

**GENERACIÓN DE UN MICROMODELO ESTRUCTURAL DEL NIVEL 8 Y 9,  
SECTOR C-D EN LA MINA CALENTURITAS, FORMACIÓN LOS CUERVOS, EN  
EL MUNICIPIO DE LA LOMA, DEPARTAMENTO DEL CESÁR.**



**JAQUELIN DUEÑAS ESPINOSA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA  
2013**

**GENERACIÓN DE UN MICROMODELO ESTRUCTURAL DEL NIVEL 8 Y 9,  
SECTOR C-D EN LA MINA CALENTURITAS, FORMACIÓN LOS CUERVOS, EN  
EL MUNICIPIO DE LA LOMA, DEPARTAMENTO DEL CESÁR.**

**JAQUELIN DUEÑAS ESPINOSA**

**Proyecto de grado requisito para optar el título de Geólogo**

**Director:  
Ricardo Mier Umaña  
Geólogo**

**Codirector:  
Hugo Nelson Ríos  
Geólogo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA  
2013**

## DEDICATORIA

*Dedicado a mis padres Noé Antonio y Flor Ángela  
Mis hermanos Javier, Mauricio, Noel y Carlos  
Mi compañero en la vida Néstor y la luz de mis ojos Juanito*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres quienes con su bondad, apoyo incondicional y dedicación a sus sueños me formaron como persona y ser humano. Gracias a sus esfuerzos y su paciencia he podido alcanzar este gran logro

A mis hermanos por tanto cariño, comprensión y amistad a lo largo de mi vida, a mis sobrinas por llegar a nuestro mundo y hacernos felices, a Nésticor por permitirme entrar en su vida, por su amor incondicional y ese maravilloso ser que tenemos ahora con nosotros, nuestro Juanito, quien nos motiva a ser cada día mejores personas.

Al profesor Ricardo Mier, por su tiempo brindándome su ayuda y apoyo para la culminación de este proyecto.

A Fabio Carrilo, por darme la oportunidad de realizar el proyecto de grado con su equipo de trabajo y por su voto de confianza.

A todo el equipo de trabajo en el departamento de geología, por su motivación profesional y guía técnica, en especial a Carolina, Jhon, Manuel y René. Igualmente Al departamento de topografía y planeación por su aporte y ayuda en la realización de la practica.

A la familia Muñoz Osma, quienes siempre me brindan su ayuda y apoyo en esta nueva etapa de mi vida.

A todas mis amigas, ellas a quienes ni la distancia, ni el tiempo dejan que esta amistad se fracture y siempre están ahí para alegrar la vida.

A Manuel por ser un amigo único y muy especial, a Sergio por su compañía en momentos difíciles. Y por último, agradezco a la universidad y todos sus profesores, que durante años me formaron académicamente para ser una gran profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	16
1. OBJETIVOS.....	17
1.1 Objetivo General .....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. LOCALIZACION GEOGRAFICA.....	18
3. MARCO GEOLOGICO.....	19
4. ESTRATRIGRAFIA.....	21
4.1 Formación Molino (Ksm).....	22
4.2 Formación Barco (Tpb) .....	22
4.3 Formación los Cuervos .....	22
4.4 Cuaternario .....	23
5. GEOMORFOLOGÍA.....	27
5.1 Llanura aluvial:.....	27
5.2 Relieve y Colinas .....	27
6. GEOLOGIA LOCAL .....	29
6.1 Sector A .....	29
6.2 Sector B .....	29
6.3 Sector C-D .....	30
7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	35
8. METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	39
8.1 METODOLOGÍA EN CAMPO .....	39
8.1.1 Trazas.....	39
8.1.2 Levantamiento topográfico de pisos. ....	40
8.1.3 Espesor real.....	40
8.1.4 Estructuras.....	40
8.1.5 Toma de fotografías.....	41

8.1.6 Voladura bajo manto. VBM. ....	41
8.2 METODOLOGÍA EN OFICINA.....	43
8.2.1 Base de datos .....	43
8.2.2 Carga de información.....	43
8.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA LAS VOLADURAS BAJO MANTO (VBM).....	46
8.4 INTERPRETACIÓN DE CURVAS GAMMA .....	47
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	50
9.1 PRIMER MODELO .....	50
9.2 SEGUNDO MODELO .....	57
9.3 TERCER MODELO.....	69
9.4 CUARTO MODELO .....	73
9.5 DISCUSIÓN .....	81
10. CONCLUSIONES .....	82
12. RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	85

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localización contrato minero calenturitas .....	18
Figura 2: Localización geográfica y regional de la Cuenca Cesar-Ranchería.....	19
Figura 3: Mapa geológico. Ubicación del contrato minero Calenturitas. ....	20
Figura 4: Diagrama de Correlación de las unidades de la plancha 48 La Jagua de Ibirico .....	21
Figura 5: Columna estratigráfica de la Formación Los Cuervos Miembro Inferior.	24
Figura 6: Columna estratigráfica de la Formación Cuervos Miembro Medio. ....	25
Figura 7: Columna estratigráfica de la Formación Cuervos Miembro superior. Es el miembro más importante por contener los carbones del área minera. ....	26
Figura 8: Fotografía aérea mostrando paisaje típico relacionado con explotación minera.....	28
Figura 9: Mapa geológico de la mina Calenturitas, muestra los sectores en que está dividida la mina. Sector A, B, C y D. C.I Prodeco S.A 1999 .....	30
Figura 10: Columna generalizada del proyecto minero Calenturitas, mostrando los mantos presentes en los niveles 8 y 9 del sector C-D. ....	32
Figura 11. Vista panorámica de algunos mantos de carbón en la pared alta del nivel 8 del sector C. ....	34
Figura 12: Marco Tectónico Regional plancha 48.La Jagua de Ibirico.....	35

Figura 13. Mapa geológico mostrando las formaciones cuesta, cuervos y depósitos aluviales y el sinclinal de La Loma, con perfil geológico. ....	37
Figura 14: Tabla utilizada en Excel para almacenar y actualizar la base de datos. ....	43
Figura 15: Costilla y respaldo del manto C360 .....	44
Figura 16: <i>Registro Gamma Ray de pozo mostrando curvas típicas con presencia de carbón</i> .....	47
Figura 17: Efecto de diferentes litologías en el registro de rayos gamma y densidad .....	48
Figura 18: Modelo 1. Primer modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas. ....	52
Figura 19: Mantos C290 afectado por pinchamiento en el Nivel 9.....	53
Figura 20: Mantos afectados por intercalaciones de material estéril. Nivel 8. ....	54
Figura 21: Detalle de las fallas en el nivel 8, en los mantos C310 y C330.....	55
Figura 22: Falla tipo normal en el manto C330 en el nivel 8 .....	56
Figura 23. Modelo 2, del nivel 8 y 9 en el sector C-D.- .....	58
Figura 24: Plano de falla mostrando el cambio de buzamientos en los mantos de carbón en el nivel 9.....	59
Figura 25: Panorámica del cambio de buzamiento en la pared alta del nivel 9 de sector C-D.....	60
Figura 26: Vista panorámica de los mantos C340 (inferior) C345 (superior) en el nivel 8 mostrando la disminución del espesor en la roca entre manto.....	61

