto a estudiar.
- **Registro:** encargada de describir los pozos ya sean de voladura o exploratorio. En esta área se necesitó de los reportes gama y Drill Report de los pozos de voladura bajo manto a describir.
- **Planeación:** encargada de gestionar, organizar y optimizar cada uno de los procesos que conciernen a la operación minera garantizando que el avance de la mina sea proporcional, además de fijar metas adecuadas y encaminadas a obtener la excelencia en los procesos.
- **Producción:** encargada de supervisar la extracción del material estéril y del carbón.

INFORME DE FUNCIONES			
FUNCIONES DESARROLLADAS	TIEMPO DE EJECUCIÓN	RECURSOS EMPLEADOS	IMPACTOS/RESULTADOS
Apoyo en la supervisión y control de calidad del carbón	6 meses	Cinta métrica, martillo, GPS y brújula	Se aprendió a la tomar los datos de los mantos de carbón para generar el reporte de cuanto carbón se extrae en los mantos de la producción diaria
Levantamiento topográfico de techo, piso y bloque en los mantos de carbón	5 meses	Equipo topográfico: antena Topcon GR5, colector Topcon Tesla	Se realizaron 28 levantamientos topográficos de bloques de mantos y 56 puntos de descapote para luego realizar el cálculo de espesores y volúmenes.
Descripción de registros gama en pozos banco y voladuras bajo manto	4 meses	Reportes de registros y computadora	Se describieron 329 registros de pozos en voladura bajo manto y pozos banco para la recopilación de puntos donde se levantaron los datos de techo y piso posterior a la limpieza
Modelado de bloques de carbón levantados con el equipo topográfico	1 mes	Software DraftSight y Minex	Se triangularon 16 bloques de manto de carbón levantados con el equipo topográfico para realizar el cálculo de volúmenes.

*Tabla 1: Informe de gestión.*

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El área de Geología hace parte del departamento de Servicios Técnicos, siendo esta área la encargada del control en la supervisión en el proceso de minado de Carbón y control estructural del depósito con respecto al avance de minería.

El modelo geológico es la representación tridimensional del yacimiento, conocido también en la mina Calenturitas como modelo in situ. El área de planeación se encarga de aplicarle a este modelo unos parámetros para poder estimar los espesores mínimos minables de carbón. Los parámetros que se aplican son:

- Pérdidas por limpieza o recuperación.
- Dilución en techo y piso.

El resultado de la aplicación de estos parámetros se le conoce como modelo ROM.

No se conoce un estudio que respalde los valores que dan como resultado el modelo ROM en la mina Calenturitas.

Teniendo en cuenta que se desconoce de los valores que generan el modelo ROM y que hoy en día aún siguen utilizándose, surge la necesidad de conocer cuánto Carbón se pierde o diluye luego del proceso de limpieza y apilamiento en el techo y piso.

Se planteó la incertidumbre de conocer ¿Cuánto carbón se pierde o diluye en el proceso de limpieza de techo y piso? Pregunta que abarca el control de calidad que ejecuta el área de Geología.

#### **5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuánto carbón se pierde o diluye en el proceso de limpieza de techo y piso?

#### **6. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

El modelo geológico minero es el modelo como resultado de las etapas de prospección y exploración que representa la cantidad de mineral existente como recurso. Al modelo geológico se le implementan diferentes parámetros que se tienen en cuenta para calcular el espesor mínimo minable en cada manto de carbón. El producto de estos cálculos se le conoce como modelo ROM. Los parámetros que se aplican al modelo in situ son, pérdidas o dilución por limpieza o recuperación, parámetros que tienen lugar en el proceso de minado del carbón. El proceso de minado de Carbón comprende la limpieza, estandarización, extracción y recuperación de Carbón con el fin de extraer la mayor cantidad de Carbón sin afectaciones operativas.

La empresa no cuenta con un estándar o procedimiento para cuantificar las pérdidas o dilución generadas por el proceso de limpieza en los mantos de carbón. El proceso de limpieza de los mantos puede generar pérdidas por mala limpieza o dilución en el carbón producto a vender, se propuso conocer ¿Cuánto carbón se pierde o diluye en el proceso de limpieza de techo y piso?

El presente proyecto tiene como fin proponer, evaluar y sustentar la técnica necesaria para la toma de datos y cálculo de pérdidas o dilución que se generan por la limpieza en el techo y recuperación en el piso de los mantos; proyecto que servirá como aporte de los parámetros que se aplican al modelo geológico para generar el modelo ROM, y también para retroalimentar a el Geólogo supervisor encargado en el control de calidad de Carbón para determinar si el proceso de limpieza fue buena o mala.

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el cálculo de pérdidas o dilución que se generan en el proceso de limpieza y recuperación en techo y piso de los mantos de Carbón.

### **7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Generar el modelo topográfico a través del levantamiento en techo y piso de los mantos de carbón a analizar en descapote y pozos.
- Describir los pozos de las Voladuras Bajo Manto que atraviesan carbón para el levantamiento luego de la limpieza y apilamiento.
- Crear una base de datos para determinar los valores cuantificables de Carbón que se pierde o diluye en el techo y piso del manto en el proceso de limpieza y recuperación.
- Realizar el cálculo de volumen de carbón para determinar la totalidad de carbón en el bloque a analizar.

### **7.3 RESULTADOS ESPERADOS**

La elaboración del presente proyecto tiene como fin establecer la técnica necesaria para el cálculo de pérdidas o dilución que se generan en la limpieza y recuperación en techo y piso de los mantos de Carbón, partiendo que se desconoce de un procedimiento para la toma y cálculo de datos, gracias a las bases teóricas y prácticas en el área de Geología se implementaron metodologías que podrían resultar eficaces para el análisis de la problemática. Se realizaran levantamientos topográficos en el techo y piso del manto antes y después del proceso de limpieza, esto dará como resultado unos valores en centímetros de pérdidas aparente que luego se calcula para obtener el espesor real del manto, esto da como resultado un promedio de espesor de carbón perdido por la limpieza.

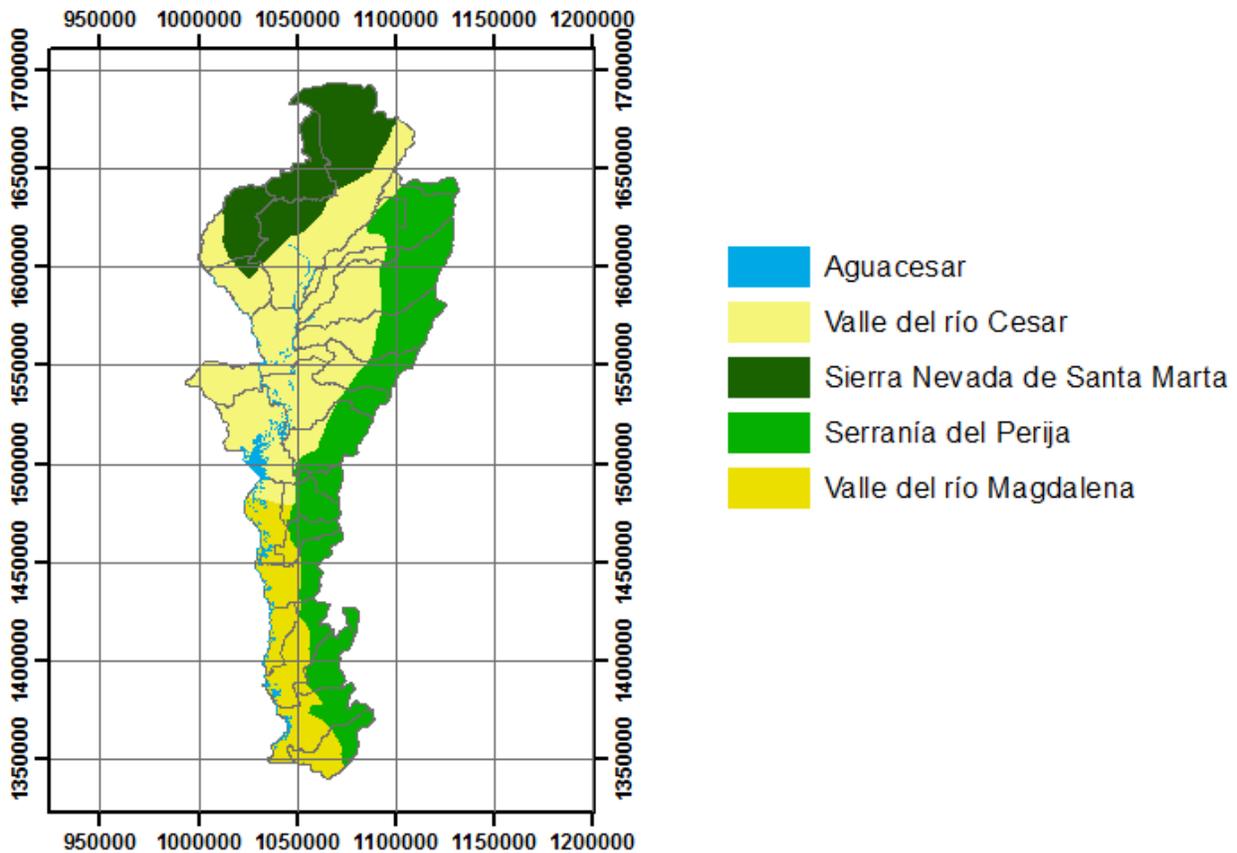
Este proyecto sirve como aporte al procedimiento para obtener los valores que se tienen en cuenta para generar el modelo ROM.

## 8. MARCO DE REFERENCIA

### 8.1 ANTECEDENTES GEOGRAFICOS

El departamento del Cesar se encuentra ubicado al noroeste de Colombia entre la región Caribe y la región Andina con coordenadas entre 07°74'16" y 10°52'14" de latitud norte y 72°53'27" con 74°08'28" de longitud oeste, dividida por 4 ecorregiones las cuales son:

- Al norte la Sierra Nevada de Santa Marta.
- En el oriente la Serranía de Perijá.
- En el centro el Valle del Río Cesar.
- Al occidente sur el Valle del Río Magdalena y el complejo Cenagoso de Zapatos.<sup>1</sup>

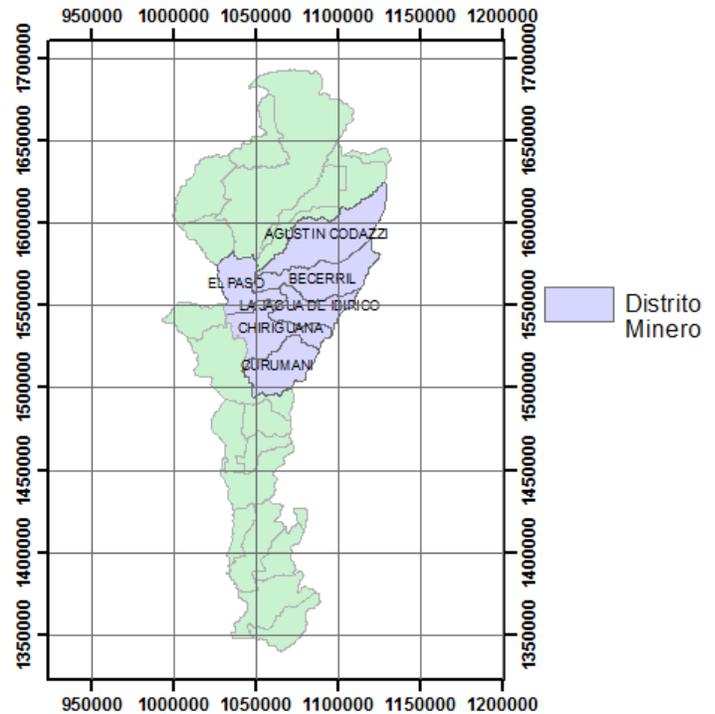


*Ilustración 2: Mapa de ecorregiones de Corpocesar modificado.*

---

<sup>1</sup> Corpocesar y el Ideam. «Aprovechamiento y protección integral del agua subterránea en las ecorregiones de los valles del río Cesar y Magdalena.» Departamento del Cesar, 2006. P. 32.

El departamento del Cesar comprende un área de 22905  $km^2$  subdivido por 25 municipios con 130 corregimientos y posee una población de 1,041.203 habitantes. La ciudad capital es Valledupar, ubicada al norte del Valle del río Cesar. La mina Calenturitas se encuentra ubicada entre los municipios El Paso, Becerril y La Jagua de Ibirico, estos municipios hacen parte del denominado Distrito Minero de la Jagua de Ibirico ubicado en el centro del departamento del Cesar con un área de 6457,09  $km^2$ .



*Ilustración 3: Mapa Distrito Minero del Cesar.*

La mina Calenturitas se encuentra ubicada en el centro del departamento del Cesar entre los municipios La Jagua de Ibirico, El Paso y Becerril con contrato de concesión 044-89. La vía de acceso comprende la carretera que comunica la Jagua de Ibirico con La Loma a unos 15 km aproximadamente; las rutas pertinentes a esta carretera son la ruta 49 que comunica al norte con Valledupar y la ruta 45 que comunica al noroeste con Bosconia hasta Santa Marta.

---

<sup>2</sup> Millan, Hugo. «Caracterización de distritos mineros.» Informe de la Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá, 2004. P. 194.

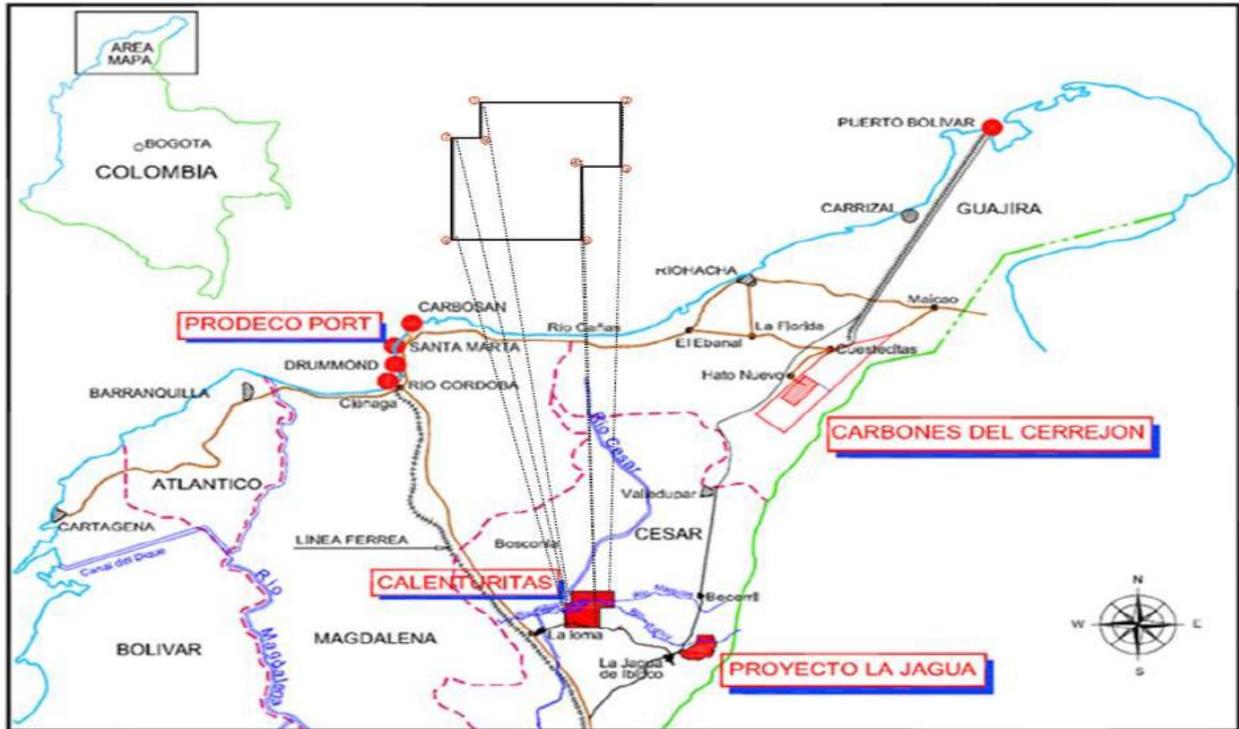


Ilustración 4: Ubicación geográfica de la mina Calenturitas. Fuente: Servicios Técnicos mina Calenturitas.

Las coordenadas pertinentes a la concesión 044-89 son:

X	Y
1062500	1565500
1069500	1562000
1068000	1557000
1061370	1563000

Tabla 2: Coordenadas planas de la concesión 044-89.

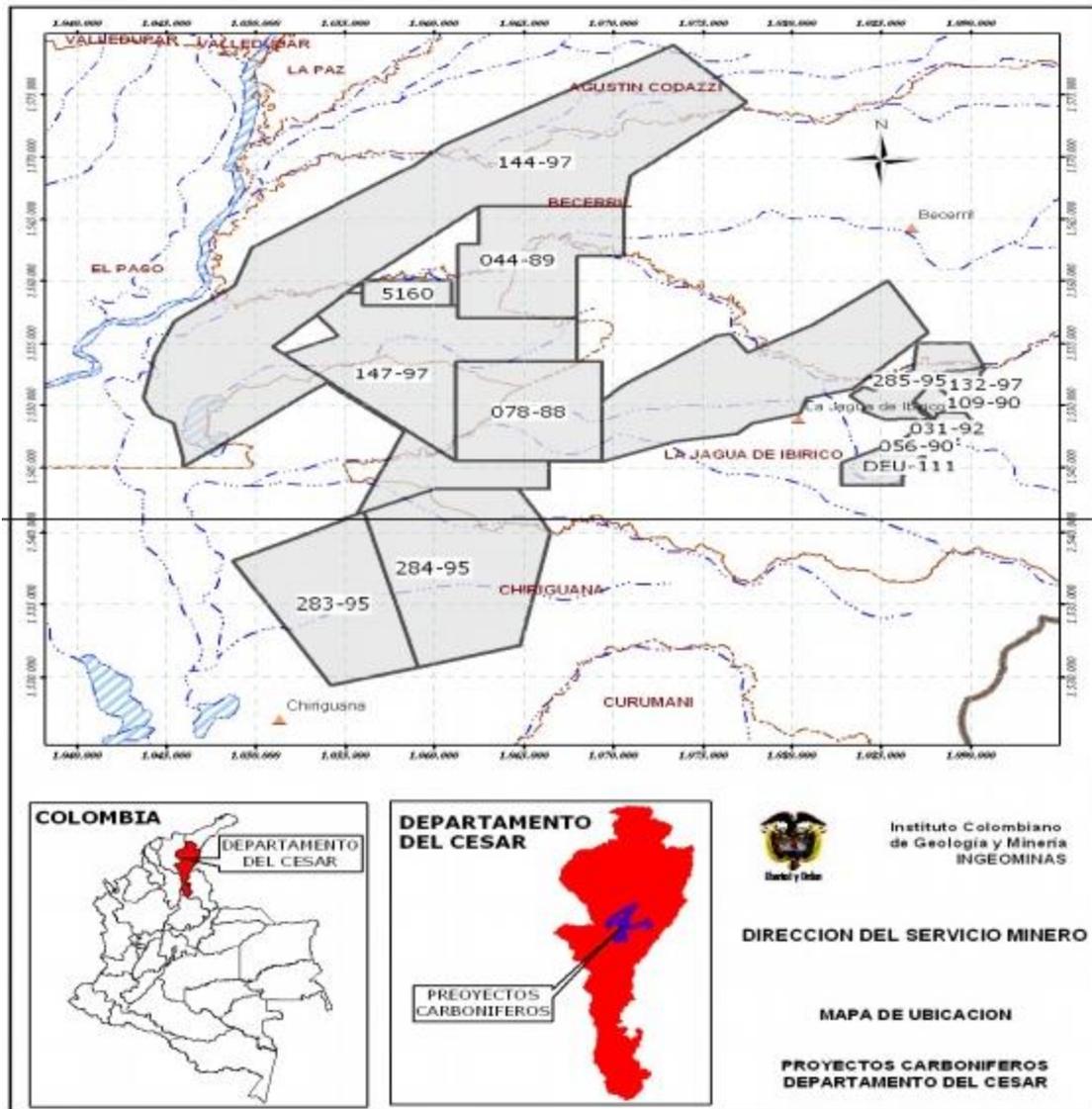


Ilustración 5: Mapa de ubicación, Proyectos Carboníferos Departamento del Cesar, Fuente: INGEOMINAS (actualmente Servicio Geológico Colombiano).

## 8.2 MARCO INVESTIGATIVO

**INFORME: PROCEDIMIENTOS PARA RECONCILIACIÓN EN MANTOS DE CARBÓN; FABIO CARRILLO.** Establecer y unificar procedimientos para realizar ejercicios de reconciliación en los mantos de carbón en la mina Calenturitas, con el fin de ajustar los modelos lo mejor posible a la realidad; El documento fue base para la implementación del procedimiento a la toma de datos con el equipo de topografía.

**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN; NELSON ROMERO.** Poner en práctica los conocimientos adquiridos en geología, para desarrollar la capacidad de suplir necesidades en la supervisión de voladura bajo manto y control de calidad en el minado de carbón, a su vez evaluar pérdidas de carbón generados durante estos procesos cuantificando la cantidad y evaluando la calidad de carbón sin recuperar, con el fin de diagnosticar su viabilidad económica, proponiendo un posible método para tal recuperación; El documento hace un aporte base como teoría en definición de términos para el presente proyecto.

**CÁLCULO DE VOLÚMENES DE ESTÉRIL E INVENTARIOS DE CARBÓN USANDO EL SOFTWARE CARLSON, MINA PRIBBENOW-DRUMMOND LTD; RAJETH AUGUSTO CASTRO SOCARRAS.** Calcular volúmenes de estéril e inventarios de carbón utilizando el software Carlson, mostrando las herramientas claves para su correcto desempeño; El documento fue base teórica para el cálculo de volúmenes.

### **8.3 MARCO LEGAL**

Las políticas y lineamientos de política que rigen las actividades mineras en el país se encuentran establecidas en el documento “*Política Minera de Colombia*” implementado en la resolución número 40391 de 20 de abril del 2016 por el Ministerio de Minas y Energía. El documento de Política Minera Nacional adopta, recoge y compila las diferentes políticas y lineamientos de política existentes en el país, y se convierte en la política minera única integral de Colombia. Esta se apoya en 6 pilares fundamentales: seguridad jurídica, condiciones competitivas, confianza legítima, infraestructura, información y autoridad minera fortalecida y eficiente. El objetivo fundamental es que la actividad minera, en todas sus escalas, se desarrolle de forma adecuada, incluyente, competitiva y responsable, de tal manera que se incrementen las externalidades positivas en los territorios mineros en materia de empleo, ingresos, regalías, tributos, entre otros, y se adapte a los cambios que imponga el contexto internacional en materia de precios, mercados, clima y sustitutos energéticos<sup>3</sup>.