Figura 27: Registro de la voladura C808H mostrando los mantos de carbón C340 y C345 con perforaciones registradas de norte a sur. ....	62
Figura 28: Cambio de buzamiento en el manto C340-C345 en el nivel 9 del sector C-D .....	64
Figura 29: Cambio de buzamiento en el manto C340-C345 en el nivel 9 del sector C-D .....	64
Figura 30: Anomalías de los mantos C150, C160, C240 y C260.....	65
Figura 31: Manto con intercalaciones de material estéril. ....	67
Figura 32: Anomalía en el manto C240, carbón frágil y escalonado.....	68
Figura 33: Tercer modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas.....	70
Figura 34. Manto C290, afectado por una falla tipo dextral y una falla tipo sinistral. ....	72
Figura 35: Cuarto modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas.....	75
Figura 36: Traza del manto C290 con tres fallas paralelas normales en el nivel 8 del sector C-D de la mina calenturitas. ....	77
Figura 37: Manto C290 con tres fallas normales paralelas en el nivel 8 del sector C-D de la minas calenturitas. ....	78
Figura 38: Traza del manto C290 mostrando que el manto desaparece. ....	79
Figura 39: Traza del manto C290 mostrando como desaparece. ....	80

Figura 40: Trayectoria curva del manto C290 en el nivel 8 del sector C\_D mina calenturitas.....81

## RESUMEN

**TITULO:** GENERACIÓN DE UN MICROMODELO ESTRUCTURAL DEL NIVEL 8 Y 9, SECTOR C-D EN LA MINA CALENTURITAS, FORMACIÓN LOS CUERVOS, EN EL MUNICIPIO DE LA LOMA, DEPARTAMENTO DEL CESÁR.\*

**AUTOR:** JAQUELIN DUEÑAS ESPINOSA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Micromodelo, estructuras, producción, planeación.

## CONTENIDO

En el tiempo de trabajo en la Mina Calenturitas se generó un micromodelo con las estructuras presentes en los niveles 8 y 9 del sector C-D mejorando las condiciones reales de la operación actual, ofreciendo un recurso útil a corto plazo para los departamentos de planeación, producción y geología.

Para la creación de estos modelos se llevó un seguimiento constante tanto de las estructuras de la mina que afectaron o alteraron los mantos de carbón como de la variabilidad de los espesores y buzamientos de estos mismos, obteniendo una proyección para los niveles próximos a explotar. De esta manera al informar sobre estos seguimientos se tiene un conocimiento que podría evitar problemas relacionados con producción mensual de la mina.

Para lograr la sistematización de la información y la generación de este micromodelo, se tuvo en cuenta la parte estructural del sector C-D, tanto las fallas regionales, como las fallas locales que afectaban los mantos, los cambios de buzamientos, espesores, mantos pinchados, mantos plegados y las intercalaciones de material estéril que se presentan en este sector. El modelo también fue alimentado con los registros de las perforaciones que se hicieron en los mantos explotables cuyos buzamientos de las capas presentaron considerable inclinación.

---

\* Proyecto de grado. Modalidad práctica Empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de geología. Director: Ricardo Mier Umaña. Codirector: Hugo Nelson Ríos.

## ABSTRACT

**TITLE:** ESTRUCTURAL MICROMODEL GENERATION UNDER THE CURRENT CONDITIONS IN LEVELS 8 AND 9, C-D SECTOR, IN CALENTURITAS MINE, LOS CUERVOS FORMATION, LA LOMA MUNICIPALITY, DEPARTMENT OF CESAR.\*

**AUTHORS:** JAQUELIN DUEÑAS ESPINOSA\*\*

**KEYWORDS:** Micromodel, structures, production, planning.

### CONTENT

While working in Calenturitas Mine a MicroModel was generated with the present structures in levels 8 and 9, sector C-D, improving the real conditions or the current operation, providing a useful resource for short-term planning and geology departments.

To create these modules constant monitoring was done on the affected mine structures, alterations of the coal seams and the variability of thicknesses and dips slopes, obtaining a projection for the next levels to explode. Reporting these tracks provides knowledge that might avoid problems related to monthly production.

To achieve the systematization of the information and the generation of the micromodel, the structural part of the C-D sector, the regional faults, local faults that affected the seams, changes in dip slopes, thicknesses, folded collation seams and sterile material present in this sector, was taken into consideration. The model was also fed with drilling records that were made in mining seams whose dip slope have an inclination.

---

\* Degree project, Business practice modality.

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering, Geology School. Director: Ricardo Mier Umaña. Co-Director: Cesar Augusto Rojas.

## INTRODUCCIÓN

En el tiempo de trabajo en la Mina Calenturitas y al final de los estudios realizados se generó un micromodelo estructural, mostrando las estructuras presentes en los niveles 8 y 9 del sector C-D.

Para su construcción se tuvo en cuenta la parte estructural que afecta el sector C-D en la generación de este micromodelo, tanto las fallas regionales como locales que afecten los mantos, cambios de buzamientos, espesores, mantos pinchados, plegados y las intercalaciones que se presenten en el mismo sector. Esta información se tomó diariamente con el fin de obtener una información en lo posible lo mas concisa y precisa, tomando un seguimiento del piso de las trazas después de la extracción de carbón.

El modelo también se alimentó con los registros de las perforaciones que se hacen en los mantos explotables cuyos buzamientos de las capas presentan considerable inclinación, con esto se tiene un espesor real vertical, tanto de los mantos como del *interburden* (Roca entre-mantos). A su vez se pretende analizar las estructuras presentes en la mina (fallas regionales o locales que afecten los mantos, cambios de buzamientos, espesores, mantos pinchados, plegados e intercalaciones).

El propósito de la generación del micromodelo de los niveles 8 y 9 es tener un recurso útil para su utilización a corto plazo, llevando un seguimiento constante tanto de las estructuras de la mina que afecten o alteren los mantos, como de la variabilidad de los espesores y buzamientos de estos mismos, con el fin de tener una proyección para los niveles próximos a explotar, de esta forma estar informado en que se afectaría o favorecería la producción en la mina.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo General

- ❖ Generar un micromodelo con las estructuras actuales, de los niveles 8 y 9, sector C-D en la mina Calenturitas de la empresa C.I Prodeco S.A, localizada en el municipio de la Jagua de Ibirico, en el departamento del Cesar, sobre la Cuenca Cesar- Ranchería, Formación los Cuervos.

## 1.2 Objetivos Específicos

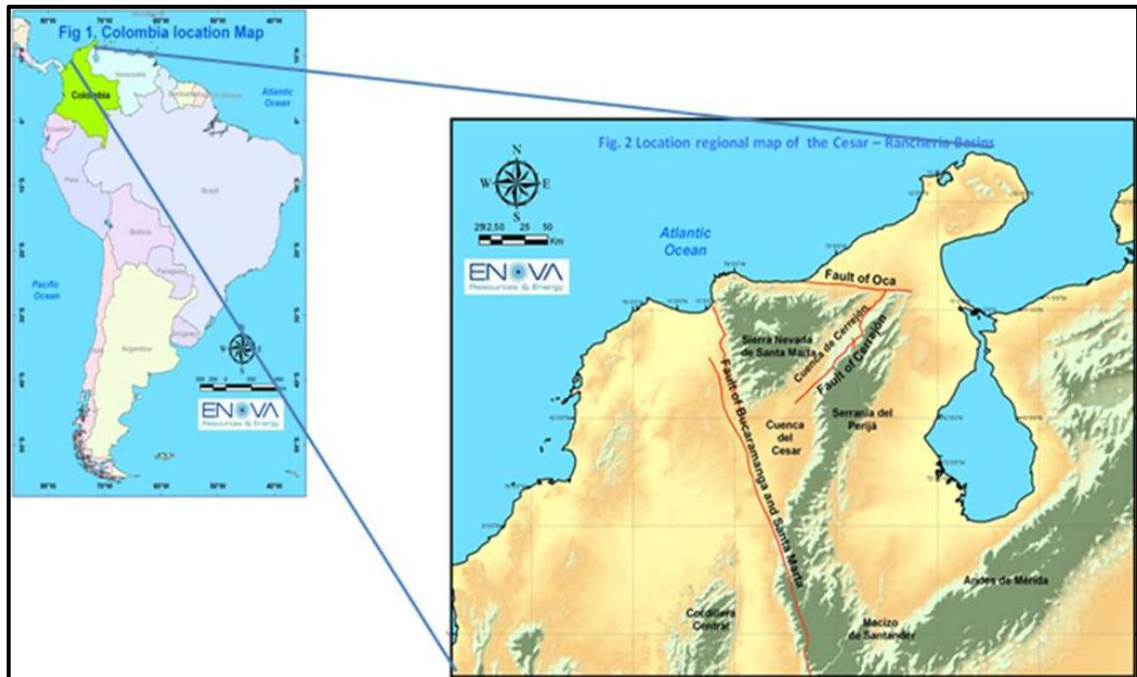
- ❖ Implementar un modelo para la mina calenturitas en el que se pueda efectuar una proyección de las estructuras (fallas regionales, locales, cambios de buzamientos, espesores, mantos pinchados, plegados e intercalaciones) de los niveles 8 y 9 a corto plazo.
- ❖ Llevar un seguimiento diario a las trazas de los mantos de carbón extraídos en el pit, para lograr un micromodelo preciso.
- ❖ Analizar e interpretar la estructura de la mina para poder generar así un modelo estructural más viable y preciso.
- ❖ Cargar la información tomada diariamente en el pit en la base de datos para actualizar y complementar el micromodelo.
- ❖ Interpretar los resultados con base en la topografía que el departamento de planeación suministra cada 15 días.
- ❖ Presentar una proyección confiable y precisa al área de planeación que le indique como se encontraran los mantos de carbón con sus probables anomalías estructurales, que puedan llegar presentar y/o afectar estos mismos y a la vez la producción.



### 3. MARCO GEOLOGICO

El área de la loma pertenece a la Cuenca Cesar–Ranchería, la cual está limitada por el basamento paleozoico de la Sierra Nevada de Santa Marta al norte, el alto de Valledupar al noreste, la Falla de Bucaramanga-Santa Marta al suroeste y las formaciones jurásicas y cretácicas que hacen parte de la Serranía de Perijá al sureste (Figura 2).

**Figura 2:** Localización geográfica y regional de la Cuenca Cesar-Ranchería<sup>2</sup>

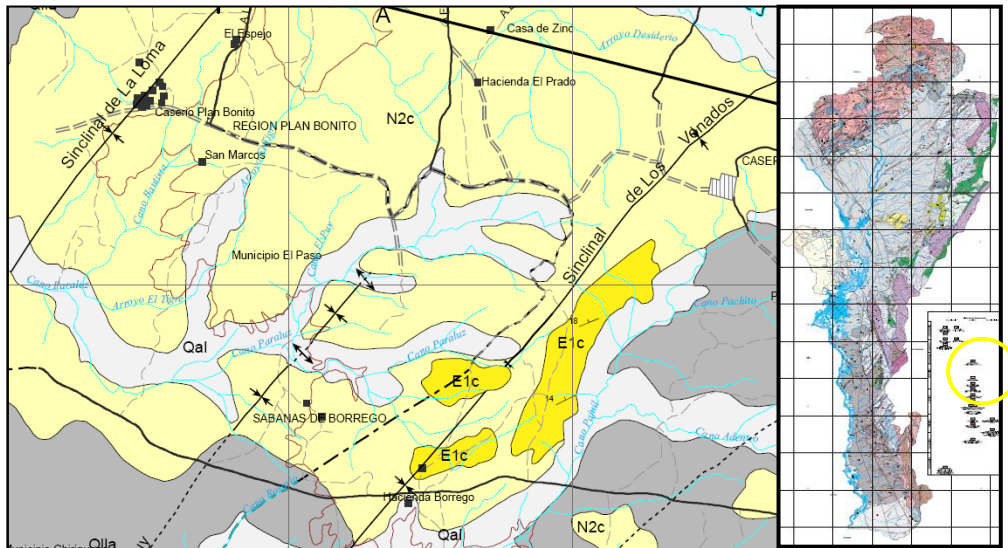


En el sector de la explotación de la Mina Calenturitas la Cuenca Cesar-Ranchería está constituida por una secuencia de rocas del paleoceno que suprayacen rocas del Cretáceo. De base a techo la cuenca está constituida por: La Formación Molinos, la cual es la unidad cretácica más superior con una sucesión de lutitas y arcillolitas oscuras con delgadas intercalaciones calcáreas, es la base sobre la

<sup>2</sup> <http://www.enovaresources.com/projects.html>

cual reposa discordantemente la Formación Barco (PEÑA, J. 1983.; ROJAS, O. 1968.). La Formación Barco es de ambiente deltaico y está caracterizada por el depósito de areniscas con laminación cruzada y esporádicos niveles arcillosos, la suprayacen la Formación los Cuervos, de ambiente paludal, conformada por una secuencia de lutitas grises con intercalaciones arenosas y mantos de carbón (MEJIA, L.; MATEUS, L. 1978.) Discordantemente sobre esta descansa una unidad sedimentaria no diferenciada compuesta de bloques y guijos pocos transportados en matriz areno-lodosa (ACEVEDO, H.; PEREZ, G. 1990.), sobre esta unidad no diferenciada y de forma discordante, yace la Formación Cuesta constituida por areniscas con niveles conglomeráticos y localmente bandas ferruginosas (figura 3)

**Figura 3:** Mapa geológico. Ubicación del contrato minero Calenturitas.



Fuente: INGEOMINAS. Geología del departamento del cesar.1999. Geología de la Plancha 48, La Jagua de Ibirico. 2002



#### **4.1 Formación Molino (Ksm).**

El término Formación Molino fue originalmente definido y publicado por Notestein *et al.* (1944), esta formación *pertenece al* Cretáceo superior y no aflora en el área del proyecto (figura 4), sin embargo se conoce como una secuencia eminentemente, arcillosa y con niveles limosos y capas delgadas de areniscas en tonos gris a gris oscuro.

#### **4.2 Formación Barco (Tpb)**

El término Formación Barco fue originalmente definido y publicado por Notestein *et al.* (1944). Esta formación pertenece al Terciario Inferior – Edad Paleoceno (figura 4), está compuesta principalmente por areniscas pardas, de grano fino a medio con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas gris claro. Estas areniscas tienen estratificación cruzada, localmente micáceas y arcillosas y generalmente cuarzosas, produciéndose crecimientos secundarios entre los granos, cuyas caras brillan al reflejar la luz solar. El espesor de la formación es variable, pero mantiene un espesor promedio de 200m. Aflora en el sinclinal de la Jagua de Ibirico y dentro del área de estudio en la Hacienda el Topacio y El Delirio a manera de pequeños parches, con rumbo N5-15W

#### **4.3 Formación los Cuervos**

Definida por Notestein *et al.* (1944), cuya sección tipo se encuentra en la Quebrada Los Cuervos, tributaria del Río Catatumbo, área de la Concesión Barco. Esta formación Pertenece al Paleoceno – Eoceno (figura 4), compuesta de arcillolitas y Shales, con mantos de carbón. La parte basal consiste de shales carbonosos, arcillolitas intercaladas con lodolitas carbonosas, areniscas de grano fino y carbones. Sobre la serie de carbones continúan limolitas grises y arcillolitas sideríticas, presentándose algunas areniscas de hasta 6 metros de espesor. La serie de arcillolitas tiene abundantes shales gris oscuro carbonosos y arcillolitas abigarradas.