Este documento se divide en 3 secciones. La primera sección presenta el contexto nacional del sector minero colombiano y su institucionalidad, y plantea los principales retos de la industria para los próximos años. La segunda sección incluye la visión, la base estructural de la política, las líneas estratégicas, y contiene algunas precisiones acerca del plan de implementación. La última sección, que corresponde a los anexos, incluye los antecedentes jurídicos, institucionales y normativos que han regido la actividad minera en los últimos años en Colombia, una caracterización del sector que evidencia la importancia de la actividad minera en la economía del país y algunas definiciones importantes para este documento<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Ministerio de Minas y Energía. «Política Minera de Colombia.» Bogotá, 2016.

## 9. MARCO TEORICO

### 9.1 TEMA DISCIPLINAR

#### 9.1.1 CONCEPTOS BASICOS

**Carbón:** Roca sedimentaria compuesta de materia orgánica que se forma por la acumulación y diagénesis de restos vegetales terrestres en zonas pantanosas. Es un combustible fósil de color negro, rica en carbono con cantidades variables de otros elementos, principalmente hidrogeno, azufre, oxígeno y nitrógeno. Se clasifican de acuerdo al rango de poder calórico como son: Turba, Lignito, Bituminoso, Antracita.

**Estéril:** Roca sin contenido mineral útil.

**Ceniza:** Es el residuo sólido tras una combustión completa de toda la materia orgánica y de la oxidación de la materia mineral presente en el carbón. Definen la calidad de carbón en la combustión al determinar el contenido en materia incombustible presente.

**Laja:** Roca sedimentaria carbonosa no considerada como carbón por estar compuesta en su mayoría por líticos. Se presenta en el techo y piso de algunos mantos de carbón.

**Depósito mineral:** Concentración natural de sustancias minerales útiles, la cual bajo circunstancias favorables puede ser extraído con beneficio económico.

**Falla:** Una fractura o una zona de fractura sobre la cual se produce un movimiento diferencial entre dos bloques rocosos adyacentes.

**Sinclinal:** Pliegue arqueado de capas de roca en forma de U.

**Rumbo:** Angulo horizontal medido con respecto al norte magnético, de la línea de intersección de un plano estructural con un plano horizontal.

**Buzamiento:** Angulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón.

**Voladura:** Ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma.

**Registro geofísico:** es la captura de información continua de las propiedades físicas de los materiales al interior de un pozo, se realiza por medio de diferentes tipos de sondas. La información que se colecta es centímetro a centímetro.

**Registro gamma:** es una grabación de la proporción de las emisiones de gamma natural de las formaciones rocosas alrededor del pozo. Las emisiones de gamma son el resultado del decaimiento de isótopos radiactivos naturales como el potasio, uranio y thorium, contenidos en la matriz de roca en la formación. Es la huella digital de las rocas.

**Topografía:** Conjunto de métodos y técnicas que se utilizan para la representación plana de zonas no muy extensas de la superficie terrestre y que expresan la configuración del terreno y sus accidentes naturales y artificiales.

**Techo sano:** Techo del manto de carbón sin afectaciones operativas.

**Techo limpio:** Techo del manto de carbón afectado por el proceso de limpieza.

**Apique:** Excavación realizada para examinar las propiedades y características de la roca.

## **9.1.2 MARCO GEOLÓGICO**

### **9.1.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL**

El área que hace parte de la mina Calenturitas conocido como el distrito minero de la jagua pertenece a la cuenca Cesar – Ranchería que forma parte geográficamente de los departamentos del Cesar y de la Guajira con un área de 11.630 km<sup>2</sup>. Geomorfológicamente se define como un Valle o depresión intramontaña de extensión nororiental generada por los sistemas montañosos, Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá<sup>4</sup>. Limitada al norte por la falla Oca con orientación este - oeste, al Oriente por las fallas Cerrejón y Perijá con orientación hacia el noreste y el sistema de Fallas Santa Marta – Bucaramanga al Occidente compuesto principalmente por fallas de rumbo con orientación hacia el noroccidente<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería.» 2007.

<sup>5</sup> Ingeominas y Minercol. El Carbón Colombiano Recursos, Reservas y Calidad. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2004.

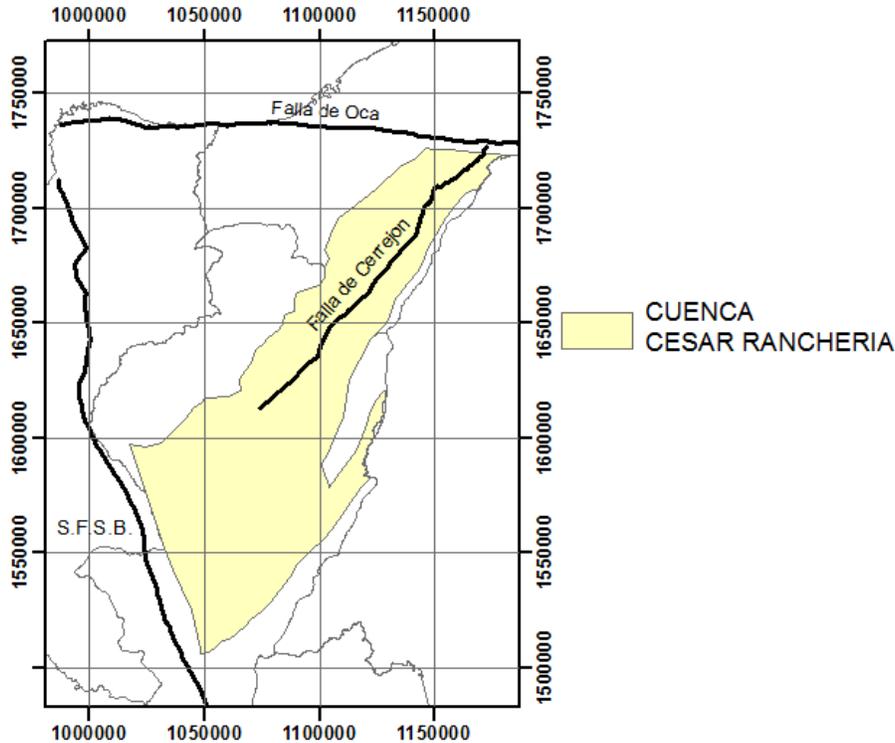


Ilustración 6: Ubicación de la cuenca Cesar Ranchería. Fuente: Autor.

La cuenca Cesar – Ranchería se puede dividir entre:

- La subcuenca del Cesar: ubicada en la parte sur de la cuenca compuesta estructuralmente por pliegues sinclinales y anticlinales con litología de rocas más antiguas de edades entre el paleozoico hasta el Paleógeno.
- La subcuenca Ranchería: ubicada en la parte norte de la cuenca con configuración tectónica de bloques y fallas con litología de rocas más recientes del Paleógeno y depósitos recientes<sup>4</sup>.

La estratigrafía de la cuenca Cesar Ranchería está compuesta en el basamento tectónico por Neises y granitos precámbricos, rocas metamórficas, ígneas, vulcanosedimentarias y sedimentos marinos y continentales de la edad Paleozoico Superior.

Sedimentos del Grupo Río Cachiri y la Formación Manaure depositados en un ambiente marino transgresivo con edades desde el Devónico hasta el Pérmico.

Las formaciones La Quinta, Girón y Motema se depositaron durante el Triásico y Jurásico en un ambiente continental de tectonismo extensional.

En el Cretácico inicio un proceso de transgresión marina que dio lugar a la depositación de la Formación Río Negro, Lagunitas, Aguas Blancas y La Luna.

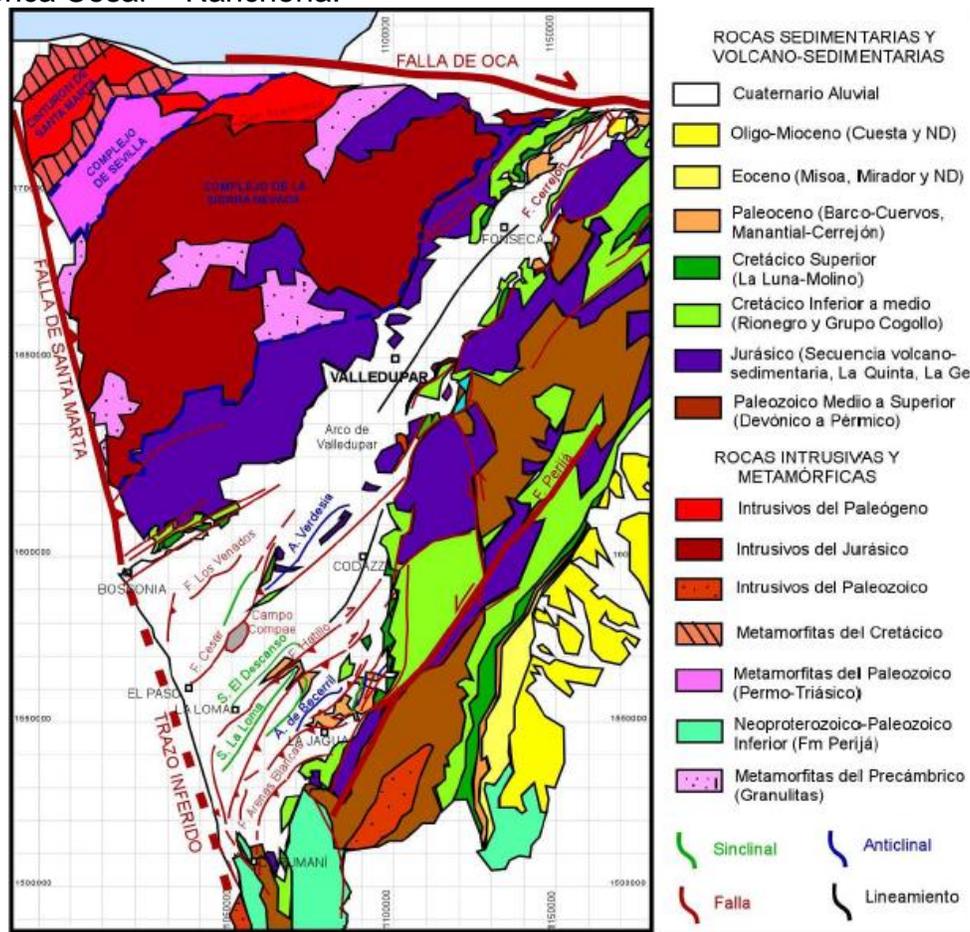
<sup>4</sup> Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería.» 2007.

Luego en el Campaniano-Daniano se depositaron lutitas negras en un ambiente marino de poca profundidad representadas por la Formación Molino y a partir de esta formación las características estratigráficas son diferentes en cada subcuenca de la cuenca Cesar – Ranchería<sup>6</sup>.

La Subcuenca Ranchería está representada por la formación Hato Nuevo y Manantial, las cuales son depósitos detríticos intercalados con sedimentos finos.

La Subcuenca del Cesar está representada por la unidad Barco – Cuervos, compuesta por intercalación de arcillolitas, lutitas, capas de carbón y areniscas<sup>4</sup>.

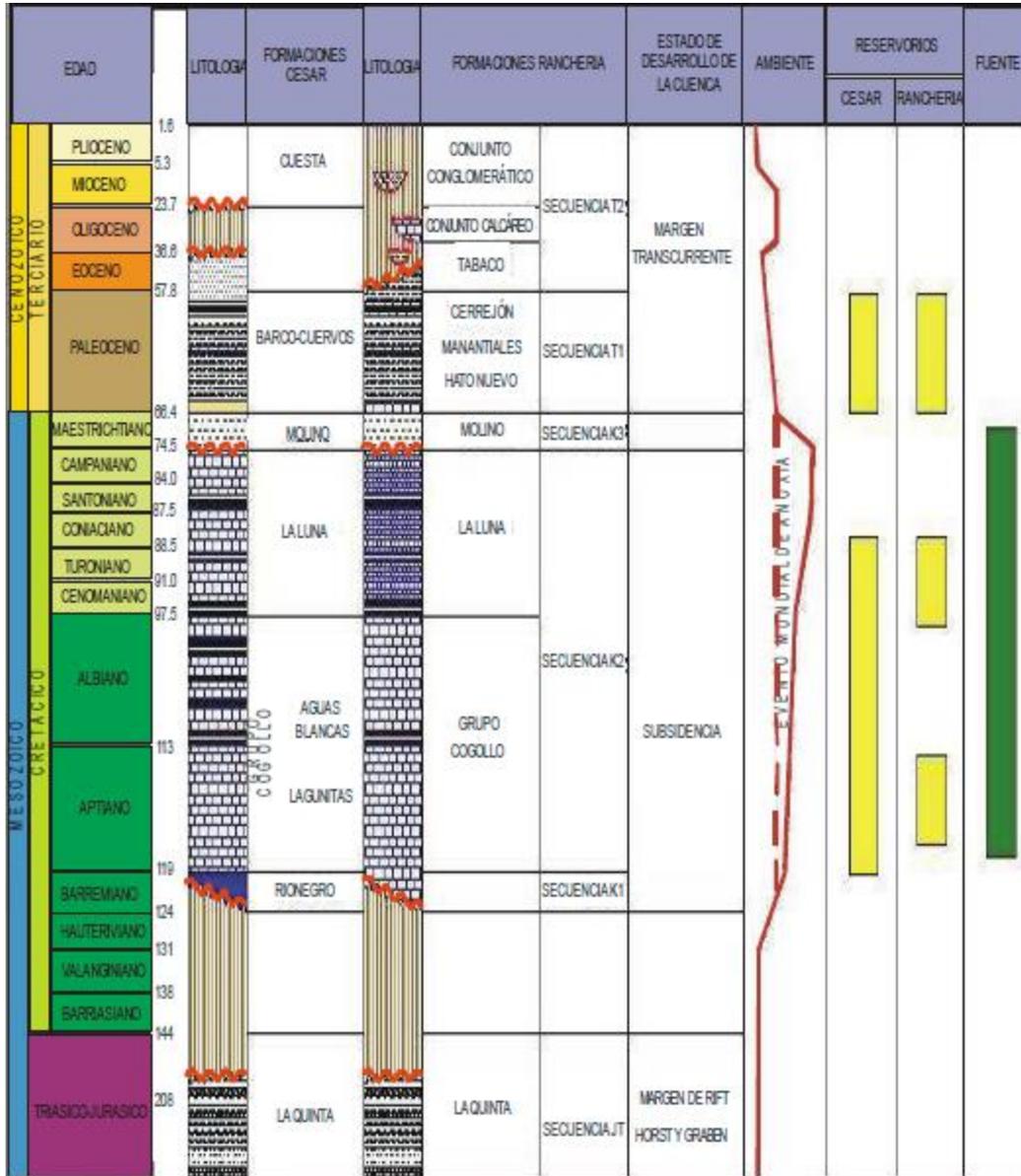
A continuación se muestra un mapa geológico generalizado y una columna estratigráfica de la cuenca Cesar – Ranchería.



*Ilustración 7: Mapa Geológico generalizado de la cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Análisis Tectonoestratigráfico y de procedencia en la subcuenca de Cesar; Ayala Rosa 2009.*

<sup>4</sup> Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería.» 2007.

<sup>6</sup> Geoestudios LTDA. Cartografía Geológica Cuenca Cesar - Ranchería. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2006.



*Ilustración 8: Columna estratigráfica de la cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería, Agencia Nacional de Hidrocarburos 2007.*

### 9.1.2.2 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El Precámbrico es caracterizado por los eventos de acreción de la corteza continental con el escudo de Guayana.

En el Paleozoico inferior predominó un margen pasivo donde se depositaron sedimentos marinos someros (Cámbrico). Estos depósitos fueron afectados por la orogenia Caledoniana que causó metamorfismo en el borde Occidental dando lugar a la Serranía

de Perijá (Ordovícico – Silúrico). La extensión oceánica en el Noroccidente de Suramérica dio lugar a depósitos de ambiente marino, afectados por las fases orogénicas Hercínicas que causó el cierre de estos depósitos (Devónico - Carbonífero). Luego de esto hubo un margen compresivo donde tuvo lugar un magmatismo y metamorfismo responsable de la formación de Pangea. También significó la separación entre Norte y Suramérica con la formación del Proto-Caribe. Este ambiente extensional permitió la formación de fosas continentales que sirvieron de áreas de depósito de las formaciones Quinta y Girón. (Pérmico superior – Triásico – Jurásico). De manera simultánea se dio una etapa extensional o de Rift en el Proto-Atlántico, iniciando la separación de Pangea que dividió América del Norte y África (Jurásico Inferior) dando lugar a una cuenca extensional que luego en el Cretáceo Temprano paso a ser un margen pasivo. La Placa Caribe continuó moviéndose durante el Paleoceno pasando de un borde pasivo a un régimen convergente y compresivo. Durante el Paleoceno-Eoceno Inferior se depositaron sedimentos clásticos en la Cuenca del Cesar discordantemente puesto que la actividad tectónica compresional produjo anticlinales. La Serranía de Perijá se levanta durante el Mioceno-Plioceno y simultáneamente sucede una sedimentación sobre la discordancia en la Subcuenca del Cesar. Actualmente continúan los efectos de compresión entre la Placa del Caribe y la Suramérica. El moderado levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá causan el aporte de sedimentos en la Cuenca Cesar Ranchería<sup>4</sup>.

Kellogg, J, resume la configuración actual de la Cuenca como “el resultado de una tectónica compresional y transpresional asociada a la convergencia tectónica a lo largo del margen sur del Caribe y el sector norte de los Andes durante el Cenozoico”<sup>7</sup>.

A continuación se muestra un perfil geológico representativo de la evolución estructural de la cuenca Cesar – Ranchería.

---

<sup>4</sup> Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería.» 2007.

<sup>7</sup> Kellogg, James N. Cenozoic Tectonic History of the Sierra del Perijá, Venezuela – Colombia, and Adjacent Basins. Hawaii: Geological Society of America, 1984.

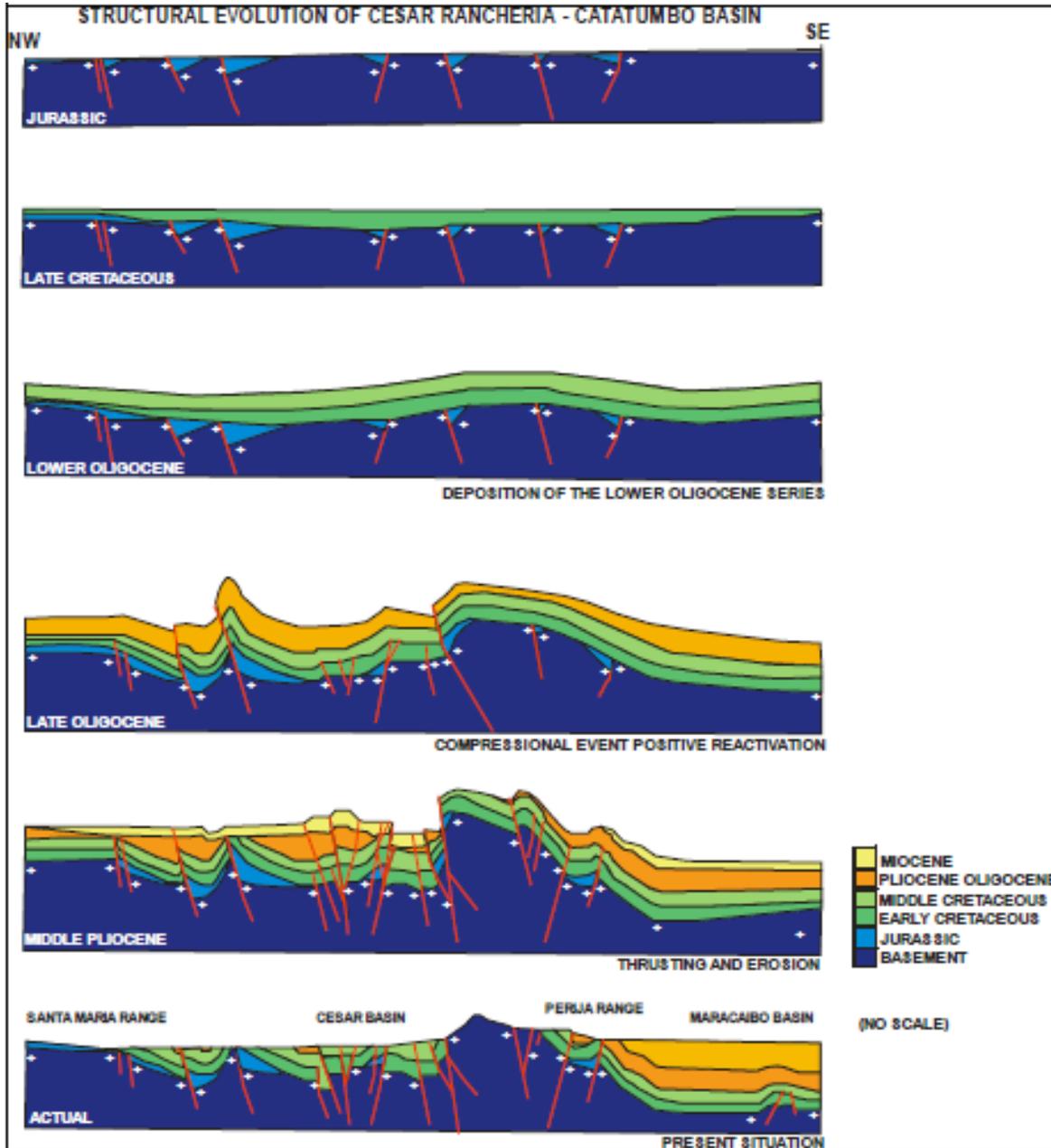


Ilustración 9: Evolución estructural Cuenca Cesar – Ranchería. Fuente: Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería, Agencia Nacional de Hidrocarburos 2007.

### 9.1.2.3 GEOLOGÍA LOCAL

El Distrito Minero de la Jagua está ubicado en la parte central del Departamento del Cesar en Jurisdicción de los municipios de La Jagua, El Paso, Becerril, Codazzi y Chiriguana. La estructura regional se denomina como un sinclinorio compuesto de una serie plegada de sinclinales asimétricos, anticlinales apretados y fallados que tienen

orientación paralela a las fallas longitudinales con rumbo N45°-50°E, cubierta de aluviones y suelos residuales. Estas fallas atraviesan la secuencia estratigráfica desde la Formación Luna hasta la Formación Cuesta<sup>8</sup>.