Ésta formación se ha dividido en tres unidades en la Cuenca Cesar-Ranchería, siendo la unidad superior donde están ubicados los mantos de interés económico. Las tres unidades se encuentran constituidas de base a techo de la siguiente manera:

- **Unidad 1 (Tpc1).** Miembro inferior según Notestein et al. (1944). Constituida por arcillolitas y areniscas con delgadas intercalaciones de carbón hasta de 60 cm (Figura 5).

- **Unidad 2 (Tpc2).** Miembro medio según Notestein et al. (1944). Secuencias de areniscas de grano medio a grueso con estratificación cruzada a ondulosa e intercalaciones delgadas de arcillolitas (Figura 6).

- **Unidad 3 (Tpc3).** Miembro superior según Notestein et al. (1944). Consiste principalmente de arcillolitas con intercalación de areniscas de grano fino y abundante materia orgánica representada por mantos de carbón de espesor apreciable (Figura 7).

El espesor de la unidad carbonífera en el área es de 250 m, constante al parecer, según estudios sísmicos efectuados en el lugar (C.A PRODECO S.A 1999)

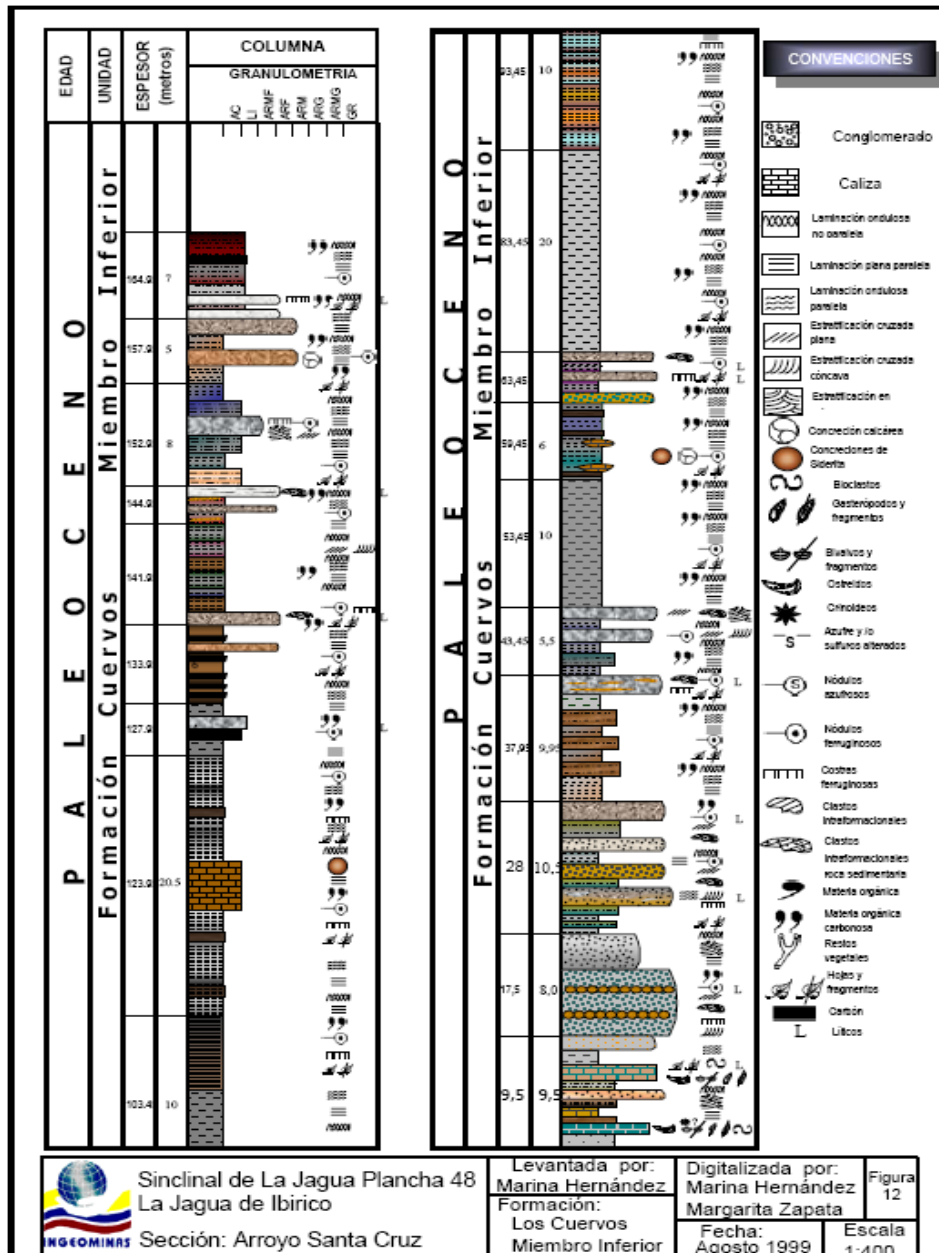
La edad del intervalo estudiado, según la asociación palinológica encontrada, corresponde al paleoceno superior – Eoceno inferior

#### **4.4 Cuaternario**

Un relleno aluvial del periodo cuaternario cubre gran parte de área, con espesores de hasta 24 m en el sector del Río Calenturitas. Consiste principalmente de arcillas amarillas plásticas y de arenas cuarzosas cuyo grano varia de muy fino a grueso, localmente conglomeráticos y gravas basales con colores marrones a

grises. Las arenas son material suelto y suprayace el lecho de gravas. Las arcillas son compactas y principalmente cubre los 2 metros superiores.