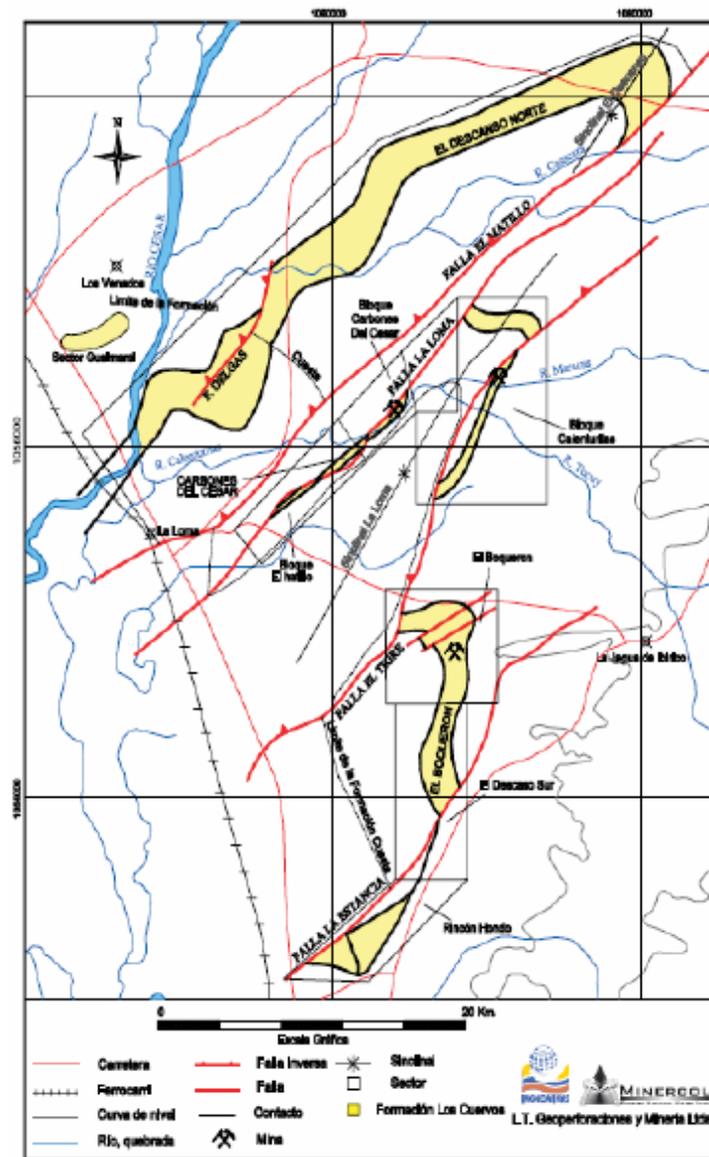
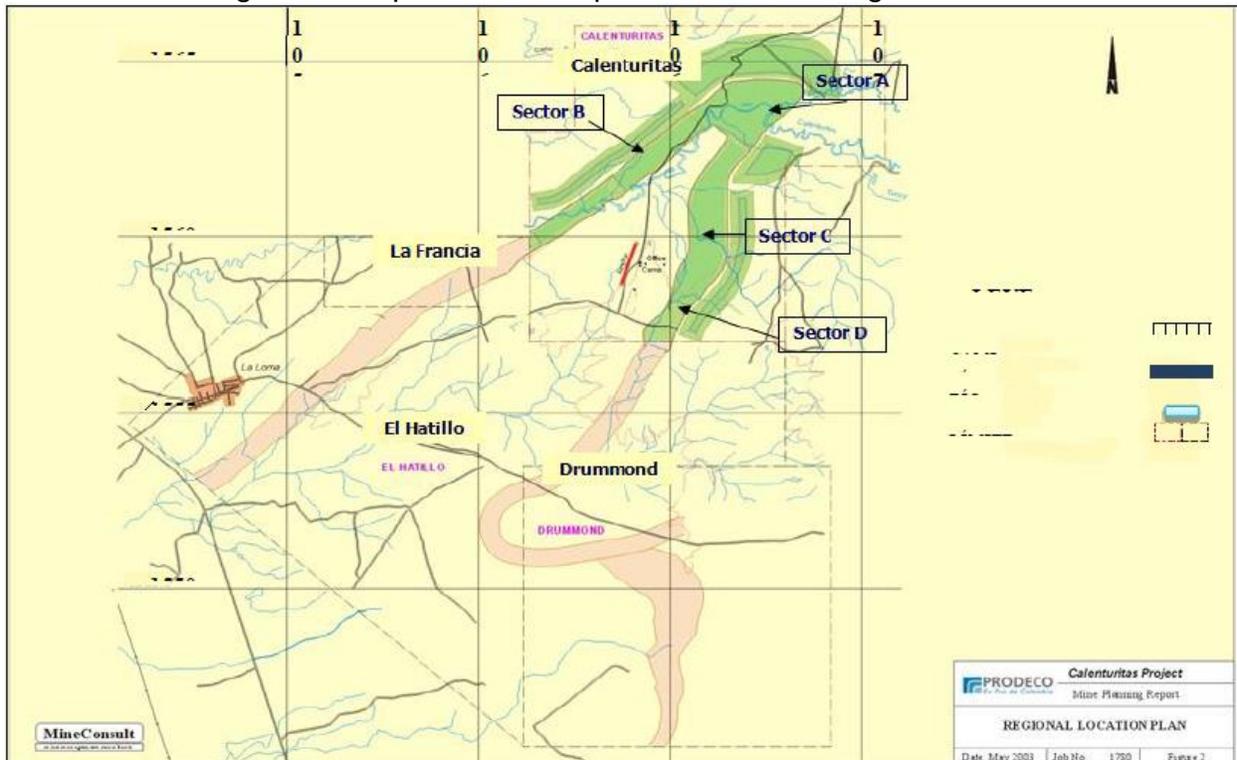


Ilustración 10: Sinclinorio del Distrito Minero de la Jagua. Fuente: Minercol 2004.

<sup>8</sup> Ortiz Ramírez, Gerardo Emilio. Diseño e implementación del sistema de bombeo principal del sector A - Mina Calenturitas, propiedad de C.I. Prodeco S.A. La Loma, Cesar. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2014.

La mina Calenturitas se encuentra en el Sinclinal de la Loma que posee una extensión de  $180\text{km}^2$  con orientación Noreste y se profundiza hacia el Sureste y permite la acumulación de grandes espesores de depósitos de edad Oligoceno a Reciente<sup>9</sup>.



*Ilustración 11: Sectores de la mina Calenturitas. Fuente: Servicios Técnicos, Prodeco.*

La secuencia de carbones que se extraen en la mina Calenturitas pertenece a la Formación Los Cuervos, compuesta por una secuencia de lutitas carbonosas, limolitas, areniscas y mantos de carbón. Posee un espesor de 650 metros y edades entre el Paleoceno y Eoceno temprano, definida por Nostentein *et al.*, (1944). Esta unidad reposa conformemente, en contacto transicional, sobre la Formación Barco y se divide en 3 miembros (Drummond, 2002):

- Miembro Inferior: compuesto por arcillolitas y limolitas de color gris intercaladas con bancos de arenisca, y cintas de carbón.
- Miembro Medio: compuesto por una secuencia de arcillolitas, limolitas, arenitas y mantos de carbón con espesores mayores a 1 metro.
- Miembro Superior: compuesto por arenitas de color gris claro a medio, grano fino a medio, cuarzosas intercaladas por limolitas y arcillolitas.

<sup>9</sup> Ayala Calvo, Rosa Carolina. Análisis Tectonoestratigráfico y de procedencia en la subcuenca de Cesar: Relación con los sistemas petroleros. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar, 2009.

La Formación Cuesta reposa inconformemente sobre los Miembros Medio y Superior de la Formación Los Cuervos<sup>10</sup>.

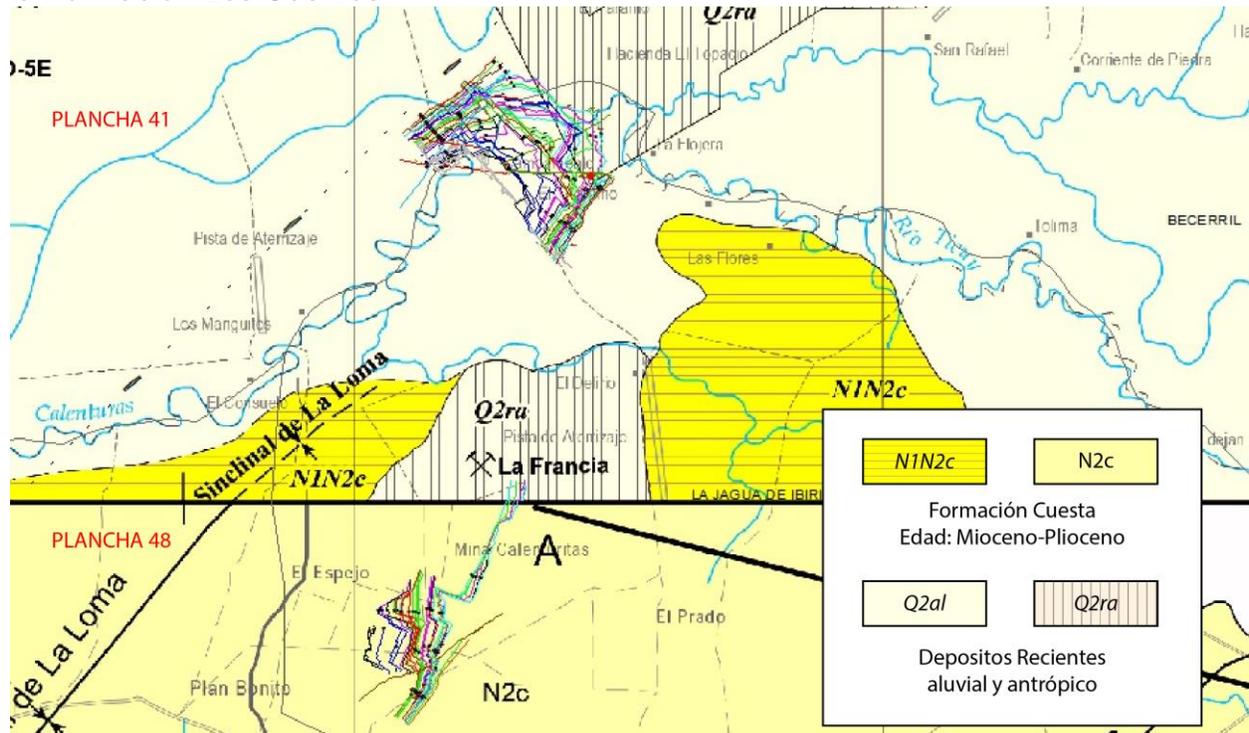


Ilustración 12: Mapa litológico de las planchas 41 (2015) y 48 (2002) del SGC con el mapa de trazas de los carbones de la mina Calenturitas (Servicios Técnicos, Prodeco).

## 9.2 TEMA ESTRATEGICO QUE SE PROPONE EN LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto tiene como fin realizar un instructivo para la cuantificación de pérdidas o dilución de Carbón en el proceso de limpieza del techo y piso de los mantos por medio de mediciones en los bloques de Carbón, por lo tanto este proyecto sirve como aporte en la determinación del procedimiento para la toma de datos como parámetros que se tienen en cuenta en el modelo ROM, además de retroalimentar a el Geólogo supervisor encargado en el control de calidad de Carbón.

Para la determinar el procedimiento para la toma de datos se definieron 2 ejercicios:

- **Descapote:** En este ejercicio se toman puntos con el equipo de topografía en el techo sano del manto y un apique hasta el piso para luego replantear estos mismos puntos en techo limpio y piso recuperado del manto, dando como resultados un espesor aparente para luego realizar un cálculo de espesor real y determinar cuánto carbón se perdió en el proceso de limpieza.

<sup>10</sup> Hernandez, Marina y Jairo Clavijo. Geología de la plancha 48 El agua de Iberico. Servicio Geológico Colombiano, 2013.

- **Pozos:** En este ejercicio se describen pozos ya sean de voladura bajo manto o pozos banco para definir los puntos donde se encuentra el techo del carbón sin afectación, para luego del proceso de limpieza replantear estos puntos con el equipo de topografía, dando como resultado un espesor aparente que luego se calcula como espesor real y así determinar cuánto carbón se perdió por el proceso de limpieza.

Además se realizó el ejercicio de reconciliación en mantos para el cálculo total de volumen de los mantos de carbón.

- **Bloque:** En este ejercicio se realiza un cálculo de volúmenes para determinar la totalidad de carbón en el bloque que se extrajo.

## 10. MARCO METODOLÓGICO

### 10.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN: CUANTITATIVA

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. Las investigaciones se originan de ideas, sin importar qué tipo de paradigma fundamente nuestro estudio ni el enfoque que habremos de seguir. Las ideas constituyen el primer acercamiento a la realidad objetiva (desde la perspectiva cuantitativa), a la realidad subjetiva (desde la aproximación cualitativa) o a la realidad intersubjetiva (desde la óptica mixta) que habrá de investigarse. El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. La investigación cuantitativa parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis<sup>11</sup>.

### 10.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

El Método Científico está constituido por un conjunto de pasos o etapas bien establecidas que posibilitan dirigir el proceso de investigación de forma óptima, de modo que permita alcanzar su propósito, el conocimiento científico, de la manera más eficiente. El método científico en dependencia de los procedimientos que utiliza durante su desarrollo se clasifica en:

- Teórico:
  - Análisis y síntesis.
  - Deducción e inducción.
  - Hipotético deductivo.
  - Histórico – lógico.
- Empírico:
  - Observación.
  - Medición.
  - Experimental<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Hernández Sampieri, Roberto. Metodología de la investigación - Sexta Edición. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.

<sup>12</sup> Martínez Pérez, Raul, y Eddy Rodríguez Esponda. «Manual de metodología de la investigación científica.» 2005.

### 10.3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

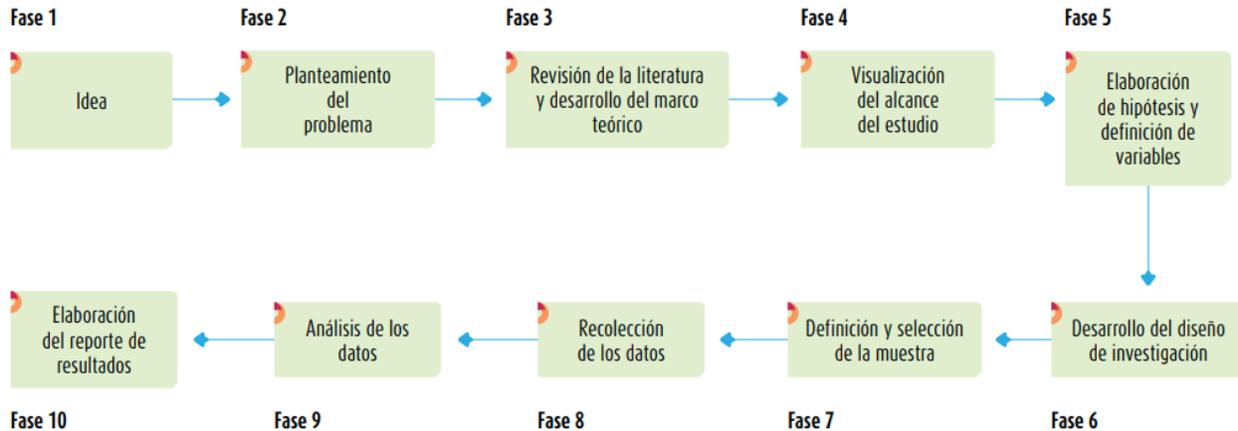


Ilustración 13: Proceso cuantitativo. Fuente: Metodología de la investigación – Sexta Edición, Hernández Sampieri 2014.

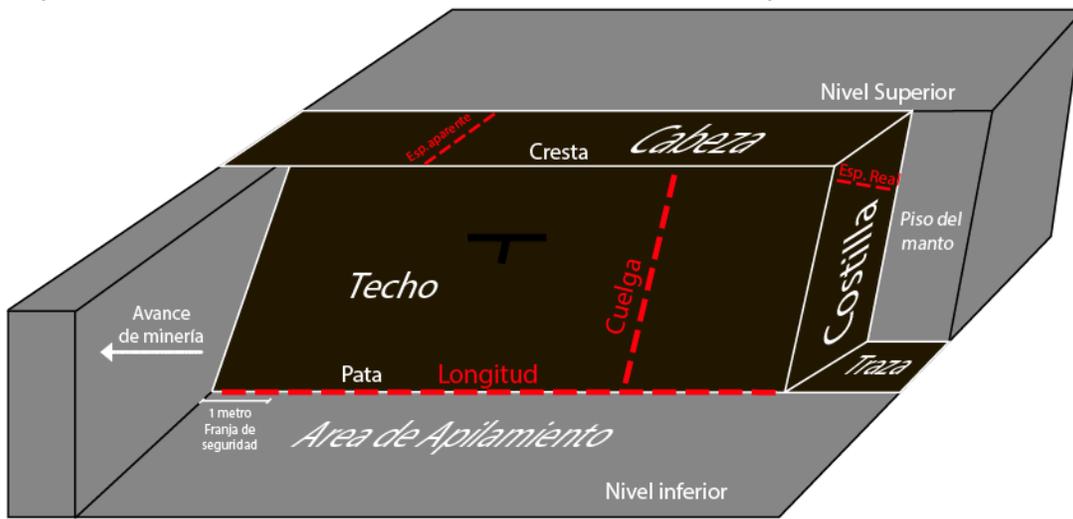
### 10.4 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La supervisión y el control de calidad de carbón tiene como propósito establecer el procedimiento para el minado de carbón permitiendo su extracción en óptimas condiciones de acuerdo a las características del depósito, controlando los factores de pérdidas y dilución durante el flujo de carbón en el tajo desde el descapote hasta el acopio en los patios. Como ingeniero geólogo se tiene la responsabilidad de garantizar que el carbón extraído este en las mejores condiciones minimizando las pérdidas y dilución en el proceso operativo de minado.

Para garantizar el procedimiento se debe conocer las partes y características del manto de carbón:

- **Bloque de manto:** Sección del manto que tiene una longitud mínima de 30 metros y mínimo 4 metros de altura.
- **Cabeza:** Sección del manto observada en el piso del nivel superior del bloque del manto.
- **Techo:** Cara destapada del bloque de manto.
- **Franja de seguridad en carbón:** Franja limpia en carbón de un metro que debe quedar en el avance de minería al finalizar el bloque de carbón.
- **Costilla:** Es la parte lateral de avance del bloque de carbón donde se puede medir el espesor real del manto y apreciar sus características litológicas, partings, etc.
- **Piso:** Es la superficie de estéril que queda después de minar el carbón.
- **Traza:** Exposición del manto de carbón en superficie o en un nivel de minería.
- **Pata:** Línea entre el techo y el nivel inferior de minería, que debe estar libre de lodo, agua, etc.
- **Cresta:** Línea entre la cabeza y el techo del manto.

- **Cuelga:** Longitud medida sobre el techo del manto en la dirección de buzamiento, que va desde la intersección con la cabeza hasta la pata del manto.

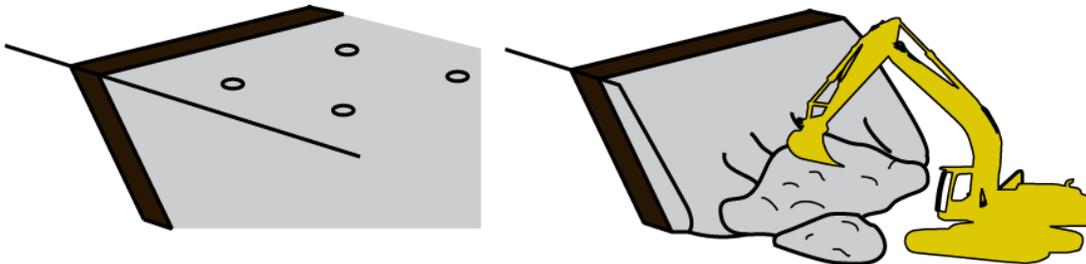


*Ilustración 14: Partes del manto de carbón. Fuente: Prodeco modificado por el autor.*

El procedimiento para el minado de carbón está constituido por:

- Descapote de mantos.

Se retira el material estéril que está por encima del techo de carbón tratando de no afectarlo dejando una capa pequeña de roca. Para este paso se utiliza el equipo Retroexcavadora RH40.

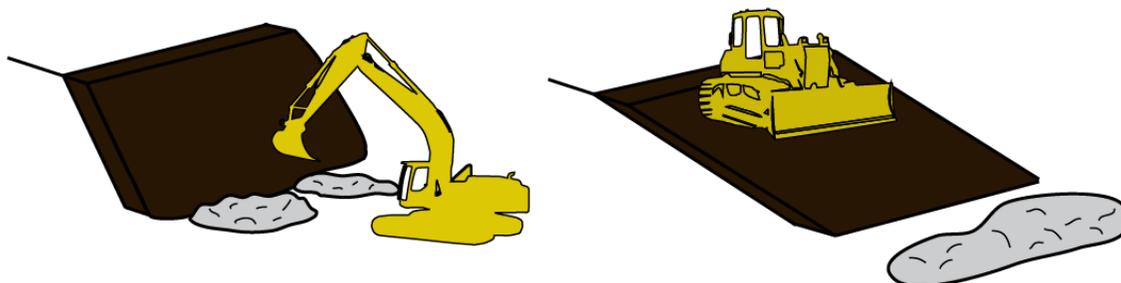


*Ilustración 15: Descapote. Fuente: Autor.*

- Limpieza del bloque de carbón.

Se procede a retirar la capa pequeña de roca que se dejó encima del techo del manto de carbón. Para este paso se utilizan los equipos:

- o CAT 330 para alto buzamiento.
- o 834 para bajo buzamiento.



*Ilustración 16: Limpieza del bloque de carbón. Fuente: Autor.*

- Estandarización del Área de Apilamiento (AA).

En este paso se limpia y nivela la traza, área de apilamiento y cargue del carbón a minar. Para este paso se utilizan los equipos:

- Motoniveladora
- Buldócer

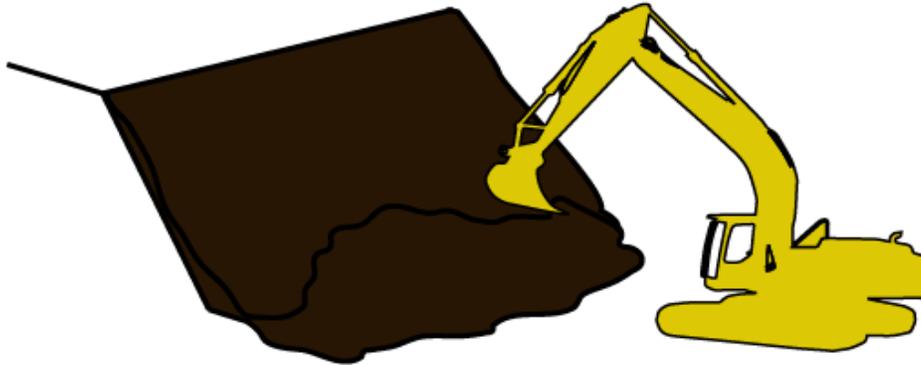


*Ilustración 17: Estandarización del Área de Apilamiento. Fuente: Autor.*

- Apilamiento de carbón y recuperación de piso.