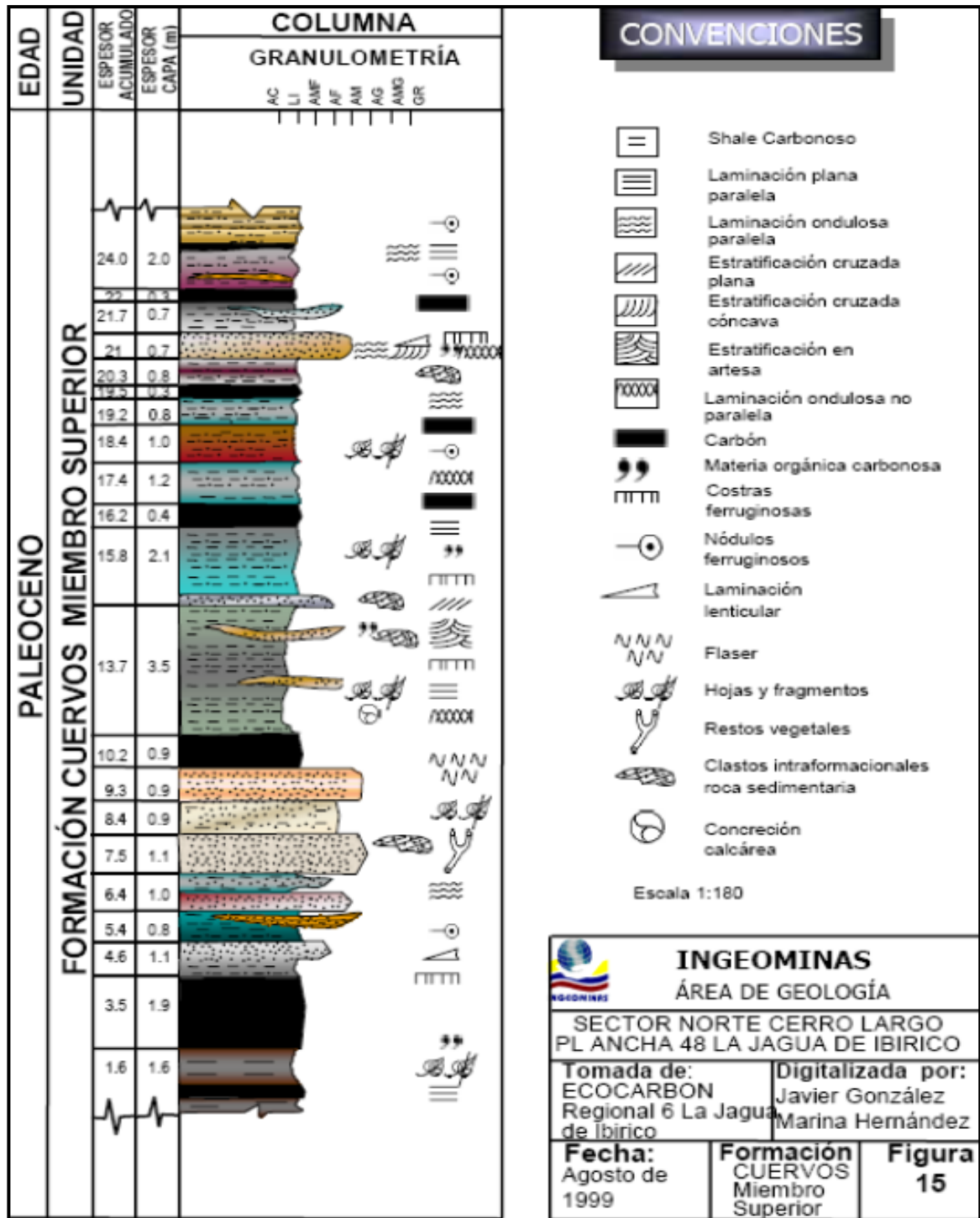
**Figura 5:** Columna estratigráfica de la Formación Los Cuervos Miembro Inferior.



Fuente: Servicio geológico Colombiano. Geología de la plancha 48. La Jagua de Ibirico. Memoria explicativa 2003



**Figura 7:** Columna estratigráfica de la Formación Cuervos Miembro superior. Es el miembro más importante por contener los carbones del área minera.



Fuente: Servicio geológico Colombiano Geología de la plancha 48. La Jagua de Ibirico. Memoria explicativa 2003

## **5. GEOMORFOLOGÍA**

La principal característica del paisaje en el área del proyecto, está determinada por condiciones de sedimentación aluvial, donde la baja energía de las corrientes y los pocos rangos de pendientes determinan una condición principalmente de depósito de materiales de este origen

Morfológicamente el área en general es plana a ligeramente ondulada, con colinas amplias y de poca elevación, con un drenaje de tipo subparalelo, característico del control estructural marcado por los plegamientos suaves de tipo sinclinal y anticlinal. A continuación se describen las unidades geomorfológicas presentes.

### **5.1 Llanura aluvial:**

Formación aluvial, periódicamente alimentada por el desbordamiento de un río, lo cual ocasiona que en ella se depositen los materiales finos o muy finos. Este tipo de llanura se caracteriza por presentar un relieve plano cóncavo, plano o convexo. Comprende los paisajes de Terraza Depositional Nivel 1, terraza Depositional Nivel 2, Y el plano inundable.

Los depósitos de Llanura Aluvial, están compuestos por sedimentos arenos arcillosos, de poco espesor. Los depósitos Aluviales del río Tucuy, están conformados principalmente por sedimentos arenosos.

### **5.2 Relieve y Colinas**

Son áreas de relieve ondulado y altura media que se localiza entre los vértices y en el caso puntual del proyecto, se encuentran aisladas. Están constituidas principalmente por rocas sedimentarias como areniscas y arcillas. Las pendientes se presentan cortas e irregulares entre 7% y el 12 %.

En términos generales el área de estudio corresponde a una zona de topografía predominantemente plana con vegetación típica de Bosque seco tropical (Bs-T) perteneciente a la cuenca del río Calenturitas. El paisaje del área de estudio se presenta de dos formas claramente diferenciables, la primera de tipo antropico relacionada con los proyectos de explotación minera (figura 8) y la conformación de zonas de montículos de estériles alrededor de los tajos explotados y la segunda correspondiente a las sabanas de pastos empleadas para ganadería extensiva intercaladas con cultivos de palma africana. Se puede decir que el único paisaje remanente de tipo natural corresponde al bosque protector intervenido de las corrientes principales como son el río Calenturitas.

**Figura 8:** Fotografía aérea mostrando paisaje típico relacionado con explotación minera



Fuente: C.I PRODECO S.A 2010

## 6. GEOLOGIA LOCAL

Al igual que la geología regional, la geología local, se basó en los estudios de exploración minera que fueron ejecutados por C.I Prodeco S.A (1999) dentro del plan de exploración Geológica y en el Informe Final de Exploración (IEF) aprobado por Minercol, hoy ANM por autoría y reserva de la propia empresa.

El área de concesión de la mina calenturitas abarca 6677 hectáreas distribuidas en 4 sectores, A, B, C y D, que hacen parte del Sinclinal de la Loma. A continuación se resumen los límites y estructuras de cada sector que comprende la mina Calenturitas (Figura 9).

### 6.1 Sector A

El Sector A se encuentra ubicado al norte. Hace parte de este sector el cerramiento del Sinclinal de la Loma, Está limitado por las fallas La Loma al Occidente, Calenturitas y Madrid hacia el suroriente. Presenta buzamientos entre 5° y 10° con orientación variable.

### 6.2 Sector B

El Sector B se encuentra ubicado al sureste de la estructura sinclinal. Limitado al norte por la Falla La Loma y hacia el sur por los límites de la concesión, presenta buzamientos promedios de 45° y en algunos lugares de 60°, el carbón sub-aflora Noreste-sureste

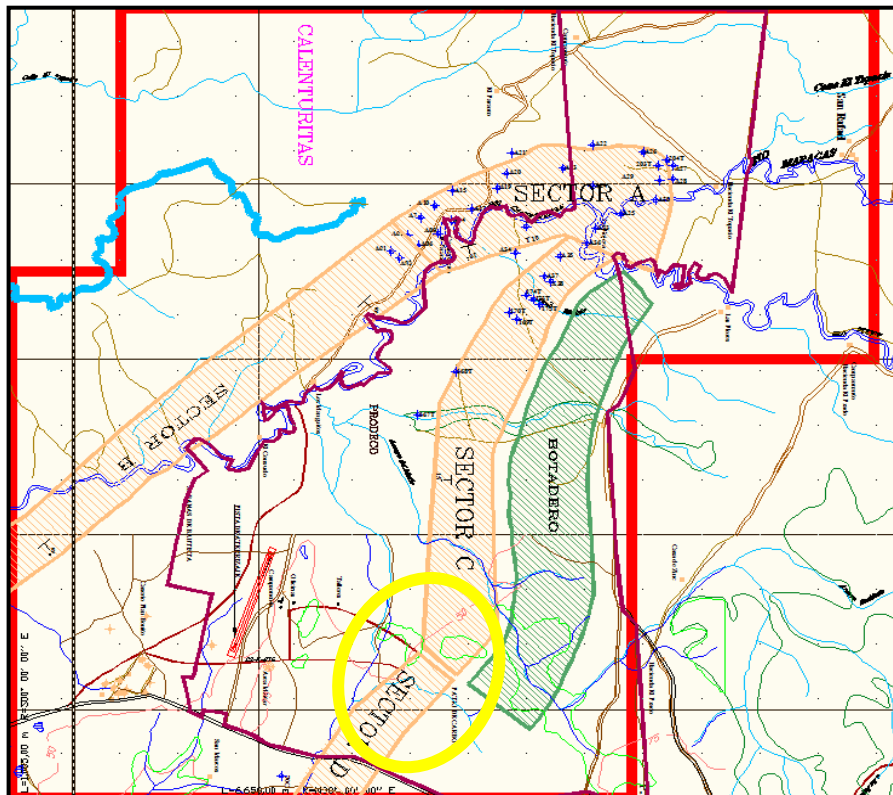
### 6.3 Sector C-D

Actualmente se le llama así a este Sector. Debido a la disminución por parte del sector C en el terreno explotable, lo que llevo a la unión del Sector C con el sector D.