Se procede a apilar el carbón en el AA y se recupera el piso tratando de no generar pérdidas. Para este paso se utilizan los equipos:

- Retro RH40 para mantos gruesos
- CAT 330, Buldócer para mantos delgados



*Ilustración 18: Apilamiento de carbón. Fuente: Autor.*

- Cargue y acarreo de carbón.

Se carga el carbón en los camiones carboneros para transportarlos a los patios de carbón.

El proceso de limpieza se ejecuta luego de que se remueva todo el material que está por encima del techo de los mantos dejando una capa pequeña para garantizar el techo del manto sin afectaciones. Durante el proceso de limpieza, el volumen de carbón es afectado puesto que los equipos utilizados para este procedimiento alcanzan a llevarse una pequeña porción de carbón, porción denominada como pérdida, en caso de no ser un techo competente se garantiza dejando una capa muy pequeña de material estéril para evitar afectar el carbón, esta capa se le conoce como dilución. Los estándares para la extracción del carbón son clave para minimizar las pérdidas y dilución en los mantos, entre estos están:

- Uso del equipo adecuado.
- Operadores bien entrenados.
- Adecuada limpieza de techo.
- Extracción en dirección al buzamiento.

A partir de aquí se genera la incertidumbre de conocer cuántas son las pérdidas o dilución que se generan en el proceso de limpieza del techo y piso de los mantos.

Para la realización del cálculo de pérdidas o dilución se establecieron 2 ejercicios empleados para la recolección de datos con el equipo topográfico para luego desarrollar el análisis de la información. Además se realizó el levantamiento del bloque de carbón para realizar el cálculo de volumen del bloque a analizar, y así, lograr estimar la totalidad de carbón que se extrajo con las pérdidas o dilución en techo y piso.

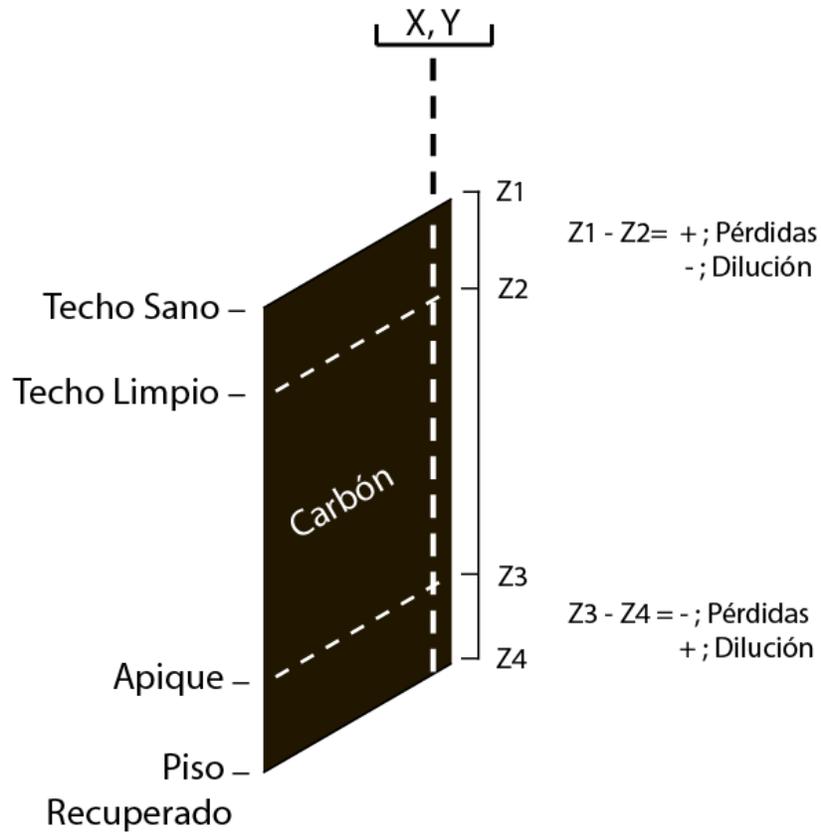
El equipo de topografía utilizado para este proyecto debe ser un equipo de alta precisión, en este caso se utilizó la antena Topcon GR5 con el colector Topcon Tesla, proveídos por el área de Geología.



*Fotografía 1: Equipo topográfico utilizado para el levantamiento de puntos.*

#### **10.4.1 DESCAPOTE**

En este ejercicio se toman puntos con el equipo de topografía en el techo sano del manto y se realiza un apique hasta el piso para luego replantear estos mismos puntos en techo limpio y piso recuperado del manto, dando como resultados un espesor aparente en los puntos de los levantamientos para luego realizar un cálculo de espesor real y determinar cuánto carbón se perdió en el proceso de limpieza.

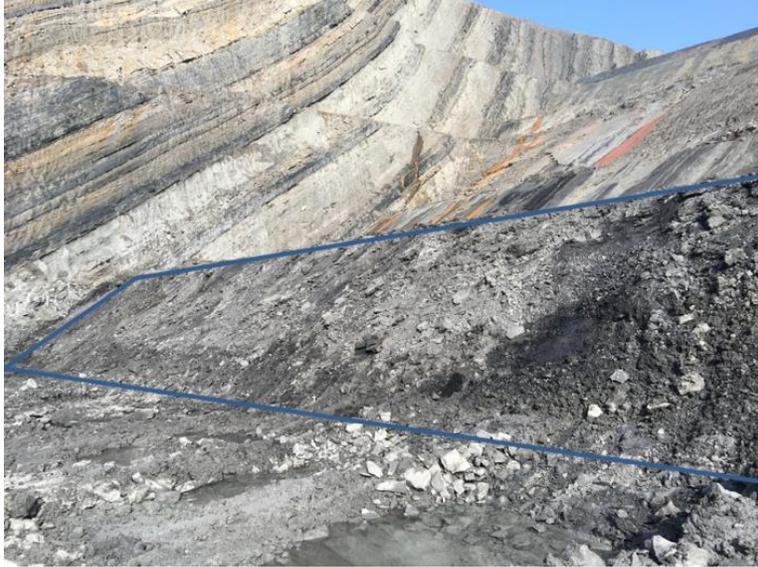


*Ilustración 19: Esquema explicativo del método Descapote.*

## PROCEDIMIENTO

### 10.4.1.1 DEFINICIÓN DEL BLOQUE

Se define un manto de carbón que este en descapote. Antes del proceso de limpieza con la ayuda del martillo se procede a remover el material estéril que este encima del manto en varios puntos del bloque de carbón hasta identificar el techo sano, tratar de no picar el techo del carbón para tomar el punto de techo sano. Tener en cuenta que el techo del manto que aflora no sea laja.



*Fotografía 2: Techo sano del manto 180.*



*Fotografía 3: Techo sano del manto 330.*

Para los puntos en piso realizar un apique en el manto de carbón tratando de no afectar el piso, tomar un punto donde se ve el piso del manto y luego replantear los puntos después de la recuperación de piso.



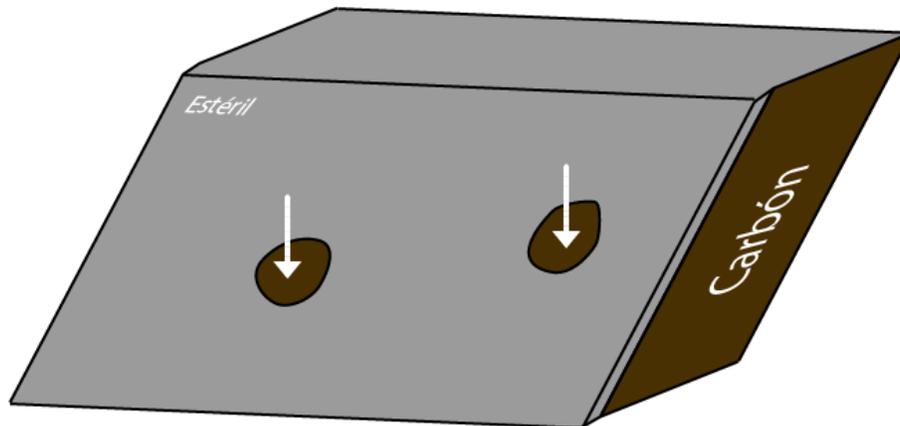
*Fotografía 4: Apique durante el minado del manto 220.*

La precisión es clave para la veracidad en la toma de datos, por lo tanto hay que tratar de ser lo más paciente con respecto a la toma de información.

#### **10.4.1.2 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS**

Antes de la limpieza en el techo del carbón, remover el material con el martillo hasta identificar el techo sano del manto y levantar el punto con el equipo de topografía.

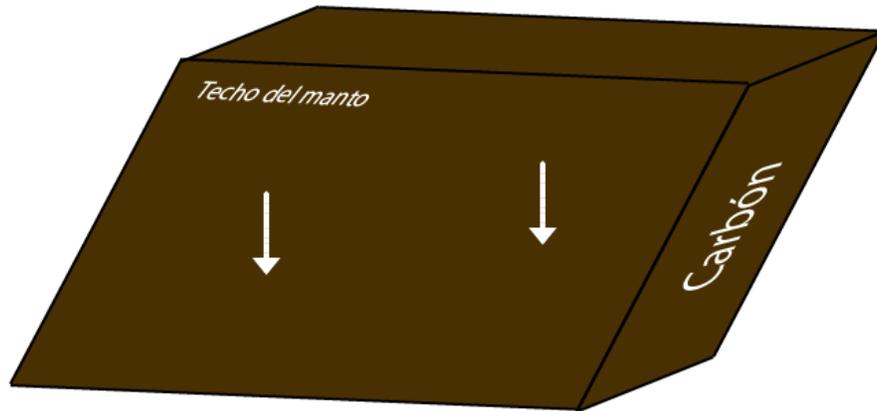
*Código de puntos:* TSANOC# - Techo Sano del manto #



*Ilustración 20: Toma de puntos Techo Sano.*

Luego del proceso de limpieza se procede a replantear los puntos que se levantaron en techo sano.

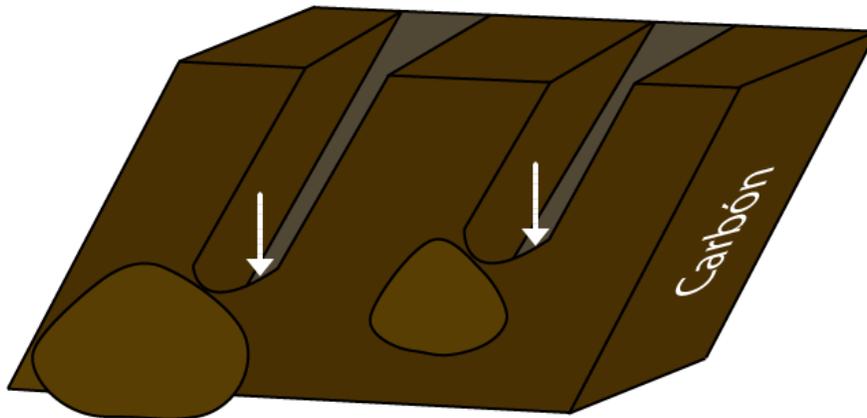
Código de puntos: TLIMPIOC# - Techo Limpio del manto #



*Ilustración 21: Toma de puntos Techo Limpio.*

Realizar apiques en el bloque de carbón limpio hasta identificar el piso del manto para levantar puntos con el equipo de topografía.

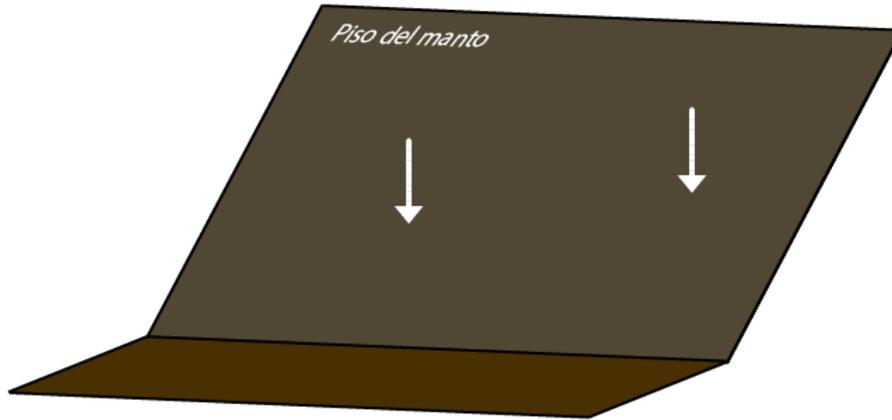
Código de puntos: APIQUEC# - Apique del manto #



*Ilustración 22: Toma de puntos Apique.*

Replantar los puntos de apique en el piso ya recuperado la totalidad de carbón en el bloque.

Código de puntos: PRECUC# - Piso Recuperado del manto #



*Ilustración 23: Toma de puntos Piso Recuperado.*

#### **10.4.1.3 EXPORTAR INFORMACIÓN**

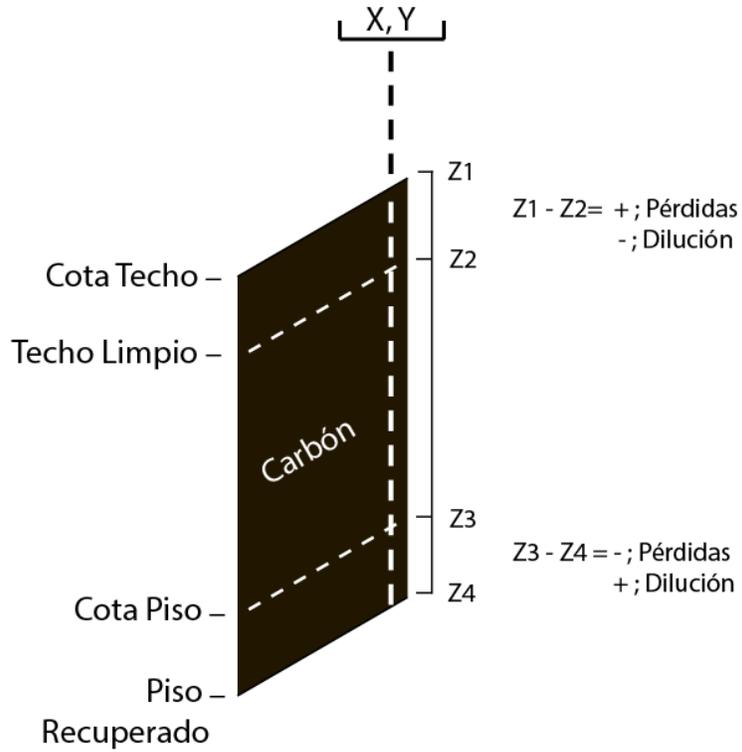
Se exporta la información levantada por el equipo topográfico en una memoria USB. El archivo generado es un Documento de texto (.txt) que se compone por:

- Punto, Este, Norte, Elevación, Código

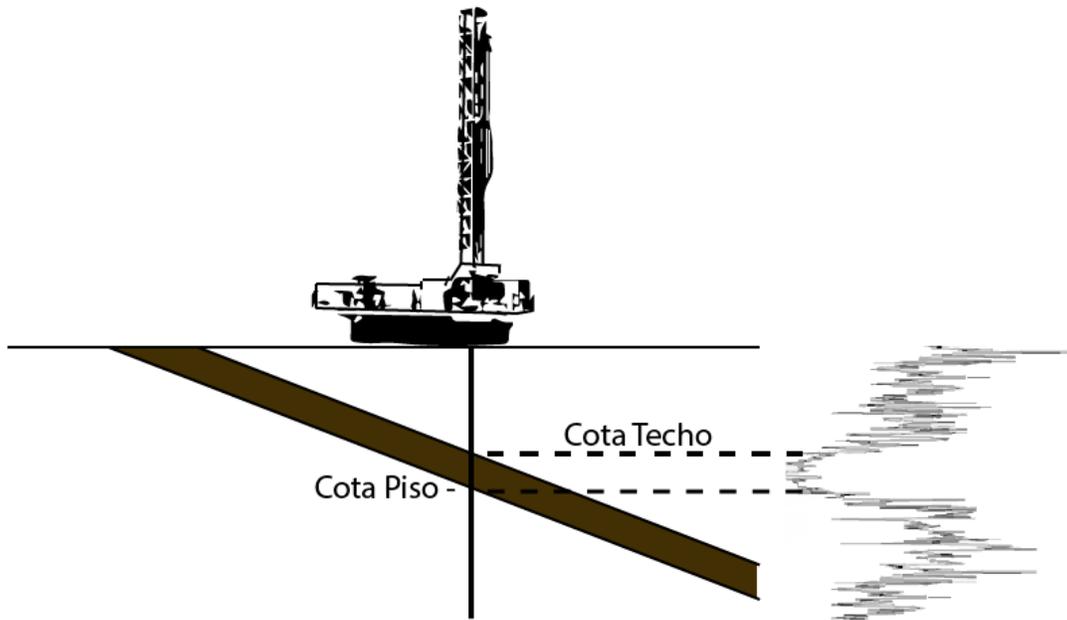
Esta información será luego recopilada en la base de datos para el cálculo de pérdidas o dilución (**CAL\_PERDIDAS\_DB**)

#### **10.4.2 POZOS**

En este ejercicio se describen los pozos ya sean de voladura bajo manto o pozos banco para definir los puntos donde se encuentra el techo y piso del carbón sin afectación, para luego replantear estos puntos con el equipo de topografía en el proceso de limpieza y apilamiento, dando como resultado un espesor aparente que se calcula como espesor real y así determinar cuánto carbón se perdió o diluyó en el proceso de limpieza.



*Ilustración 24: Esquema explicativo del método Pozos.*



*Ilustración 25: Registro de pozo de Voladura Bajo Manto.*



*Fotografía 5: Equipo de registro.*



*Fotografía 6: Techo limpio del manto atravesado por un pozo.*

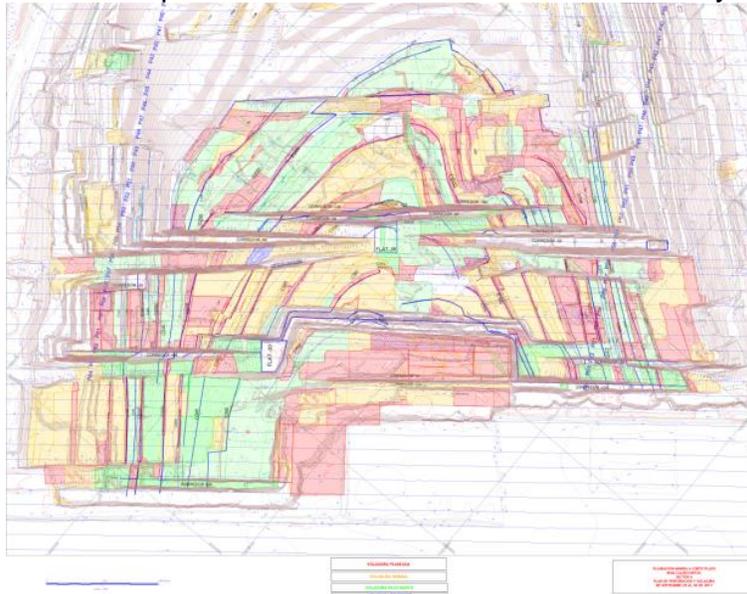
**Voladuras Bajo Manto:** Método donde se perfora el suelo atravesando los mantos hasta el nivel deseado de la pala. Este método es utilizado para conocer la profundidad a la

que están los mantos, y así, remover el material estéril que esté por encima y debajo de estos.

**Registros Gamma Ray:** método para medir naturalmente la radiación gamma de las rocas o sedimentos en un pozo. Las secuencias sedimentarias emiten bajas cantidades radiación gamma debido a los bajos niveles del isotopo de Potasio ( $K_{40}$ ).

Para la realización del ejercicio con pozos de voladura se necesita recopilar información suministrada por las áreas de planeación, perforación y registro:

- **Mapa del Plan diario de Perforación y Voladura:** Este mapa tiene que ser actualizado al día para poder identificar los pozos a registrar de las Voladuras Bajo Manto. Este mapa lo suministra el área de Perforación y Voladura.



*Ilustración 26: Mapa del Plan de Perforación y Voladura del día 29 de septiembre 2017.  
Fuente: Prodeco.*

- **Registros de pozos en Voladura Bajo Manto:** Son los registros que se van a describir para identificar en que pozos se presenta el carbón.

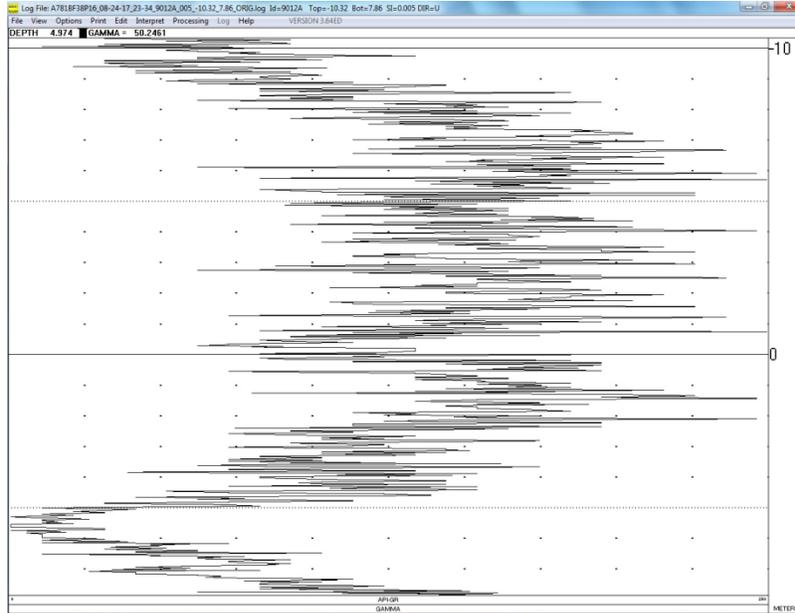


Ilustración 27: Registro Gamma del pozo A781BF38P16. Fuente: Prodeco.

- **Driller Report:** Este documento de texto contiene las coordenadas donde se diseñó las perforaciones de Voladura Bajo Manto.