El *sector C* corresponde a la parte oriental de la estructura sinclinal, presenta buzamientos suaves a medios entre  $10^\circ$  y  $35^\circ$  en promedio en la parte norte-oeste.

El *Sector D* está ubicado al este de la estructura, al norte y al sur por los límites de la concesión, los buzamientos varían entre  $40^\circ$  y  $75^\circ$  los carbones subafloran Noreste-suroeste

**Figura 9:** Mapa geológico de la mina Calenturitas, muestra los sectores en que está dividida la mina. Sector A, B, C y D. C.I Prodeco S.A 1999

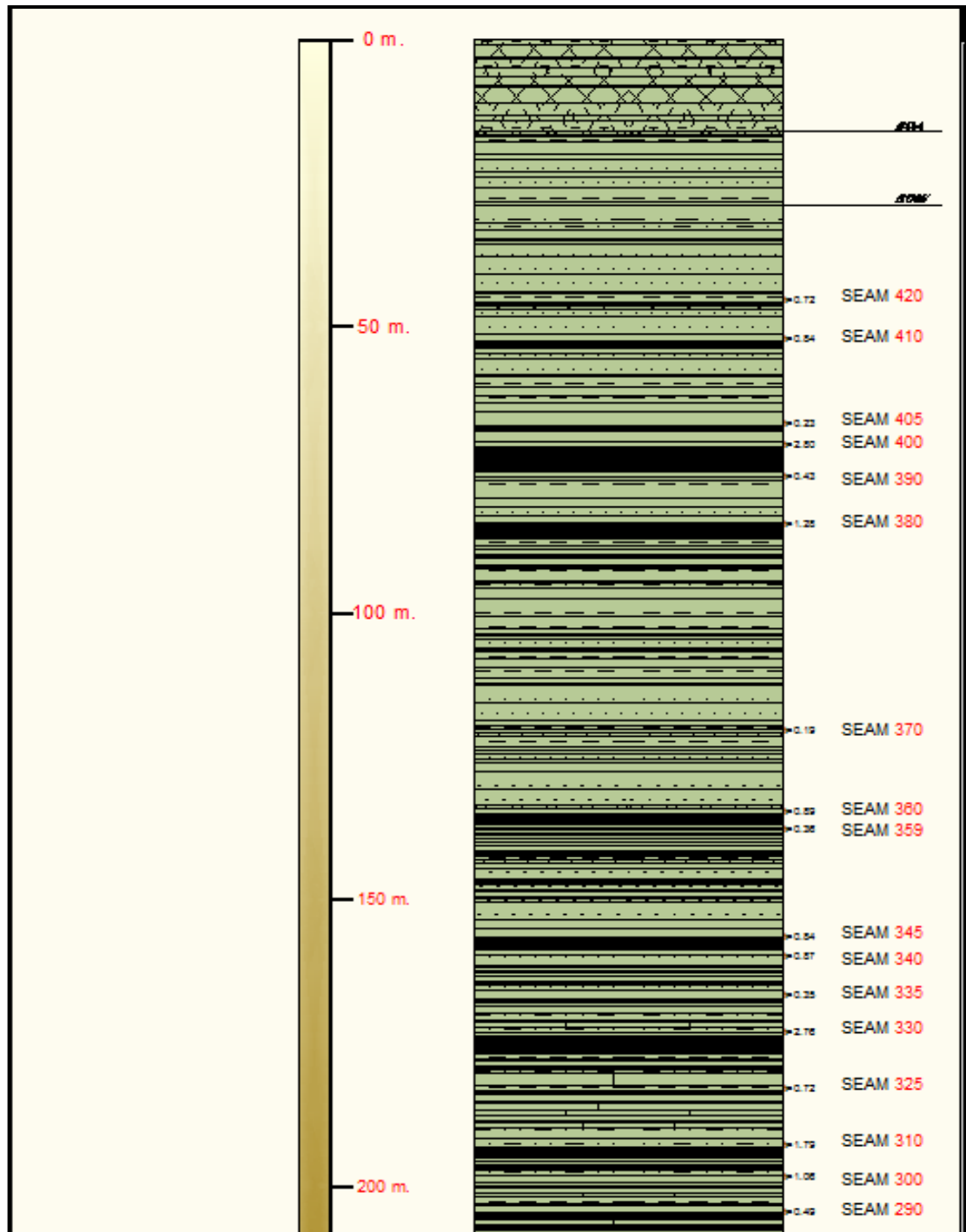


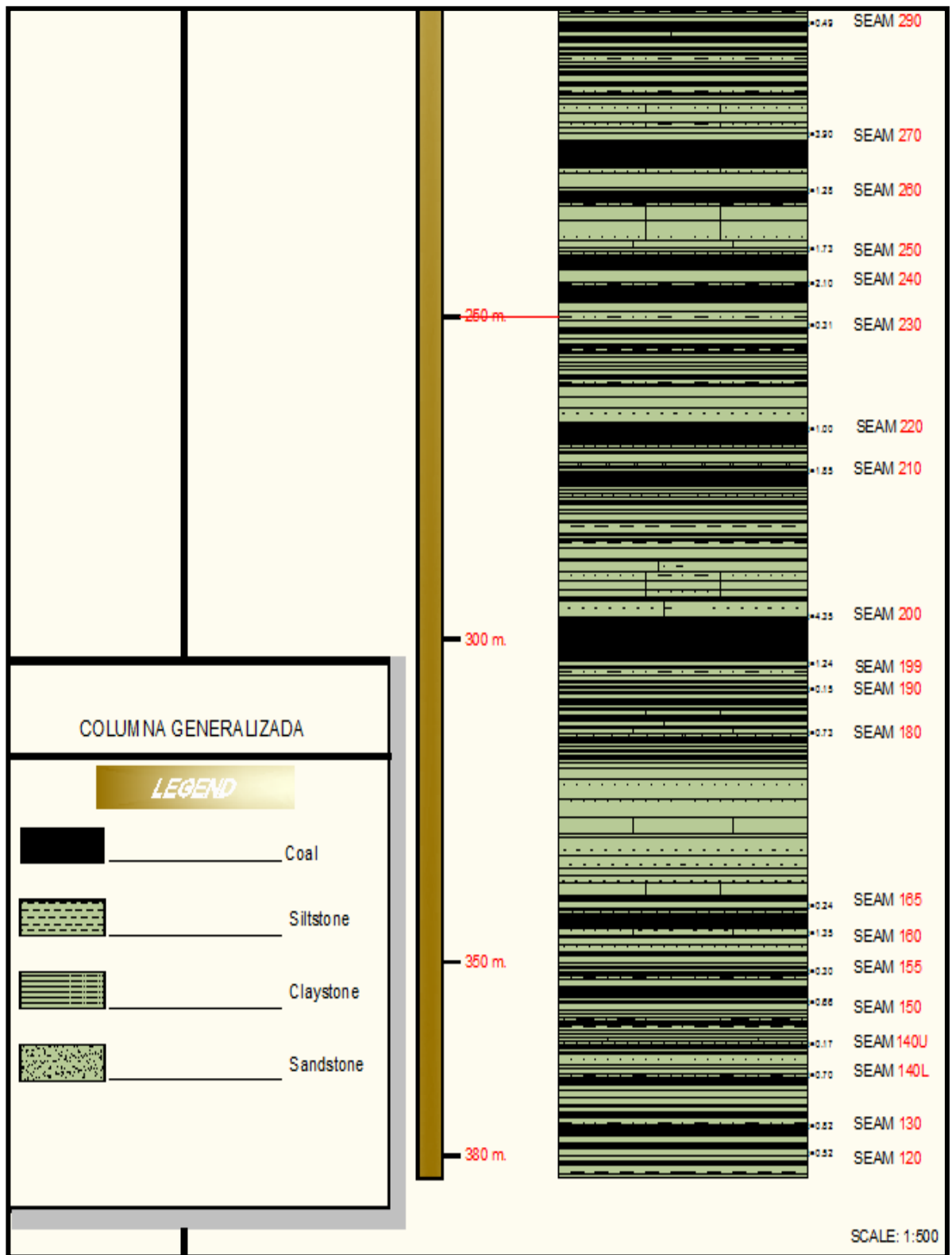
Fuente: Base de datos C.I PRODECO S.A 1999 C.A

Estratigráficamente la Mina Calenturitas identificó entre 36 y 40 mantos de carbón económicamente explotables (Figura 10). Dependiendo del área o sector. Cada manto presenta diferente espesor siendo el manto 200 el de mayor espesor con 4.35 metros seguido del manto 270 con un espesor de 3.90 metros y el manto 400 con 2.80 metros, estos serian los mantos con mayor espesor en La Mina (figura 11).

Los mantos que presentan menos de 30 cm en bajos buzamientos y menos de 40 cm en altos buzamientos no son económicamente rentables para su extracción. El manto C155, es el manto de menor espesor y en toda la mina su espesor varia, por lo que cuando presentaba un espesor menor a 30 cm no se llevaba a cabo su extracción.

**Figura 10:** Columna generalizada del proyecto minero Calenturitas, mostrando los mantos presentes en los niveles 8 y 9 del sector C-D.





Fuente: C.I Prodeco S.A (2000)

**Figura 11.** Vista panorámica de algunos mantos de carbón en la pared alta del nivel 8 del sector C.

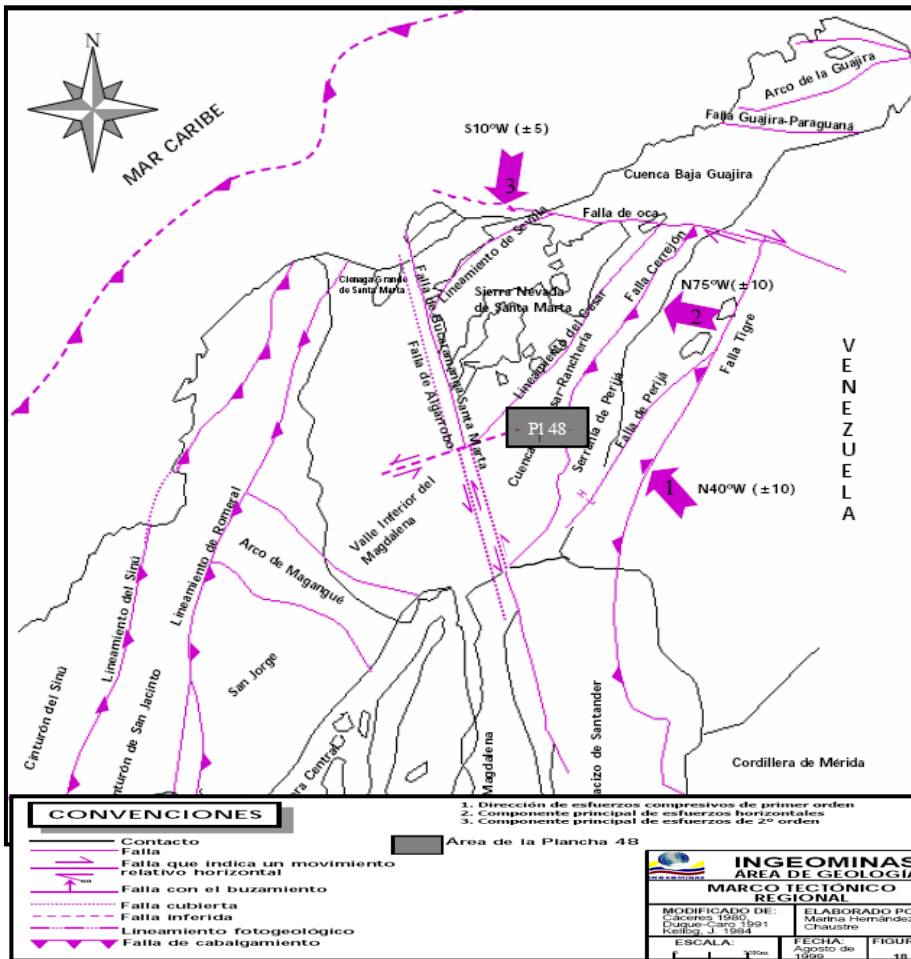


**Fuente:** Autor

## 7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La Cuenca Cesar - Ranchería está limitada geográfica y tectónicamente por la Sierra Nevada de Santa Marta al noroeste, la Serranía de Perijá al este, la Falla de Oca al norte y la Falla Bucaramanga - Santa Marta al suroeste (figura 12)

**Figura 12:** Marco Tectónico Regional plancha 48. La Jagua de Ibirico.



INGEOMINAS. Geología del departamento del Cesar. 1999. Geología de la Plancha 48, La Jagua de Ibirico. 2002

El estilo estructural de la zona está relacionado principalmente con la evolución tectónica de la Serranía de Perijá y la Cuenca Cesar -Ranchería. La Serranía de

Perijá está estructuralmente levantada entre la Cuenca de Maracaibo y los valles de los ríos Cesar y Ranchería; es una continuación de la Cordillera Oriental y comienza en un cambio de la alineación estructural. El modelo tectónico es principalmente complexional, causado por los movimientos de diferentes fallas de tipo regional.