AREA	HWP	ROW	MOLE	NO.	CLASS	X	Y	Z	DEPTH	AZIMUTH	DDP
N-096	A781	10		16	SOFT	1066557.090	1563986.339	0.00	96.56	0	-90
N-096	A781	11		15	SOFT	1066551.508	1563980.835	-89.61	6.89	0	-90
N-096	A781	11		17	SOFT	1066549.523	1563988.277	-87.88	8.62	0	-90
N-096	A781	11		19	SOFT	1066547.533	1563995.920	0.00	96.49	0	-90
N-096	A781	11		21	SOFT	1066549.107	1564002.686	-87.82	6.89	0	-90
N-096	A781	12		14	SOFT	1066545.927	1563975.331	-90.60	3.90	0	-90
N-096	A781	12		16	SOFT	1066549.539	1563982.973	-88.83	7.67	0	-90
N-096	A781	12		18	SOFT	1066541.951	1563990.416	-87.65	8.85	0	-90
N-096	A781	12		20	SOFT	1066539.964	1563997.958	-87.06	8.25	0	-90
N-096	A781	12		22	SOFT	1066537.976	1564005.501	-86.76	5.59	0	-90
N-096	A781	12		24	SOFT	1066534.527	1564012.580	-86.59	2.80	0	-90
N-096	A781	13		13	SOFT	1066540.343	1563989.427	-91.37	5.13	0	-90
N-096	A781	13		15	SOFT	1066538.357	1563977.569	-89.52	6.98	0	-90
N-096	A781	13		17	SOFT	1066536.370	1563984.912	-88.05	8.45	0	-90
N-096	A781	13		19	SOFT	1066534.382	1563992.454	-87.47	9.03	0	-90
N-096	A781	13		21	SOFT	1066532.394	1563999.997	-87.01	7.11	0	-90
N-096	A781	13		23	SOFT	1066530.406	1564007.539	-86.63	4.51	0	-90
N-096	A781	13		25	SOFT	1066528.419	1564015.082	-86.65	1.51	0	-90
N-096	A781	14		12	SOFT	1066534.644	1563965.231	-91.96	4.54	0	-90
N-096	A781	14		14	SOFT	1066532.776	1563971.869	-90.21	6.29	0	-90
N-096	A781	14		16	SOFT	1066530.788	1563979.407	-88.47	8.03	0	-90
N-096	A781	14		18	SOFT	1066528.800	1563986.950	-87.73	8.77	0	-90
N-096	A781	14		20	SOFT	1066526.812	1563994.492	-87.26	6.62	0	-90
N-096	A781	14		22	SOFT	1066524.825	1564002.035	-86.86	6.06	0	-90
N-096	A781	14		24	SOFT	1066522.837	1564009.577	-86.75	3.18	0	-90
N-096	A781	15		13	SOFT	1066526.999	1563967.222	-91.09	3.41	0	-90
N-096	A781	15		15	SOFT	1066525.206	1563973.903	-89.15	6.93	0	-90
N-096	A781	15		17	SOFT	1066523.219	1563981.446	-88.57	7.93	0	-90
N-096	A781	15		19	SOFT	1066521.231	1563988.988	-87.50	9.00	0	-90
N-096	A781	15		21	SOFT	1066519.243	1563996.531	-87.11	7.56	0	-90
N-096	A781	15		23	SOFT	1066517.255	1564004.073	-86.98	4.72	0	-90
N-096	A781	15		25	SOFT	1066515.268	1564011.616	-86.92	3.80	0	-90
N-096	A781	16		14	SOFT	1066519.912	1563969.929	-90.62	5.88	0	-90
N-096	A781	16		16	SOFT	1066517.637	1563977.942	-89.46	7.04	0	-90
N-096	A781	16		18	SOFT	1066515.649	1563981.484	-87.91	8.59	0	-90
N-096	A781	16		20	SOFT	1066513.661	1563981.027	-87.36	9.09	0	-90
N-096	A781	16		22	SOFT	1066511.674	1563998.569	-87.13	6.33	0	-90
N-096	A781	16		24	SOFT	1066509.686	1564002.112	-87.08	3.42	0	-90
N-096	A781	16		26	SOFT	1066508.126	1564012.472	-87.06	0.93	0	-90
N-096	A781	17		15	SOFT	1066512.055	1563970.438	-90.06	6.44	0	-90
N-096	A781	17		17	SOFT	1066510.068	1563977.980	-88.51	9.99	0	-90
N-096	A781	17		19	SOFT	1066508.080	1563985.523	-87.62	8.88	0	-90
N-096	A781	17		21	SOFT	1066506.092	1563993.065	-87.31	8.04	0	-90
N-096	A781	17		23	SOFT	1066504.104	1564000.607	-87.22	5.16	0	-90
N-096	A781	17		25	SOFT	1066502.117	1564008.150	-87.18	2.23	0	-90
N-096	A781	18		14	SOFT	1066506.474	1563964.933	-90.52	5.98	0	-90
N-096	A781	18		16	SOFT	1066504.486	1563972.476	-88.78	7.72	0	-90
N-096	A781	18		18	SOFT	1066502.498	1563980.018	-87.85	8.65	0	-90
N-096	A781	18		20	SOFT	1066500.510	1563987.561	-87.43	9.07	0	-90
N-096	A781	18		22	SOFT	1066498.523	1563995.103	-87.46	6.81	0	-90
N-096	A781	18		24	SOFT	1066496.535	1564002.646	-87.41	3.89	0	-90
N-096	A781	18		26	SOFT	1066494.547	1564010.188	-87.52	6.82	0	-90
N-096	A781	19		15	SOFT	1066498.904	1563966.972	-89.06	7.44	0	-90
N-096	A781	19		17	SOFT	1066496.917	1563974.514	-87.80	8.70	0	-90
N-096	A781	19		19	SOFT	1066494.929	1563982.057	-87.45	9.05	0	-90
N-096	A781	19		21	SOFT	1066492.941	1563989.599	-87.46	8.70	0	-90
N-096	A781	19		23	SOFT	1066490.953	1563997.142	-87.66	5.53	0	-90
N-096	A781	19		25	SOFT	1066488.966	1564004.684	-87.69	2.54	0	-90
N-096	A781	20		14	SOFT	1066493.323	1563961.468	-90.27	6.23	0	-90
N-096	A781	20		16	SOFT	1066491.335	1563969.010	-88.49	8.03	0	-90
N-096	A781	20		18	SOFT	1066489.347	1563976.553	-87.94	8.56	0	-90
N-096	A781	20		20	SOFT	1066487.359	1563984.095	-87.68	8.82	0	-90
N-096	A781	20		22	SOFT	1066485.372	1563991.638	-87.84	7.74	0	-90

Ilustración 28: Driller Report de la Voladura A781B. Fuente: Prodeco.

Los Registros y Driller Report los suministra el área de Registro.

La información de los Pozos Banco es suministrada por el área de Geología de exploración, en la cual se entrega información de pozos donde se registra y las coordenadas de estos.

Se creó una base de datos **(BASE DRILL)** para recopilar la información de los Driller Report y los registros de Voladura Bajo Manto.

La Base está constituida por:

- Driller Report: en esta sección solo se copia y pega el Driller Report de la Voladura.
  - o AREA: Dato indefinido
  - o MAP: Nombre de la Voladura
  - o ROW: Fila
  - o HOLE\_NO: Pozo
  - o CLASS: Dato indefinido
  - o X, Y, Z: Coordenadas norte, este y elevación de diseño
  - o DEPTH: Profundidad de perforación
  - o AZIMUT, DIP: Dato indefinido
- Descripción del Registro: aquí se ingresan las profundidades de techo y piso del registro de carbón.
  - o FROM: Profundidad donde empieza el carbón en el registro.
  - o TO: Profundidad donde termina el carbón en el registro.
  - o Espesor: Espesor del carbón (TO-FROM)
  - o Cota Techo: Elevación del techo del carbón (Z-FROM)
  - o Cota Piso: Elevación del piso del carbón (Z-TO)
  - o Objetivo: Nombre del manto entre los niveles de minería.
- Datos del CAT Terrain: estas son las coordenadas exactas donde el taladro perforó en la Voladura Bajo Manto.
  - o Northing(A), Easting(A), Collar Elevation: Coordenadas norte, este y elevación de la perforación
  - o Cota Techo (A): Elevación del techo del carbón (Collar Elevation-FROM)
  - o Cota Piso (A): Elevación del piso del carbón (Collar Elevation-TO)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	AREA	MAP	ROW	HOLE_N	CLASS	X	Y	Z	DEPTH	AZIMUT	DIP	FROM	TO	Espesc	Cota Tech	Cota Pisi	Objetivo (/)
2															0	0	0
3															0	0	0
4															0	0	0
5															0	0	0
6															0	0	0
7															0	0	0
8															0	0	0
9															0	0	0
10															0	0	0
11															0	0	0
12															0	0	0
13															0	0	0
14															0	0	0
15															0	0	0
16															0	0	0
17															0	0	0
18															0	0	0
19															0	0	0
20															0	0	0
21															0	0	0
22															0	0	0
23															0	0	0
24															0	0	0
25															0	0	0
26															0	0	0
27															0	0	0
28															0	0	0
29															0	0	0
30															0	0	0
31															0	0	0
32															0	0	0
33															0	0	0
34															0	0	0
35															0	0	0
36															0	0	0
37															0	0	0
38															0	0	0
39															0	0	0
40															0	0	0
41															0	0	0
42															0	0	0
43															0	0	0
44															0	0	0
45															0	0	0
46															0	0	0
47															0	0	0
48															0	0	0

Ilustración 29: Base Drill. Fuente. Autor.

## PROCEDIMIENTO

### 10.4.2.1 DEFINICIÓN DE LAS VOLADURAS BAJO MANTO

Se identifican las Voladuras Bajo Manto en el Mapa del Plan de Voladura que están a la fecha para describir. Luego se piden Los registros y Driller Report de las Voladuras Bajo Manto para su descripción.

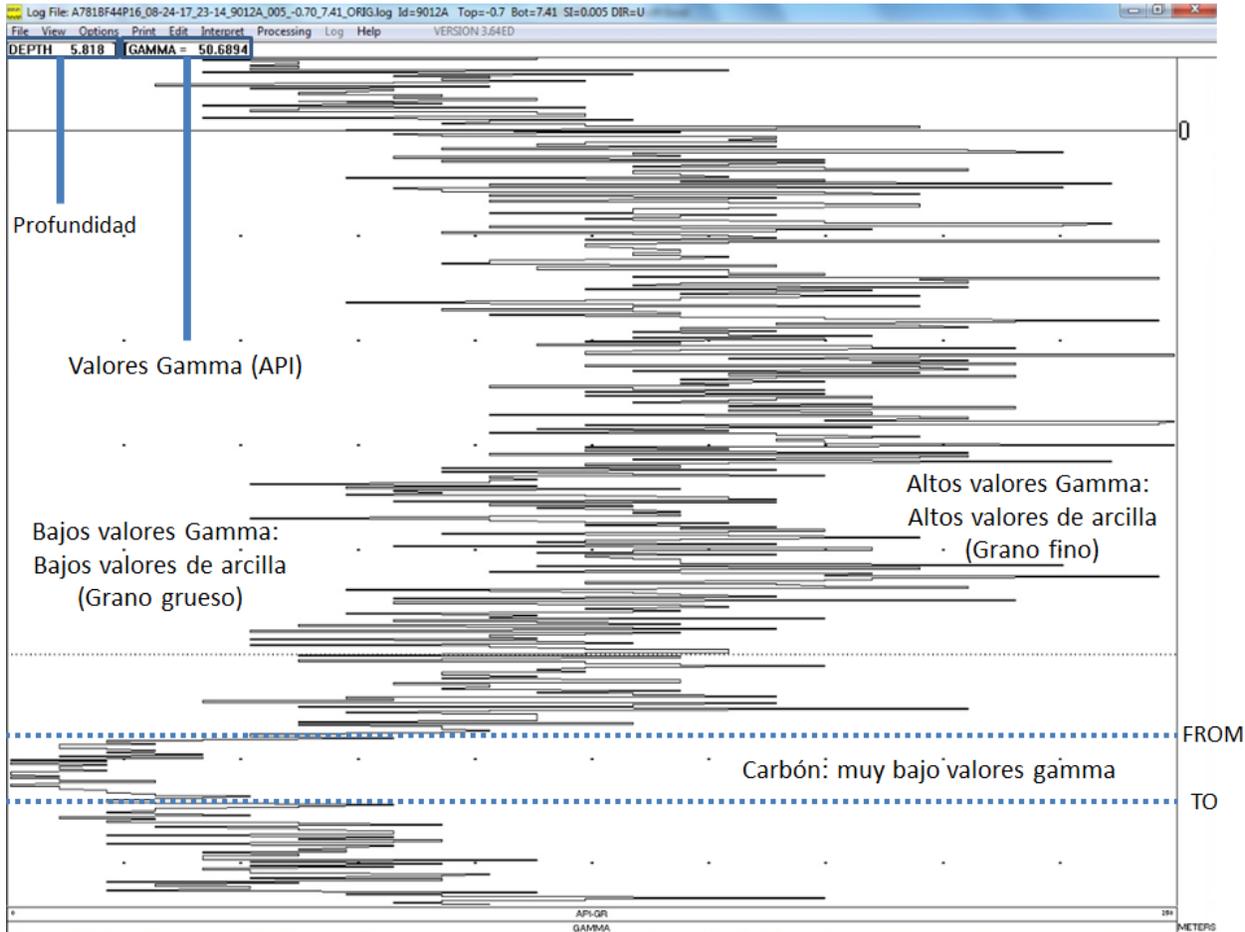
Para la descripción de los registros se ingresa el Driller Report en la base de datos BASE DRILL.

Recomendación para la toma de información:

- Se debe llevar un seguimiento al avance de minería teniendo en cuenta las cotas en las que se encuentra cada pala. Esto permite conocer si los datos resultados como cota de carbón están actualmente en producción. Para esto se debe ser rápido en la descripción y organización de los datos para realizar los replanteos.

### 10.4.2.2 DESCRIPCIÓN DE REGISTROS GAMMA

Ya con el Driller Report de la Voladura en el Base Drill se procede a describir los pozos que atraviesan carbón con el software Century Geophysical Corp. Se ingresa la profundidad donde comienza (FROM) y la profundidad donde termina el registro de carbón (TO) en la base de datos (BASE DRILL). Se recomienda describir los registros en valores de 50 API.



*Ilustración 30: Descripción de registros Gamma en el software Century Geophysical Corp. Fuente: Prodeco modificado para la explicación.*

La base de datos calcula la elevación donde se encuentra el techo (Cota Techo) y piso (Cota Piso) del manto. Ya con los resultados se guarda la base de datos BASE DRILL con el nombre de la Voladura descrita.

A partir de aquí tenemos las coordenadas (X,Y) y la elevación de techo (Cota Techo) y piso (Cota Piso) del carbón en los pozos de la VBM. Ya podemos avanzar a levantar los puntos donde se registró el carbón en el techo limpio y piso recuperado. Esta información se puede organizar para importarla al equipo topográfico como documento de texto (.txt) que se compone por:

- Punto, Este, Norte, Elevación, Código
- \*Se asignan nombres a los puntos y el Código que puede ser el nombre de la Voladura y el Pozo\*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	AREA	MAP	ROW	HOLE	CLASS	X	Y	Z	DEPTH	AZIMUT	DIP	FROM	TO	Espes	Cota Tech	Cota Piso	Objetivo (-88/-92/-9)
6	N-096	A781	11	21	SOFT	1066543.107	1564002.686	-86.82	6.89	0	-90	5.071	6.104	1.033	-91.891	-92.924	
8	N-096	A781	12	16	SOFT	1066543.939	1563982.873	-88.83	7.67	0	-90	1.503	2.716	1.213	-90.333	-91.546	
47	N-096	A781	18	14	SOFT	1066506.474	1563964.933	-90.52	5.98	0	-90	4.789	5.422	0.633	-95.309	-95.942	
61	N-096	A781	20	16	SOFT	1066491.335	1563969.01	-88.49	8.01	0	-90	5.655	6.324	0.669	-94.145	-94.814	
84	N-096	A781	24	22	SOFT	1066459.07	1563984.706	-89.22	7.28	0	-90	6.955	8.186	1.231	-96.175	-97.406	
170	N-096	A781	38	16	SOFT	1066372.976	1563937.818	-88.84	7.66	0	-90	4.974	6.198	1.224	-93.814	-95.038	
216	N-096	A781	44	16	SOFT	1066333.177	1563928.041	-88.78	7.72	0	-90	5.818	6.437	0.619	-94.598	-95.217	
218	N-096	A781	44	20	SOFT	1066329.547	1563942.506	-86	10.04	0	-90	4.146	5.007	0.861	-90.146	-91.007	

Ilustración 31: Base de datos de la Voladura A781B DRILL. Fuente: Autor modificado para la explicación.

### 10.4.2.3 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS

- Se replantean los puntos de los pozos donde se definió la cota del techo de carbón luego de la limpieza en el techo.

Código de puntos: TLIMPIOC# - Techo Limpio del manto #.

- Se replantean los puntos de los pozos donde se definió la cota del piso de carbón luego de la recuperación en el piso.

Código de puntos: PRECUC# - Piso Recuperado del manto #.

### 10.4.2.4 EXPORTAR INFORMACIÓN

Se exporta la información levantada por el equipo topográfico en una memoria USB. El archivo generado es un Documento de texto (.txt) que se compone por:

- Punto, Este, Norte, Elevación, Código

Esta información será luego recopilada en la base de datos para el cálculo de pérdidas o dilución (**CAL\_PERDIDAS\_DB**).

## 10.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 10.5.1 BASE DE DATOS PARA CUANTIFICAR LAS PERDIDAS O DILUCIÓN EN TECHO Y PISO DE CARBÓN

En general, el análisis tiene como fin calcular la variación de espesor que se genera en los levantamientos:

	Descapote		Pozos	
Punto Código	Techo Sano TSANOC#	Techo Limpio TLIMPIOC#	Cota Techo VBM & Pozo	Techo Limpio TLIMPIOC#
Punto Código	Apique APIQUEC#	Piso Recuperado PRECUC#	Cota Piso VBM & Pozo	Piso Recuperado PRECUC#

*Tabla 3: datos a calcular*

Para realizar el análisis de datos se creó un instrumento metodológico donde se recopila toda la información de los puntos levantados.

La base de datos está constituida por:

Hoja 1: DB\_PERDIDAS: en esta hoja se ingresa todos los datos del levantamiento topográfico y Pozos.

- Año
- Mes
- Fecha
- Sector
- Manto
- Nivel
- Flanco
- Código: Descapote, Pozo, VBM, Apique
- Buzamiento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Año	Mes	Fecha	Sector	Manto	Nivel	Flanco	Código	Buzamiento	X1 (DR)
14	2017	AGOSTO	170831	A	C220	8	ORIENTAL	Descapote	61	10669
15	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
16	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
17	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
18	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
19	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
20	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
21	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
22	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
23	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
24	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671
25	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Descapote	21	10671

Ilustración 32: CAL\_PERDIDAS\_DB datos generales.

- Coordenadas:
  - o (X1, Y1, Z1): Coordenadas de Techo Sano (Descapote) o Cota Techo (Pozos)
  - o (X2, Y2, Z2): Coordenadas de Techo Limpio (Descapote o Pozos)
  - o (X3, Y3, Z3): Coordenadas de Apique (Descapote) o Cota Piso (Pozos)
  - o (X4, Y4, Z4): Coordenadas de Piso Recuperado (Descapote o Pozos)

	Buzamiento	X1 (DR)	Y1 (DR)	Z1 (DR-RG)	X2 (Topo)	Y2 (Topo)	Z2 (Topo)	X3 (DR)	Y3 (DR)	Z3 (DR-RG)	X4 (Topo)	Y4 (Topo)	Z4 (Topo)	Perd
26	21	1067189.132	1563000.443	-112.853	1067189.174	1563000.460	-112.873							
27	21	1067190.352	1563004.063	-113.138	1067190.358	1563004.079	-113.162							
28	21	1067195.554	1563005.319	-111.735	1067195.509	1563005.328	-111.865							
29	21	1067196.817	1562999.444	-110.444	1067196.819	1562999.433	-110.435							
30	15	1066793.911	1563641.102	-116.173	1066793.725	1563641.171	-116.161							
31	15	1066793.460	1563630.785	-117.948	1066792.558	1563631.279	-117.849							
32	15							1066792.912	1563642.865	-116.264	1066792.955	1563642.902	-116.285	
33	15							1066787.058	1563642.534	-116.599	1066787.064	1563642.567	-116.598	
34	15							1066787.064	1563642.567	-116.598	1066787.058	1563642.534	-116.599	
35	21							1067188.392	1562978.985	-113.644	1067188.413	1562979.014	-113.637	
36	21							1067190.171	1562981.148	-113.475	1067189.447	1562980.800	-113.633	
37	21							1067189.404	1562980.772	-113.660	1067190.235	1562981.169	-113.451	

Ilustración 33: CAL\_PERDIDAS\_DB coordenadas y elevación de los puntos de carbón.

- Perdidas Aparente\_TECHO: Calculo de espesor aparente del techo (Z1-Z2)
- Perdidas aparente\_PISO: Calculo de espesor aparente del piso (Z3-Z4)
- Perdidas Real\_TECHO: Calculo de espesor real del techo  
 $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_TECHO})$
- Perdidas Real\_PISO: Calculo de espesor real del piso  
 $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_PISO})$

	U	V	W	X	Y	VBM
1	Z4 (Topo)	Perdidas Aparente_TECHO	Perdidas aparente_PISO	Perdidas Real_TECHO	Perdidas Real_PISO	
25		-0.017		-0.016		
26		0.020		0.019		
27		0.024		0.022		
28		0.130		0.121		
29		-0.009		-0.008		
30		-0.012		-0.012		
31		-0.099		-0.096		
32	-116.285		0.021		0.020	
33	-116.598		-0.001		-0.001	
34	-116.599		0.001		0.001	
35	-113.637		-0.007		-0.007	
36	-113.633		0.158		0.148	
37	-113.451		-0.209		-0.195	

$(Z1-Z2)$                        $(Z3-Z4)$                        $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_PISO})$   
 $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_TECHO})$

*Ilustración 34: CAL\_PERDIDAS\_DB cálculo de pérdidas en techo y piso.*

En esta sección se copian y pegan los datos calculados CAT Terrain del BASE DRILL

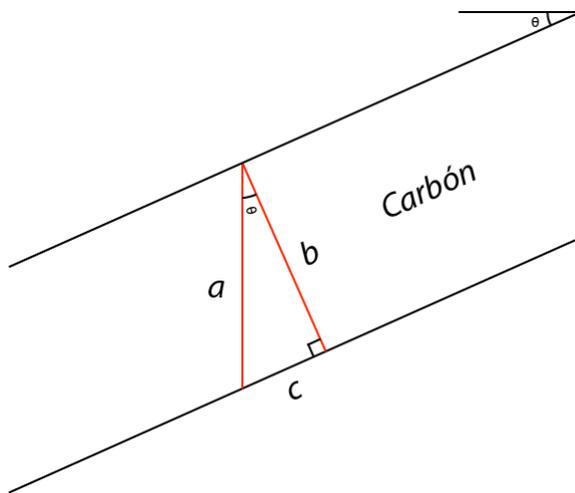
- VBM CAT TERRAIN: Nombre de la VBM y pozo
- Northing(A): Coordenada Norte del taladro
- Easting(A): Coordenada Este del taladro
- Cota Techo (A): Elevación del techo del carbón
- Cota Piso (A): Elevación del piso del carbón
- Perdidas aparente\_TECHO (A): Calculo de espesor aparente del techo (Cota Techo-Z2)
- Perdidas aparente\_PISO (A): Calculo de espesor aparente del piso (Cota Piso-Z4)
- Perdidas Real\_TECHO(A): Calculo de espesor real del techo  $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_TECHO (A)})$
- Perdidas Real\_PISO (A): Calculo de espesor real del piso  $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_PISO(A)})$

Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
Perdidas Real_PISO	VBM CAT TERRAIN	Northing(A)	Easting(A)	Cota Techo (A)	Cota Piso (A)	Perdidas aparente_TECHO (A)	Perdidas aparente_PISO (A)	Perdidas Real_TECHO (A)	Perdidas Real_PISO (A)
0.322	A733GF17P17	1563923.520	1066313.700	-93.528	-94.245	0.598	0.662	0.546	0.605
0.297	A781BF44P16	1563925.160	1066333.800	-94.838	-95.457	0.011	0.076	0.010	0.071
	A781BF38P16	1563933.840	1066372.840	-93.674	-94.898	1.214		1.167	
0.130									

Coordenadas (A)    Datos del Base Drill  
 (Cota Techo-Z2)  
 (Cota Piso-Z4)  
 $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_TECHO (A)})$   
 $(\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento})) * \text{Perdidas aparente\_PISO(A)})$

Ilustración 35: CAL\_PERDIDAS\_DB cálculo de pérdidas en techo y piso del CAT Terrain.

- Espesor Real Topo: Calculo del espesor real con respecto a los datos tomados en descapote  
 $((Z2-Z4) * (\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento}))))$
- Espesor Real RG: Calculo del espesor real con respecto a los datos tomados del Registro Gama  
 $((\text{Cota Techo (A)} - \text{Cota Piso(A)}) * (\text{COS}(\text{RADIANES}(\text{Buzamiento}))))$



$a$  = Espesor aparente  
 $b$  = Espesor Real  
 $c$  = Cateto opuesto  
 $\theta$  = angulo de buzamiento

$$b = \text{Cos}\theta * a$$

Ilustración 36: Formula para el cálculo del espesor real.

Hoja 2: DIN\_RESULTADOS: En esta hoja se creó una tabla dinámica donde se promedian los datos resultados de las pérdidas o dilución en los mantos. Se organizó de la siguiente manera:

- Columna:
  - o Fecha
  - o Levantamiento

- Manto,Secotr,Nivel,Flanco
- Filas:
  - Promedio de Perdidas Techo
  - Promedio de Perdidas Piso
  - Promedio de Perdidas Techo (A)
  - Promedio de Perdidas Piso (A)

En base al promedio de cada manto de carbón se logra cuantificar la cantidad de carbón que se perdió o diluyó por el proceso de limpieza en el techo y piso de los mantos de carbón.

Los datos resultados están en unidades métricas. Los valores positivos representan pérdidas y los valores negativos representan dilución.

Etiquetas de fila	Promedio de Perdidas Real_Techo	Promedio de Perdidas Real_Piso	Promedio de Perdidas Real_Techo (A)	Promedio de Perdidas Real_Piso (A)
170824				
Apique		0,041		
C240A7ORIENTAL				
Descapote	-0,066			
C140LA8ORIENTAL				
C240A7ORIENTAL	0,052			
C310A8ORIENTAL	0,143			
170831				
Descapote		0,175		
C220A8ORIENTAL				
170906				
Apique		-0,018		
C200A7ORIENTAL				
C220A7OCCIDENTAL		0,007		
Descapote	0,050			
C200A7ORIENTAL				
C220A7OCCIDENTAL	-0,054			
170908				
VBM		0,264		
C210A7ORIENTAL				
170911				
Apique		0,028		
C170A7OCCIDENTAL				
Descapote	0,011			
C170A7OCCIDENTAL				
VBM	0,510	0,206	0,575	0,338
C170A7OCCIDENTAL				
170912				
Descapote		0,066		
C360A8ORIENTAL				

Ilustración 37: DIN\_RESULTADOS Hoja de Resultados.

## 10.5.2 LEVANTAMIENTO DE BLOQUES DE CARBÓN Y CALCULO DE VOLUMENES

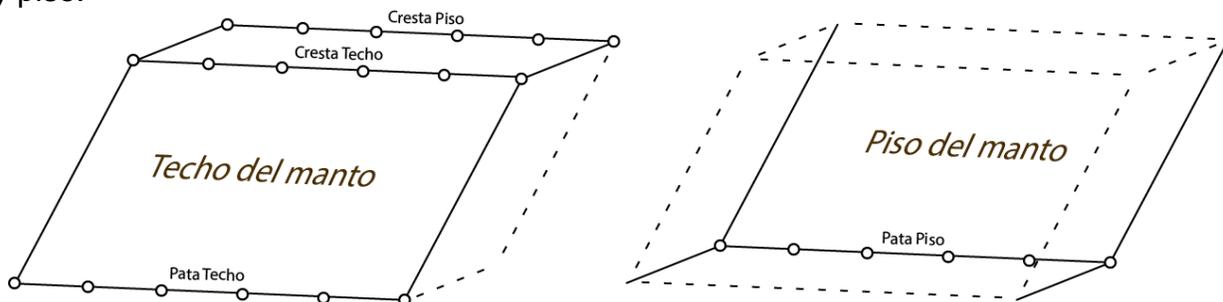
Por medio del levantamiento de puntos en el bloque de carbón se logra generar la geometría del bloque para así calcular la cantidad de volumen de carbón ya estandarizado para su extracción. Para este método se toman puntos en el bloque de carbón que representaran una superficie luego de ser triangulados en el software Minex.

### 10.5.2.1 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS EN EL BLOQUE DE CARBÓN

Para este método se definieron los siguientes códigos de puntos a tomar:

- CTC#: Cresta - Techo del manto #
- CPC#: Cresta - Piso del manto #
- PTC#: Pata - Techo del manto #
- PPC#: Pata - Piso del manto #
- 0: puntos sueltos en el techo del manto
- 1: puntos sueltos en el piso del manto

Los puntos comprenden el bloque del manto que al unirse crean las superficies de techo y piso:



*Ilustración 38: Puntos a levantar del bloque de carbón.*

El levantamiento de puntos en el bloque se realiza luego de la limpieza del manto, para esto se debe tener definida la cabeza y la pata del carbón. Primero se levantan los puntos Techo y piso en la Cresta y la Pata del Techo. Tomar puntos sueltos en el techo para definir la geometría del techo en caso tal de presentar variaciones en la superficie del techo por fallas o afectación por la pala, tomar los contornos de estas geometrías.

Luego del minado de carbón y recuperación del piso se procede a levantar la Pata en el Piso del bloque de carbón para terminar la geometría 3D del bloque. En caso de ver variaciones en la superficie del piso tomar puntos en los contornos de estas geometrías.

A partir de aquí exportamos los puntos del levantamiento para organizarlos y crear las superficies de techo y piso del bloque para crear los triángulos a calcular. Para realizar este procedimiento se utilizó el software DraftSight.

Se crean 2 Layers, uno para techo y otro para piso y se pegan los puntos que comprenden estas superficies. Se guardan los puntos como archivo .dwg para importarlos en el Software Minex.

### **10.5.2.2 CALCULO DE VOLUMENES EN EL SOFTWARE MINEX.**

Este método nos ayuda a conocer la cantidad de volumen de carbón en el bloque a analizar por medio de la generación de una geometría 3D resultado del levantamiento de puntos en el bloque de carbón. Para este paso se necesita tener los puntos organizados y entrelazados por polilíneas que nos ayudara a generar la superficie de techo y piso del bloque de carbón.

En el Software Minex se crea un proyecto de colección Open Pit Engineering Files. Para empezar se debe crear una Geometría .GM3 y procedemos a importar los archivos .dwg de los mantos a triangular.

Se visualizan los puntos en la opción Geometry Display y escogemos el layer a triangular. Creamos un String y unimos los puntos del layer para luego generar las superficies con la opción Triangle Compute. Hacer estos pasos con los 2 layers para tener trianguladas la superficie de techo y piso. Revisar que las superficies no tengan triángulos fuera de los puntos del layer, en caso tal de tenerlos corregir con la función Edit en Triangle.

Ya con las 2 superficies visualizadas y editadas se procede a realizar el cálculo de volúmenes en Minex con la opción Triangle Volumes. Se escogen los 2 triángulos a calcular y se le da Ok.

Este paso nos da como resultado la cantidad de volumen de carbón medido que luego multiplicado por la densidad de carbón obtendremos las toneladas de carbón. Con este resultado se puede estimar la cantidad de carbón que se pudo haber extraído en caso tal de tener valores en pérdidas o cuanto carbón se extrajo más la dilución, además sirve para conocer las variaciones que hay entre las mediciones con cinta métrica, puntos de bloque y toneladas reportadas en base.

## 10.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultados en la base de datos que se creó para la cuantificación de pérdidas o dilución en techo y piso se obtuvieron:

- **43 Descapote:**
  - Manto 210, se perdieron 10 centímetros.
  - Manto 240, se perdieron 5.2 centímetros.
  - Manto 140L, se diluyeron 6.6 centímetros.
  - Manto 310, se perdieron 14.3 centímetros.
  - Manto 220, se perdieron 17.5 centímetros.
  - Manto 200, se perdieron 5 centímetros.
  - Manto 220, se diluyeron 5.4 centímetros.
  - Manto 170, se perdieron 1.1 centímetros.
  - Manto 360, se perdieron 6.6 centímetros.
  - Manto 220, se diluyeron 3.4 centímetros.
- **9 Apique:**
  - Manto 240, se diluyeron 4.1 centímetros.
  - Manto 200, se perdieron 1.8 centímetros.
  - Manto 220, se diluyeron 7 milímetros.
  - Manto 170, se diluyeron 2.8 centímetros.
- **4 Pozos VBM:**
  - Manto 210, se perdieron 26.4 centímetros en el techo.
  - Manto 170, se perdieron 57.5 centímetros en el techo y 33.8 centímetros en piso.

Etiquetas de fila	Promedio de Perdidas Real_TECHO	Promedio de Perdidas Real_PISO	Promedio de Perdidas Real_TECHO (A)	Promedio de Perdidas Real_PISO (A)
170822				
Descapote				
C210A7OCCIDENTAL	0.100			
170824				
Apique				
C240A7ORIENTAL		0.041		
Descapote				
C140LA8ORIENTAL	-0.066			
C240A7ORIENTAL	0.052			
C310A8ORIENTAL	0.143			
170831				
Descapote				
C220A8ORIENTAL	0.175			
170906				
Apique				
C200A7ORIENTAL		-0.018		
C220A7OCCIDENTAL		0.007		
Descapote				
C200A7ORIENTAL	0.050			
C220A7OCCIDENTAL	-0.054			
170908				
VBM				
C210A7ORIENTAL	0.264			
170911				
Apique				
C170A7OCCIDENTAL		0.028		
Descapote				
C170A7OCCIDENTAL	0.011			
VBM				
C170A7OCCIDENTAL	0.510	0.206	0.575	0.338
170912				
Descapote				
C360A8ORIENTAL	0.066			
170920				
Descapote				
C220A7OCCIDENTAL	-0.034			

Tabla 4: Tabla dinámica con los resultados.

- **16 Bloque:**

	<b>Tons Cinta</b>	<b>Tons Cargadas</b>	<b>Volumen Minex cm3</b>	<b>Toneladas Minex</b>
<b>170620</b>				
C170A7OCCIDENTAL	1196,42	900	585	760,50
<b>170628</b>				
C190A7OCCIDENTAL	745,84		278	361,40
<b>170706</b>				
C370A8ORIENTAL	1020,35		592	769,60
<b>170711</b>				
C300A8ORIENTAL	506,61	400	267	347,10
<b>170712</b>				
C210A9OCCIDENTAL	113,90	100	78	101,40
<b>170713</b>				
C180A7OCCIDENTAL	1484,82		1239	1610,70
<b>170727</b>				
C165A	241,78		298	387,40
C180A7ORIENTAL	402,10	300	296	384,80
<b>170801</b>				
C165CD7ORIENTAL	587,73	370	182	236,60
C170A7OCCIDENTAL	1367,00	1120	831	1080,30
C200A8OCCIDENTAL	866,40	428	507	659,10
C270A6OCCIDENTAL	1376,89		1286	1671,80
<b>170802</b>				
C199A7OCCIDENTAL	177,59		90	117,00
C210A8OCCIDENTAL	153,82	154	119	154,70
<b>170803</b>				
C199A7ORIENTAL	471,00		151	196,30
<b>170911</b>				
C170A7OCCIDENTAL	1058,20	929	735	955,50

*Tabla 5: Resultados del cálculo de volúmenes.*

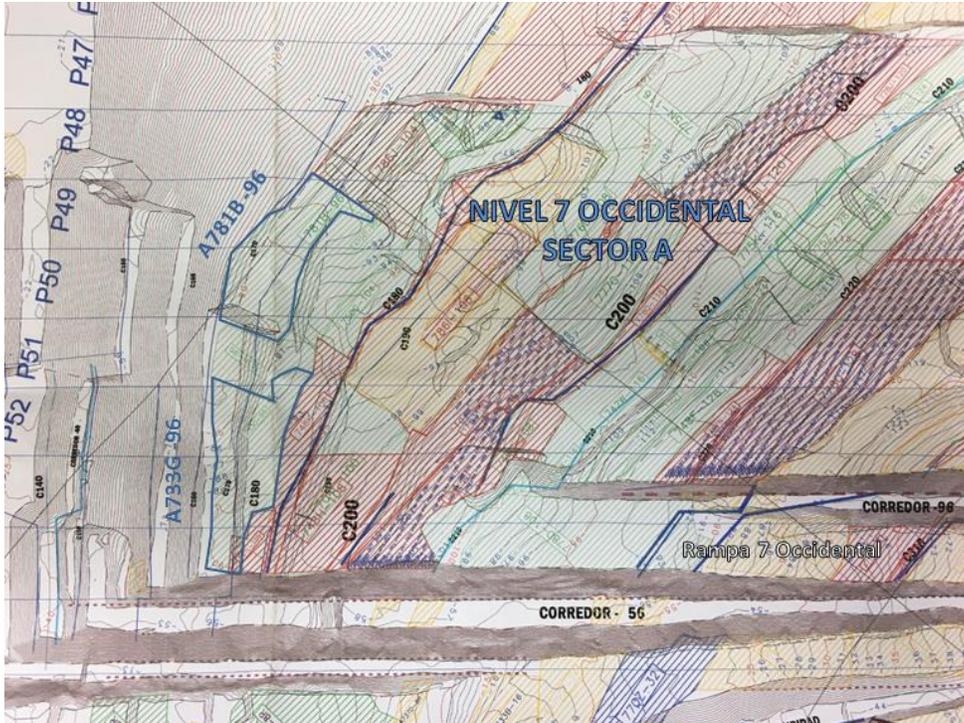
## 11. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DISEÑADA

Como ejemplo se presenta la realización de la metodología en el manto 170 de nivel 7 Occidental en el sector A de la mina, esto para integrar y demostrar paso a paso los procedimientos para la cuantificación de pérdidas o dilución en el techo y piso.

### 11.1.1 DEFINICIÓN DE POZOS DE VOLADURA BAJO MANTO

Las Voladuras Bajo Manto que atraviesan el manto 170 son:

- A781B
- A733G



*Fotografía 7: Voladuras Bajo Manto pertinentes al manto 170 nivel 7 Occidental Sector A. Fuente: Prodeco.*

### 11.1.2 DESCRIPCIÓN DE REGISTROS GAMMA

Los pozos de las voladuras disponibles que atraviesan el carbón son:

- A781BF38P16

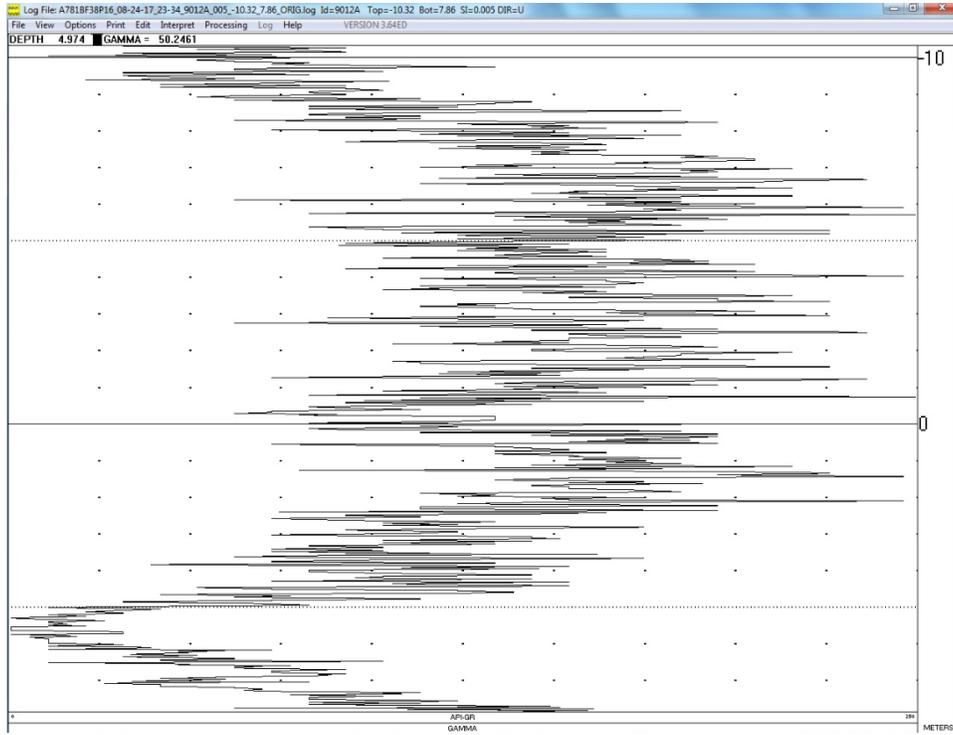


Ilustración 39: Registro Gamma del pozo A781BF38P16. Fuente: Prodeco.

- A781BF44P16

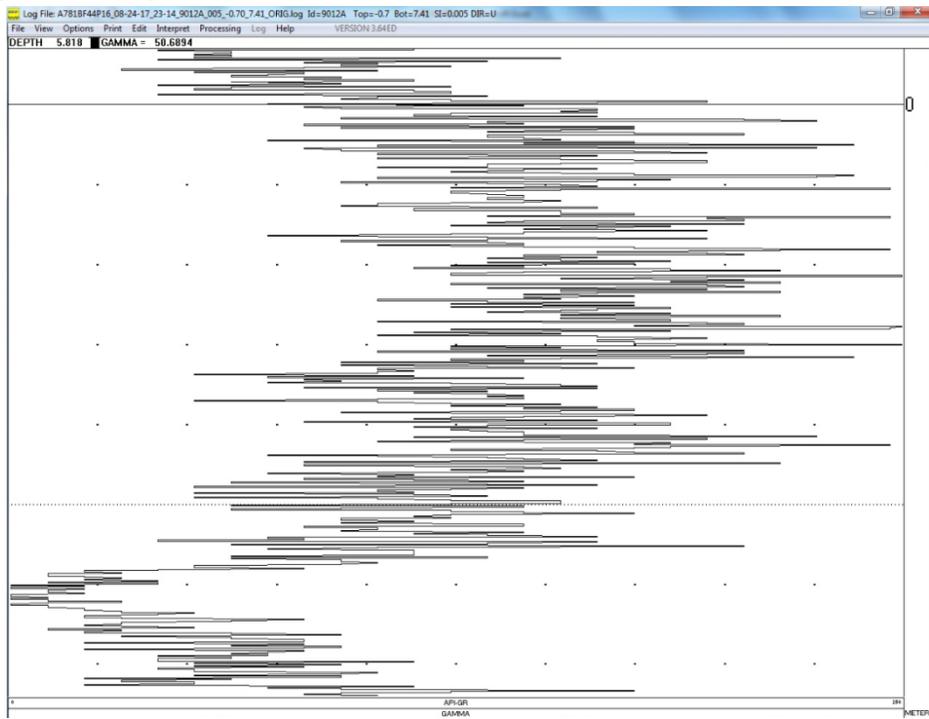


Ilustración 40: Registro Gamma del pozo A781BF44P16. Fuente: Prodeco

- A733GF17P17

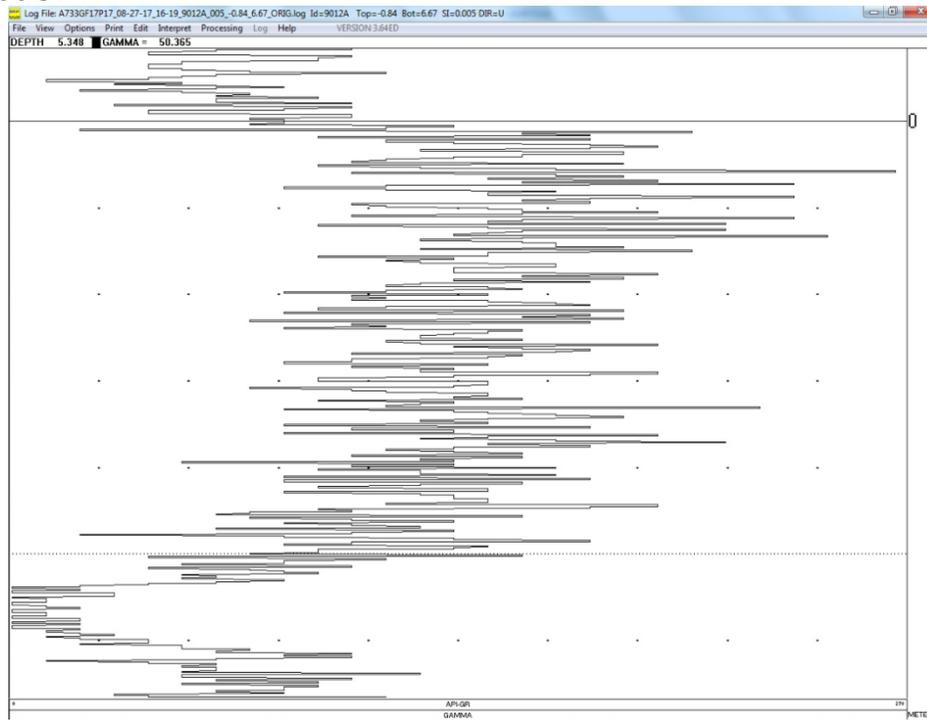


Ilustración 41: Registro Gamma del pozo A733GF17P17. Fuente: Prodeco.

BASE DRILL

Se ingresa las profundidades de los registros en el BASE DRILL.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	AREA	MAP	ROW	HOLE	CLASS	X	Y	Z	DEPTH	AZIMUT	DIP	FROM	TO	Espesd	Cota Tech	Cota Pisi	Objetivo (-88/-92/-9)
6	N-096	A781	11	21	SOFT	1066543.107	1564002.686	-86.82	6.89	0	-90	5.071	6.104	1.033	-91.891	-92.924	
8	N-096	A781	12	16	SOFT	1066543.939	1563982.873	-88.83	7.67	0	-90	1.503	2.716	1.213	-90.333	-91.546	
47	N-096	A781	18	14	SOFT	1066506.474	1563964.933	-90.52	5.98	0	-90	4.789	5.422	0.633	-95.309	-95.942	
61	N-096	A781	20	16	SOFT	1066491.335	1563969.01	-88.49	8.01	0	-90	5.655	6.324	0.669	-94.145	-94.814	
84	N-096	A781	24	22	SOFT	1066459.07	1563984.706	-89.22	7.28	0	-90	6.955	8.186	1.231	-96.175	-97.406	
170	N-096	A781	38	16	SOFT	1066372.976	1563937.818	-88.84	7.66	0	-90	4.974	6.198	1.224	-93.814	-95.038	
216	N-096	A781	44	16	SOFT	1066333.177	1563928.041	-88.78	7.72	0	-90	5.818	6.437	0.619	-94.598	-95.217	
218	N-096	A781	44	20	SOFT	1066329.547	1563942.506	-86	10.04	0	-90	4.146	5.007	0.861	-90.146	-91.007	

Ilustración 42: A781B DRILL. Fuente: Autor.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	AREA	MAP	ROW	HOLE	CLASS	X	Y	Z	DEPTH	AZIMUT	DIP	FROM	TO	Espesd	Cota Tech	Cota Pisi	Objetivo (//)
17	N-096	A733	15	19	SOFT	1066325.036	1563937.011	-86.51	9.99	0	-90	4.911	5.642	0.731	-91.421	-92.152	
33	N-096	A733	17	17	SOFT	1066313.87	1563926.005	-88.49	8.01	0	-90	5.348	6.065	0.717	-93.838	-94.555	
35	N-096	A733	17	21	SOFT	1066309.898	1563941.091	-85.54	8.85	0	-90	0.894	1.476	0.582	-86.434	-87.016	
47	N-096	A733	19	15	SOFT	1066302.705	1563914.999	-89.81	6.69	0	-90	6.251	7.039	0.788	-96.061	-96.849	
49	N-096	A733	19	19	SOFT	1066296.732	1563930.085	-87.20	8.17	0	-90	1.527	2.139	0.612	-88.817	-89.429	
64	N-096	A733	21	15	SOFT	1066289.553	1563911.536	-88.74	7.76	0	-90	6.025	6.692	0.667	-94.765	-95.432	
65	N-096	A733	21	17	SOFT	1066287.567	1563919.078	-87.86	8.55	0	-90	2.405	3.022	0.617	-90.265	-90.882	
79	N-096	A733	23	15	SOFT	1066276.402	1563908.072	-88.98	7.52	0	-90	3.332	4.081	0.749	-92.312	-93.061	

*Ilustración 43: A733G DRILL. Fuente: Autor.*

Luego de la recopilación de la información en la base de datos BASE DRILL se debe ir a campo a hacer un reconocimiento del manto a levantar para conocer la disponibilidad de la información.



*Ilustración 44: Manto 170 aun sin descapotar.*

Esperar a que la pala entre a descapotar el manto 170.

### **11.1.3 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS**

Se procede a levantar puntos en el siguiente orden:

#### **DESCAPOTE**

Luego del descapote con la ayuda del martillo se procede a retirar el material estéril encima del techo del manto para levantar los puntos en el techo sano.

#### **LIMPIEZA**

Luego del proceso de limpieza se replantean los puntos de techo sano y Cota Techo de los pozos.



*Ilustración 45: Cabeza del Manto 170 después de la limpieza.*

**BLOQUE**

Se levantan los puntos de Techo y Piso en la Cresta.

**MINADO**

**APIQUE**

Se realizan Apiques durante el proceso de minado y se toman puntos donde se alcance a ver el piso.

Luego se replantean los puntos de los Apiques, Cota Piso de los pozos y puntos de la Pata en el Piso luego de la recuperación de piso.



Ilustración 46: Piso del manto 170 después del minado.

### 11.1.4 ANÁLISIS CUANTITATIVO

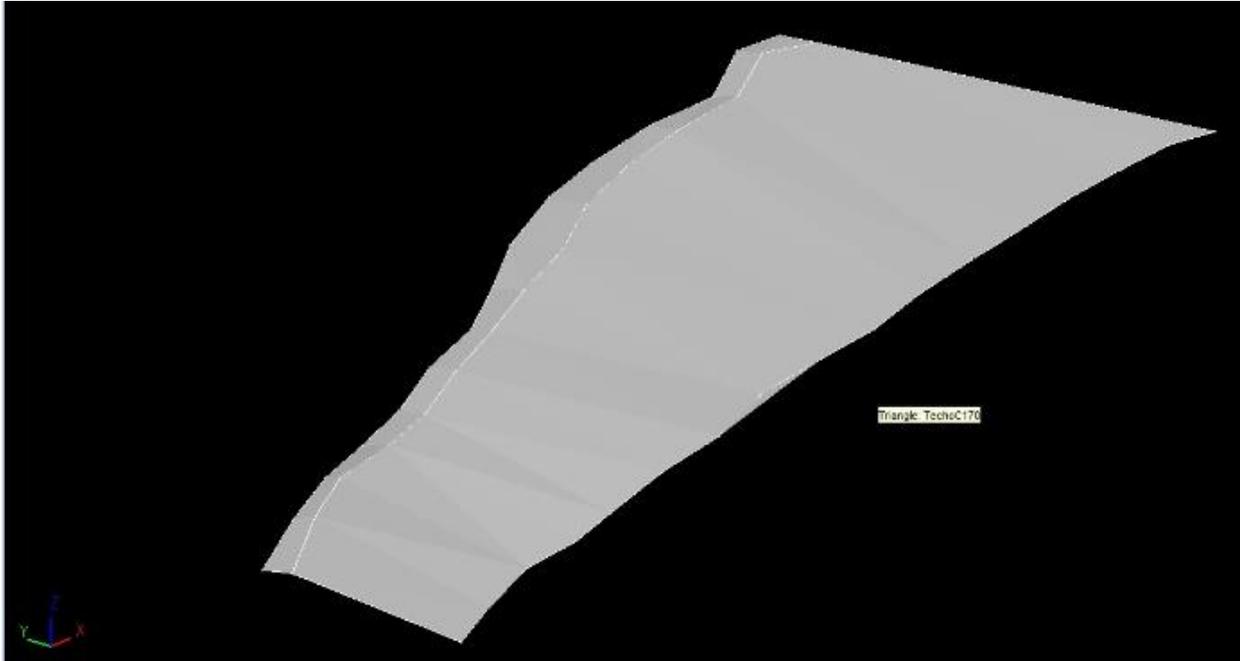
Se exporta la información tomada y se procede a ingresarla en la base de datos CAL\_PERDIDAS\_DB.

Año	Mes	Fecha	Sector	Manto	Nivel	Flanco	Codigo	Buzamiento	X1 (DR)	Y1 (DR)	Z1 (DR-RG)	X2 (Topo)	Y2 (Topo)	Z2 (Topo)	X3 (DR)	Y3 (DR)	Z3 (DR-RG)	X4 (Topo)	Y4 (TC)	
2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	26	1066292,973	1563914,192	-94,574	1066292,966	1563914,186	-94,590						
40	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	26	1066298,227	1563916,096	-94,521	1066296,263	1563916,094	-94,580					
41	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	24	1066313,870	1563926,005	-94,838	1066313,862	1563926,028	-94,126	1066313,870	1563926,005	-94,555	1066313,860	
42	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	20	1066333,177	1563928,041	-94,598	1066333,183	1563928,021	-94,849	1066333,177	1563928,041	-95,217	1066333,212	
43	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	18	1066313,885	1563926,002	-94,057	1066313,862	1563926,029	-94,119					
44	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	19	1066347,247	1563939,328	-92,750	1066347,230	1563939,322	-92,760					
45	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	19	1066350,552	1563941,730	-92,285	1066350,553	1563941,760	-92,237					
46	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	17	1066360,173	1563944,268	-92,199	1066360,170	1563944,266	-92,180					
47	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	16	1066375,294	1563949,456	-91,942	1066375,288	1563949,459	-91,966					
48	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	16	1066372,976	1563937,818	-93,814	1066372,968	1563937,815	-94,888					
49	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	20								1066335,213	1563938,074	-93,194	1066335,214
50	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	18								1066346,450	1563936,635	-93,882	1066346,479
51	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	16								1066359,147	1563939,937	-93,946	1066359,159
52	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	16								1066308,581	1563926,222	-94,005	1066308,575

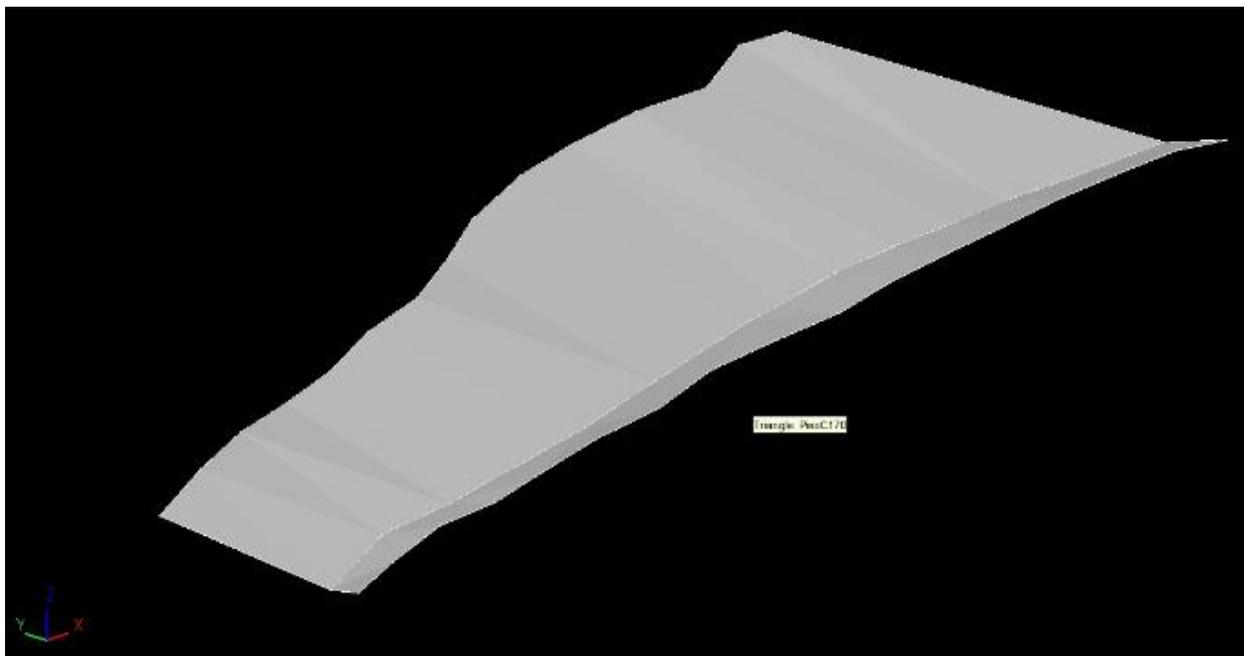
Ilustración 47: CAL\_PERDIDAS\_DB datos del ejercicio del manto 170.

### 11.1.5 CALCULO DE VOLUMENES

Se unen los puntos para generar las superficies del techo y piso del manto.



*Ilustración 48: Techo del manto 170.*



*Ilustración 49: Piso del manto 170.*

### **11.1.6 RESULTADOS**

Como resultados del cálculo de pérdidas o dilución se obtuvo:

- 6 puntos de Descapote: 1.1 centímetros de pérdidas.

- 4 puntos de Apique: 2.8 centímetros de dilución.
- 3 puntos de VBM en techo: 57.5 centímetros de pérdidas.
- 2 puntos de VBM en piso: 33.8 centímetros de dilución.

1	Etiquetas de fila	Promedio de Perdidas Real_TECHO	Promedio de Perdidas Real_PISO	Promedio de Perdidas Real_TECHO (A)	Promedio de Perdidas Real_PISO (A)
25	170911				
26	Apique				
27	C170A7OCCIDENTAL			0,028	
28	Descapote				
29	C170A7OCCIDENTAL	0,011			
30	VBM				
31	C170A7OCCIDENTAL	0,510	0,206	0,575	0,338

Ilustración 50: Resultados del cálculo de pérdidas o dilución del manto 170.

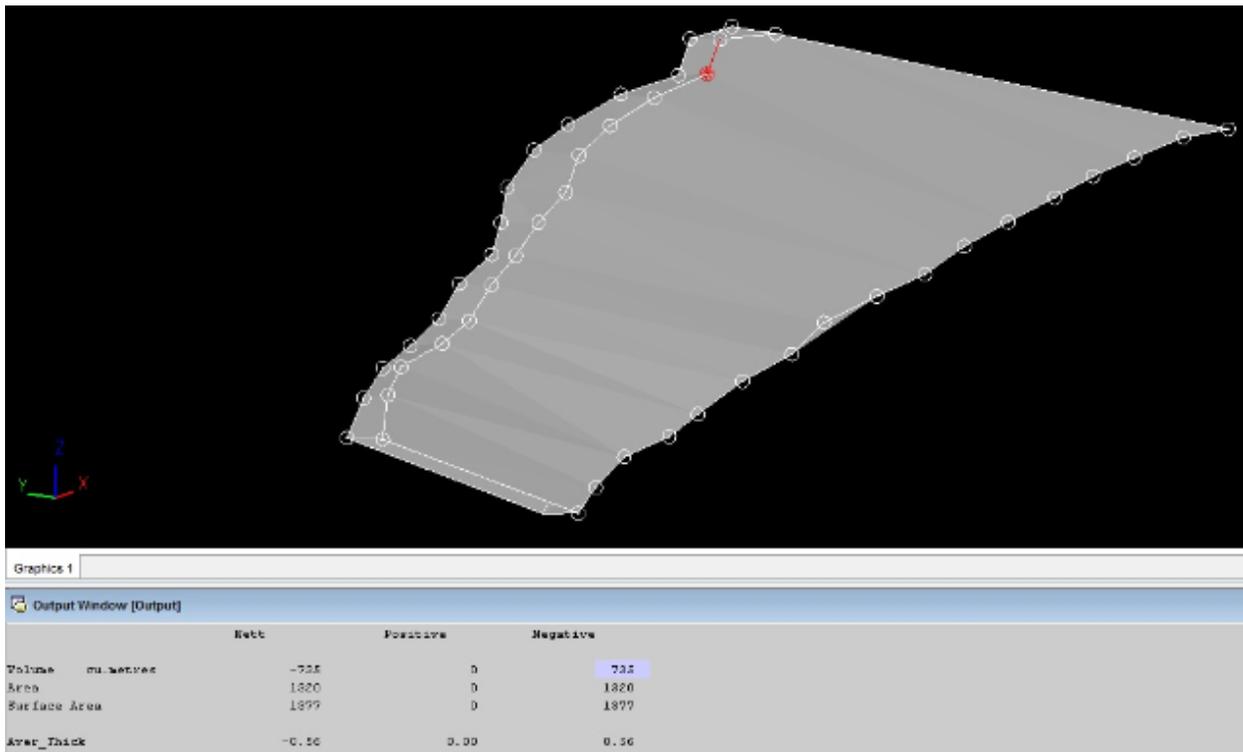


Ilustración 51: Resultado del cálculo de volumen, manto 170.

**Volumen Minex:** 735 centímetros cúbicos.

**Toneladas Minex:**  $735 \times 1.3 = 955.5$  Tons

**Toma de datos con cinta métrica =** 1058.2 Tons

**Toneladas cargadas reportadas =** 929 Tons

**Total de Toneladas (Toneladas Cinta Métrica, Minex, pérdidas o dilución)**

Longitud	Cuelga	Espesor	Perdidas techo	Perdidas piso	Total Perdidas	Espesor Total	Total Tons
88.61	14.82	0.62	0.011	0.028	0.039	0.659	1124.766

Tabla 6: Calculo total de carbón, manto 170.

## 12. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	PERÍODO: SEGUNDO															
	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ENTRENAMIENTO EN CONTROL DE CALIDAD																
CONTROL DE CALIDAD DE CARBÓN																
ENTRENAMIENTO EN RECONCILIACION																
RECONCILIACIÓN MANTO A MANTO																
ENTRENAMIENTO REGISTROS GAMA																
ACTIVIDADES	PERÍODO: SEGUNDO															
	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				MES:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RECONCILIACIÓN MANTO A MANTO																
LEVANTAMIENTO EN POZOS DE VOLADURA																
LEVANTAMIENTO EN DESCAPOTE																
CALCULO DE VOLUMENES																
PREPARACIÓN DE LA PROPUESTA																
ENTREGA DEL INFORME FINAL																

*Tabla 7: Cronograma de actividades.*

### 13. LOGROS ALCANZADOS

El siguiente cuadro indica el porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de los objetivos planteados.

PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO OBTENIDO		
OBJETIVOS	METAS ALCANZADAS	CUMPLIMIENTO (%)
Realizar levantamientos topográficos en techo y piso de los mantos de carbón a analizar en descapote y pozos.	Se realizaron 56 levantamientos topográficos para realizar la cuantificación de pérdidas en techo y piso de los mantos	100%
Describir los pozos que atraviesan carbón para el levantamiento luego de la limpieza y apilamiento	Se describieron 329 pozos de los cuales solo 4 fueron levantados satisfactoriamente	100%
Crear una base de datos para determinar los valores de cuanto carbón se pierde o diluye en el techo y piso del manto en el proceso de limpieza y recuperación	Se creó una base de datos donde se logra calcular los valores de cuanto carbón se pierde luego de la limpieza en el techo y piso de los mantos, teniendo como entrada los datos de la cota en techo sano, techo limpio, apique, piso y registros del pozo.	100%
Realizar el cálculo de volumen de carbón para determinar la totalidad de carbón en el bloque a analizar	Se realizó el cálculo de volumen de 16 bloques levantados con el equipo de topografía	100%

*Tabla 8: Porcentaje de cumplimiento obtenido.*

### **13.1 IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE**

La realización de una práctica empresarial es una oportunidad que aporta mucho como beneficio en la formación profesional del estudiante a nivel académico y humano. Este aporte enriquece el desarrollo de nuevas capacidades, habilidades y competencias para la superación personal y progreso en comunidad.

En la ingeniería, la teoría es la base con la que empezamos a desarrollar un trabajo en específico para luego innovar sobre alguna alternativa de desarrollo más rápida y eficaz. La formación dentro del medio ayuda a definir afinidad sobre alguna línea específica dentro del mundo laboral de la Geología. El orden, la disciplina, el carácter, el respeto y la perseverancia son las herramientas puntuales que cambiaran nuestro sobrenombre de estudiante de pregrado a ingeniero geólogo.

El presente proyecto por no poseer un procedimiento establecido para el análisis que se quiere realizar, se implementaron diferentes ideas en conjunto con el personal pertinente a la mina Calenturitas con el fin de satisfacer el logro objetivo.

El proyecto servirá como aporte para la mina ya que se establecerá el procedimiento para la toma de datos y hojas de cálculos para la cuantificación de pérdidas o dilución, con el fin de definir los valores que se tienen en cuenta para generar el modelo ROM. También servirá como gestión y control ya que con esto se puede llegar a realizar una inspección con respecto a los resultados obtenidos. Sabemos que perder carbón es perder dinero, también sabemos que no podemos evitar la problemática de las pérdidas, pero se puede llevar un control de cuanto carbón se pierde y diluye en el proceso de limpieza de los mantos de carbón en la mina Calenturitas.

### **13.2 LIMITACIONES**

Hubo muchos factores que limitaron la realización del proyecto tales como:

- La oportunidad de disponer de la licencia de conducción para equipos livianos dentro de la mina, limitante que impedía el transporte independiente para la toma de datos en campo.
- La necesidad de la información de otras áreas para la ejecución de la toma de datos, se necesita realizar una gestión personal para obtener la información necesaria para ejecutar el ejercicio de pozos.
- La toma de información de pozos de voladura está ligada con el plan diario de minería, esto dio la necesidad de ser rápido en la descripción, análisis y ordenamiento de la información, hecho que no daba garantía de que lo que se iba a levantar en el día ya que puede que las voladuras, por ser a 2 niveles de minería, al momento de ir a campo ya la información se pudo haber perdido, como también tocaba esperar días, llevando un seguimiento de cuales mantos salen para poder levantar los datos. Casos también donde no se recolectaba la información fueron los puntos de los mantos que se descapotaban para los días de descanso del practicante.

- La época de invierno también fue un factor que limitó la toma de datos de la información, ya que los días que llovía se apagaban las bases que generan las frecuencias del GPS.
- La necesidad de más tiempo dentro del periodo de trabajo, ya que como practicante de turno 5x2 con periodo de 6 meses, mucha de la información que se analiza queda faltante por levantar.

## 14. CONCLUSIONES

- Con la realización del presente proyecto se logró establecer el instructivo para la cuantificación de pérdidas o dilución en techo y piso de los mantos de carbón, aporte que servirá como procedimiento para la toma de datos en los mantos para definición de los parámetros que se tienen en cuenta para generar el modelo ROM en la mina Calenturitas.
- Se desconoce la razón de los valores tan altos que dio como resultado los puntos de pozos de Voladura Bajo Manto.
- El ejercicio de Descapote dio mejores resultados en la cuantificación por lo que la toma de datos en los mantos es propia del encargado a analizar la información, a diferencia del ejercicio de pozos que posee una desviación en los resultados por posibles variables que pueden afectar los resultados como puede ser exactitud en el registro de pozos además de demora para analizar y gestionar la información.
- Con el cálculo de volúmenes se pudo realizar una estimación de la cantidad total de toneladas de carbón existente en el bloque a minar. Además se pudo analizar las desviaciones que hay en la toma de información con cinta métrica y las toneladas de carbón que reportan en base.
- Los valores de pérdidas y dilución en el techo y piso de los mantos analizados dieron valores muy grandes en los mantos delgados, esto puede ser por falta de juicio del operador en el proceso de limpieza del manto por no tener conocimiento del espesor del carbón.
- En el caso del manto 220 se obtuvo valores muy altos en pérdidas y dilución tanto en el techo como en el piso. Esto es debido a que el techo y piso del manto son poco competentes.
- Es necesario tener bien definidos los conceptos del presente proyecto para ejecutar el análisis cuantitativo de los valores que se tienen en cuenta para generar el modelo ROM.
- Con el análisis de pérdidas y dilución en el techo y piso de los mantos se puede lograr realizar un estudio más exhaustivo incluyendo variables que alteran los valores de pérdidas y dilución como puede ser, zonas de falla, altos buzamientos, afectación por el eje de inflexión, equipo de limpieza utilizado para la estandarización, operador experimentado, etc.

## 15. RECOMENDACIONES

- Para el ejercicio de pozo se necesita aún más datos para confirmar que el ejercicio no es exitoso. Para esto se necesita que la persona encargada del análisis sea una persona interna de turno con su licencia de equipo liviano dentro de la mina.
- Se debe ser muy exacto para la toma de información, por esto, es necesario ser muy paciente al momento de levantar los puntos esperando el exacto posicionamiento del equipo topográfico.
- Para la toma de puntos el equipo topográfico debe estar en vertical, tomar el punto cuando el ojo de pollo se nivele.
- Dar las instrucciones claras de limpieza y apique al operador para no causar daños en la información.
- Tener una costilla en el manto ayuda a definir las características del bloque como es el espesor, buzamiento, orientación, si tiene laja, etc. En caso tal de no tener costilla llevar un seguimiento detallado al proceso de limpieza ejecutado por el operador.
- Tomar puntos en varias partes del techo, tratando de promediar la totalidad del bloque de carbón.
- En caso tal de tener laja, remover con el martillo hasta identificar el techo del carbón.
- Georeferenciar los puntos en el mapa de traza antes de ir a buscar los puntos ayuda a ubicarse rápidamente.
- Elaborar el ejercicio con los pozos banco que se realizan en el área de geología de exploración para ver si se dan resultados más equivalentes.

## 16. Bibliografía

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Prospectividad de la cuenca Cesar Ranchería.» 2007.
- Area de Servicios Técnicos. *Procedimientos para minado de carbón en la mina Calenturitas*. C.I. Prodeco, 2014.
- Ayala Calvo, Rosa Carolina. *Análisis Tectonoestratigráfico y de procedencia en la subcuenca de Cesar: Relación con los sistemas petroleros*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar, 2009.
- Carrillo Bolaño, Fabio. *Procedimientos para reconciliación en mantos de carbón*. Mina Calenturitas: C.I. Prodeco, 2014.
- Carrillo Bolaño, Fabio. «Procedimientos para reconciliación en mantos de carbón en la mina Calenturitas.» La Loma, 2014.
- Castro Sanchez, Emerson. *Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica -EAE- (Diagnostico Ambiental) del Distrito Minero La Jagua, Departamento del Cesar*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009.
- Castro Socarras, Rajeth Augusto. «Calculo de volúmenes de esteril e intervalos de carbón usando el software carlson, mina Pribbenow-Drummond LTD.» *Universidad pedagógica y tecnológica de colombia*, 2014.
- Consortio GSG (Geominas - Serviminas - Gemi). *Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano, 2015.
- Consortio GSG (Geominas - Serviminas - Gemi). *Mapa Geológico de la plancha 41 Becerril*. Servicio Geológico Colombiano, 2015.
- Corpocesar y el Ideam. «Aprovechamiento y protección integral del agua subterránea en las ecorregiones de los valles del río Cesar y Magdalena.» Departamento del Cesar, 2006.
- Geoestudios LTDA. *Cartografía Geológica Cuenca Cesar - Ranchería*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2006.
- Hernández Sampieri, Roberto. *Metodología de la investigación - Sexta Edición*. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- Hernandez, Marina. *Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico*. Bogotá: Ingeominas, 2003.
- Hernandez, Marina, y Jairo Clavijo. *Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico*. Servicio Geológico Colombiano, 2013.
- Ingeominas y Minercol. *El Carbón Colombiano Recursos, Reservas y Calidad*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2004.
- Kellogg, James N. *Cenozoic Tectonic History of the Sierra del Perijá, Venezuela – Colombia, and Adjacent Basins*. Hawaii: Geological Society of America, 1984.
- Martinez Perez, Raul, y Eddy Rodriguez Esponda. «Manual de metodología de la investigación científica.» 2005.

- Millan, Hugo. «Caracterización de distritos mineros.» Informe de la Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá, 2004.
- Ministerio de Minas y Energía. «Glosario Técnico Minero.» Bogotá, 2003.
- Ministerio de Minas y Energía. «Política Minera de Colombia.» Bogotá, 2016.
- Ortíz Ramírez, Gerardo Emilio. *Diseño e implementación del sistema de bombeo principal del sector A - Mina Calenturitas, propiedad de C.I. Prodeco S.A. La Loma, Cesar.* Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2014.
- Romero Suarez, Nelson. «Supervisión en voladura bajo manto y control de calidad en la extracción del carbón.» *Universidad Industrial de Santander*, 2009.

# 17. ANEXOS

Total de pozos registrados - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
303	N-156	A640	18	28	SOFT	1067072.36	1563635.72	-145.57	8.2	0	-90	1.322	1.979	0.657	-146.892	-147.549			
304	N-156	A640	20	22	SOFT	1067045.6	1563631.67	-144.72	11.78	0	-90	6.951	7.864	0.913	-151.671	-152.584			
305	N-156	A640	22	18	SOFT	1067024.92	1563632.51	-144.48	12.02	0	-90	8.069	8.922	0.853	-152.549	-153.402			
306	N-156	A640	22	24	SOFT	1067043.16	1563647.16	-144.35	9.83	0	-90	4.864	5.614	0.75	-149.214	-149.964			
307	N-156	A640	24	16	SOFT	1067010.32	1563638.23	-144.06	12.44	0	-90	9.165	9.795	0.63	-153.225	-153.855			
308	N-156	A640	24	22	SOFT	1067028.57	1563652.88	-144.37	9.87	0	-90	5.269	6.064	0.795	-149.639	-150.434			
309	N-156	A640	26	18	SOFT	1067007.89	1563653.71	-143.85	11.63	0	-90	7.225	7.909	0.684	-151.075	-151.739			
310	N-156	A640	26	24	SOFT	1067026.13	1563668.37	-143.93	8.08	0	-90	3.934	4.659	0.725	-147.864	-148.589			
311	N-156	A640	28	20	SOFT	1067005.45	1563669.2	-143.63	9.27	0	-90	9.231	10.529	1.298	-152.861	-154.159			
312	N-156	A640	28	26	SOFT	1067023.7	1563683.85	-144.54	5	0	-90	1.675	2.181	0.506	-146.215	-146.721			
313	N-156	A640	30	16	SOFT	1066984.77	1563670.04	-143.57	10.07	0	-90	6.251	7.165	0.914	-149.821	-150.735			
314	N-156	A640	30	22	SOFT	1067003.02	1563684.69	-143.74	6.59	0	-90	3.295	3.995	0.7	-147.035	-147.735			
315	N-156	A640	32	16	SOFT	1066976.26	1563680.64	-143.71	8.26	0	-90	4.99	5.83	0.84	-148.7	-149.54			
316	N-156	A640	32	22	SOFT	1066994.5	1563695.29	-143.94	5.02	0	-90	1.741	2.343	0.602	-145.681	-146.283			
317	N-156	A640	34	16	SOFT	1066967.74	1563691.24	-143.98	6.34	0	-90	3.297	4.108	0.811	-147.277	-148.088			
318	N-156	A640	34	20	SOFT	1066979.9	1563701.01	-144.04	4.27	0	-90	1.021	1.757	0.736	-145.061	-145.797			
319	N-156	A640	36	14	SOFT	1066953.14	1563696.96	-144.05	5.6	0	-90	2.785	3.567	0.782	-146.835	-147.617			
320	N-156	A640	38	14	SOFT	1066944.63	1563707.56	-144.19	3.78	0	-90	0.803	1.407	0.604	-144.993	-145.597			
321	N-120	A779	30	22	SOFT	1067223.96	1563012.22	-111.35	9.15	0	-90	7.778	8.742	0.964	-119.128	-120.092			
322	N-120	A779	30	26	SOFT	1067243.24	1563014.34	-110.33	10.2	0	-90	3.684	4.472	0.788	-113.984	-114.772			
323	N-112	A749	14	16	SOFT	1067272.28	1563052.87	-104.99	7.51	0	-90	3.086	3.757	0.671	-108.076	-108.747			
324	N-112	A749	16	16	SOFT	1067270.57	1563039.38	-104.96	7.54	0	-90	2.514	3.248	0.734	-107.474	-108.208			
325	N-112	A749	18	14	SOFT	1067261.11	1563026.87	-106.26	6.24	0	-90	3.836	4.517	0.681	-110.096	-110.777			
326	N-112	A749	18	16	SOFT	1067268.85	1563025.89	-104.88	7.62	0	-90	1.989	2.942	0.953	-106.869	-107.822			
327	N-112	A749	19	15	SOFT	1067264.12	1563019.64	-105	7.5	0	-90	2.523	3.381	0.858	-107.523	-108.381			
328	N-112	A749	20	14	SOFT	1067259.39	1563013.38	-104.92	7.58	0	-90	3.148	3.956	0.808	-108.068	-108.876			
329	N-112	A749	21	15	SOFT	1067262.4	1563006.14	-104.8	7.7	0	-90	0.957	1.66	0.703	-105.757	-106.46			

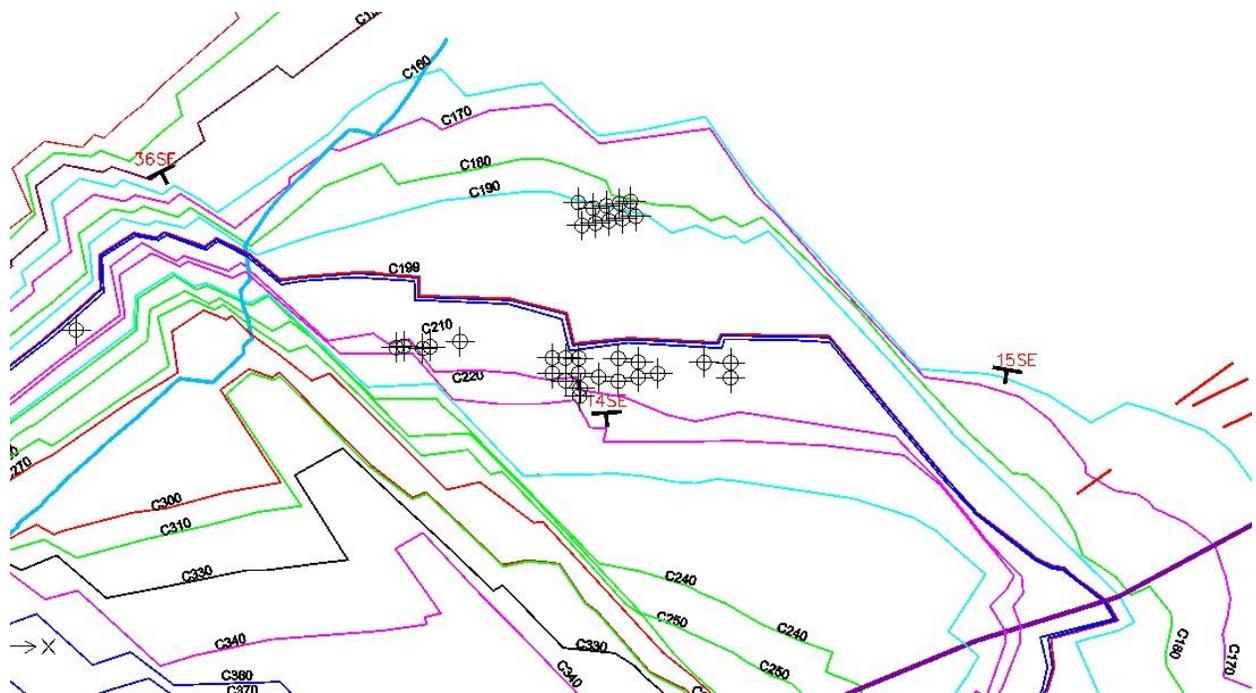
Anexo 1: Total de pozos de Voladura Bajo Manto registrados, 329.

CAL\_PERDIDAS\_DB - Excel

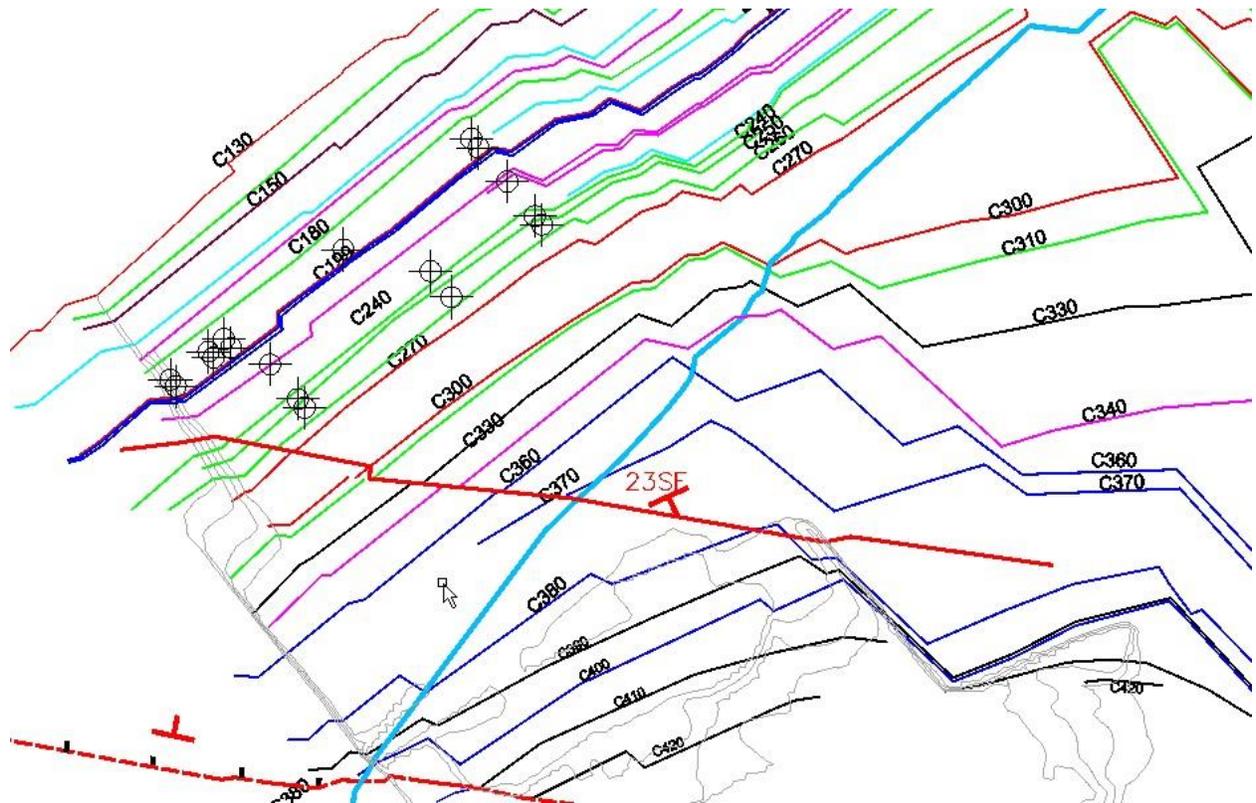
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Año	Mes	Fecha	Sector	Manto	Nivel	Flanco	Codigo	Buzamiento	X1 (DR)	Y1 (DR)	Z1 (DR-RG)	X2 (Topo)	Y2 (Topo)	Z2 (Topo)	X3 (DR)	Y3 (DR)	Z3 (DR-RG)	
33	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C220	7	OCCIDENTAL	Apique	15							1066787.058	1563642.534	-116.56	
34	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C220	7	OCCIDENTAL	Apique	15							1066787.064	1563642.567	-116.56	
35	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Apique	21							1067188.392	1562978.985	-113.64	
36	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Apique	21							1067190.171	1562981.148	-113.47	
37	2017	SEPTIEMBRE	170906	A	C200	7	ORIENTAL	Apique	21							1067189.404	1562980.772	-113.66	
38	2017	SEPTIEMBRE	170908	A	C210	7	ORIENTAL	VBM	14	1067154.780	1563060.861	-117.571	1067154.836	1563060.833	-117.843				
39	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	26	1066292.973	1563914.192	-94.574	1066292.966	1563914.186	-94.590				
40	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	26	1066296.227	1563916.096	-94.521	1066296.243	1563916.094	-94.580				
41	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	24	1066313.870	1563926.005	-93.838	1066313.862	1563926.028	-94.126	1066313.870	1563926.005	-94.55	
42	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	20	1066333.177	1563928.041	-94.598	1066333.183	1563928.021	-94.849	1066333.177	1563928.041	-95.21	
43	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	18	1066313.885	1563926.002	-94.057	1066313.862	1563926.029	-94.119				
44	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	19	1066347.347	1563939.328	-92.750	1066347.330	1563939.322	-92.740				
45	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	19	1066350.552	1563941.770	-92.285	1066350.553	1563941.760	-92.237				
46	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	17	1066360.173	1563944.268	-92.199	1066360.170	1563944.266	-92.180				
47	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Descapote	16	1066375.294	1563949.456	-91.942	1066375.288	1563949.459	-91.966				
48	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	VBM	16	1066372.976	1563937.818	-93.814	1066372.988	1563937.815	-94.888				
49	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	20										
50	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	18							1066335.213	1563936.074	-93.15	
51	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	16							1066346.450	1563936.635	-93.88	
52	2017	SEPTIEMBRE	170911	A	C170	7	OCCIDENTAL	Apique	26							1066359.147	1563939.937	-93.94	
53	2017	SEPTIEMBRE	170912	A	C360	8	ORIENTAL	Descapote	15	1066785.985	1562940.551	-48.686	1066785.996	1562940.628	-48.712				
54	2017	SEPTIEMBRE	170912	A	C360	8	ORIENTAL	Descapote	15	1066784.367	1562944.066	-49.421	1066784.351	1562944.056	-49.503				
55	2017	SEPTIEMBRE	170912	A	C360	8	ORIENTAL	Descapote	15	1066782.977	1562935.581	-48.883	1066783.028	1562935.573	-48.933				
56	2017	SEPTIEMBRE	170912	A	C360	8	ORIENTAL	Descapote	15	1066786.775	1562938.213	-48.284	1066786.784	1562938.192	-48.400				
57	2017	SEPTIEMBRE	170920	A	C220	7	OCCIDENTAL	Descapote	22	1067100.732	1563003.505	-120.852	1067100.726	1563003.518	-120.821				
58	2017	SEPTIEMBRE	170920	A	C220	7	OCCIDENTAL	Descapote	22	1067098.882	1563004.676	-121.589	1067098.890	1563004.688	-121.523				
59	2017	SEPTIEMBRE	170920	A	C220	7	OCCIDENTAL	Descapote	22	1067102.434	1563011.126	-121.589	1067102.449	1563011.134	-121.541				
60	2017	SEPTIEMBRE	170920	A	C220	7	OCCIDENTAL	Descapote	22	1067108.934	1563019.764	-121.325	1067108.961	1563019.766	-121.322				

Anexo 2: Total de ejercicios analizados en la base de datos CAL\_PERDIDAS\_DB, 59.

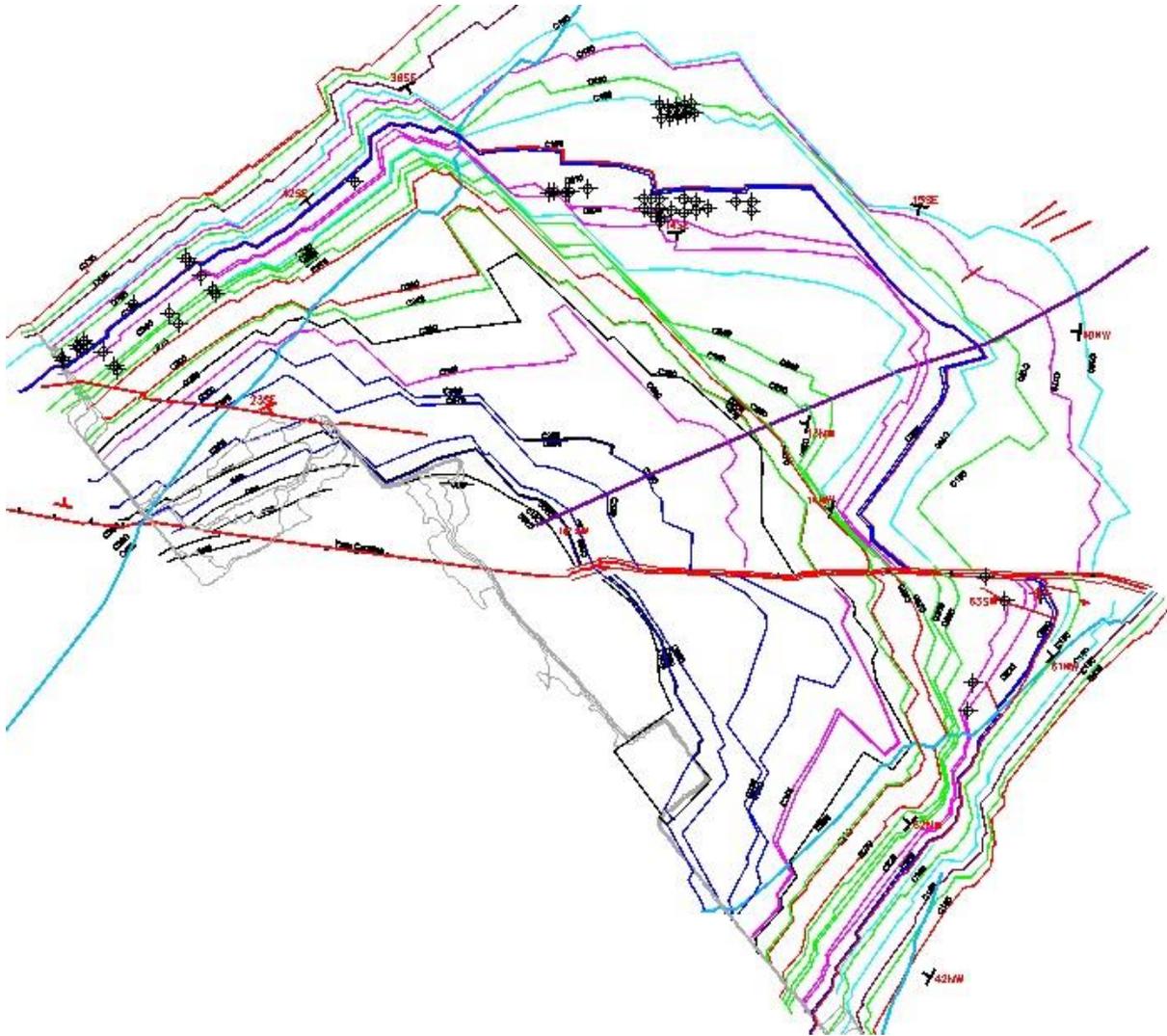




Anexo 5: Mapa de trazas del Sector A Nivel 7 Occidente, 17 de septiembre 2017.



Anexo 6: Mapa de trazas del Sector A Nivel 9 Occidente, 17 de septiembre 2017.



Anexo 7: Mapa de trazas del Sector A Mina Calenturitas, 1 de septiembre del 2017.