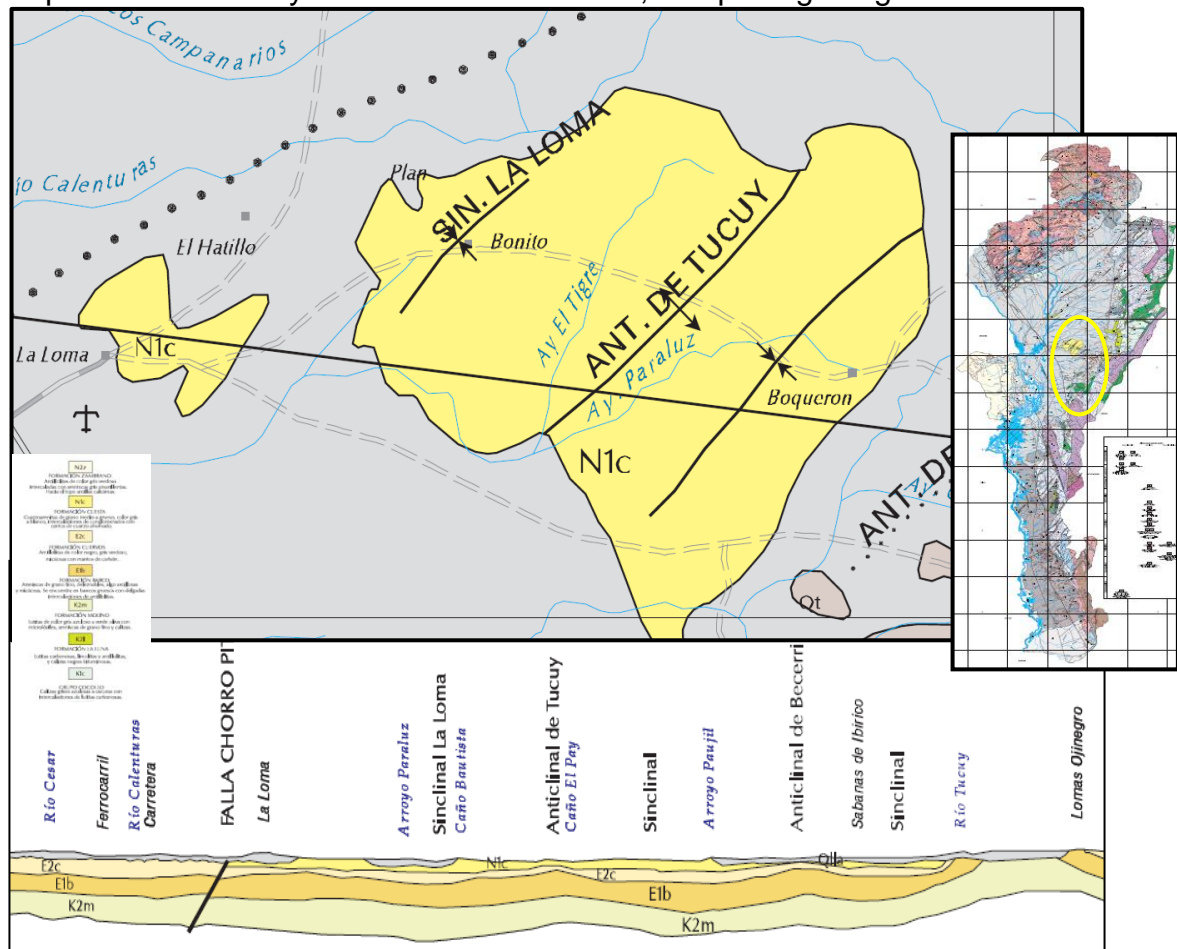
En cuanto a las estructuras tectónicas regionales, la zona carbonífera la conforman cuatro estructuras que afectan unidades con niveles carbonosos definidas como son los sinclinales de La Jagua, El Descanso, La Loma y El Boquerón. La principal característica de las estructuras de la zona carbonífera es que consisten de una serie de sinclinales y anticlinales con dirección NE-SW, las cuales forman un gran sinclinorio elongado con dirección N35°E, separadas por fallas inversas y anticlinales deformados, comprimidos y alargados, con igual tendencia regional, como producto de una fuerte compresión con sentido SE-NW.

El Sinclinal La Loma y Anticlinal de Tucuy. Presentan una dirección NE-SW, afectan la secuencia de areniscas de grano grueso y conglomerados de la Formación Cuesta y las rocas de la Formación Los Cuervos; los flancos presentan inclinaciones entre 13° y 18°, sin embargo, los buzamientos en las explotaciones alcanzan hasta los 35° en el cierre del sinclinal; en esta área se encuentran explotaciones carboníferas importantes. La unidad litológica continúa al oriente y forma el Anticlinal de Tucuy cuya es la misma que la del sinclinal.

El proyecto Calenturitas se encuentra ubicado en la cuenca de los ríos Calenturitas, Tucuy y Maracas. El Sinclinal de La Loma con dirección Noreste-sureste, es asimétrico y se profundiza hacia el sureste, afectan la secuencia de areniscas de grano grueso y conglomerados de la Formación Cuesta y las rocas de la Formación Los Cuervos (figura 13). La parte occidental de la estructura sinclinal tiene buzamientos promedios de 45° y en algunos sectores con valores de 60°, mientras que en la parte oriental los buzamientos son menores y

presentan valores promedios de 18° grados. Aquí la estructura presenta un ligero cambio en el rumbo que tiende a coincidir más hacia la dirección norte-sur. Las unidades litológicas continúan al oriente y forma el Anticinal de Tucuy cuya dirección es la misma que la del sinclinal.

**Figura 13.** Mapa geológico mostrando las formaciones cuesta, cuervos y depósitos aluviales y el sinclinal de La Loma, con perfil geológico.



Fuente: INGEOMINAS. Geología del departamento del Cesar. 1999.

Con base en los cambios estructurales del depósito que son originados por la influencia tectónica de las fallas presentes, este fue dividido en cuatro sectores A, B, C y D (Figura 9). Los mantos buzanan de 5° a 10° en la parte noreste del sinclinal

(sector A). Los buzamientos se incrementan a lo largo de las franjas del sinclinal, de 12° a 70° en la parte del sector C-D. Para el sector B se encontraron buzamientos de 45 grados por la parte oeste y en algunos lugares hasta de 60°. Trabajos anteriores han estimado que el hundimiento del sinclinal esta en el orden de los 10°

## **8. METODOLOGIA DEL TRABAJO**

El micromodelo debe representar de una manera más exacta la operación para la planeación a corto plazo, para lo cual en el desarrollo del trabajo se utilizó una metodología que consiste inicialmente en:

- Un reconocimiento del área trabajo (Pit)
  
- Identificación de las capas o mantos de carbón
  
- Localización de los mantos de carbón con su respectivo nombre
  
- Recopilación información geológica de los mantos en la mina

Para lograr generar el micromodelo estructural con datos precisos, que muestre sus fallas regionales y locales, los cambios de buzamientos, espesores, mantos pinchados, plegados e intercalaciones que llegaran a afectar los mantos de carbón y a su vez tener claro que afectara la producción y la operación en la explotación, se requiere seguir estrictamente los siguientes pasos.

### **8.1 METODOLOGÍA EN CAMPO**

#### **8.1.1 Trazas**

- a) Identificar la traza de cada manto.
- b) La información del manto debe ser tomada en el piso sobre la traza del manto
- c) debe tomarse coordenadas (XYZ)
- d) Tomar rumbo y buzamiento.

Los anteriores ítems deben llevarse a cabo con las siguientes consideraciones:

- Tomar puntos cada 10 metros
- Esta información debe actualizarse todos los días.

### **8.1.2 Levantamiento topográfico de pisos.**

Esta información se toma cada vez que se tenga disponibilidad, teniendo en cuenta de instruir adecuadamente al grupo de topografía sobre donde tomar la cresta (Techo) y pata (Base) del manto para obtener una información confiable

### **8.1.3 Espesor real.**

Tomar el espesor real del manto es de vital importancia para la generación del micromodelo. Este espesor se toma directamente en el mismo manto cuando este tenga una capa visible (Costilla del manto), si no es posible se debe sacar el aparente y convertirlo a real.

Dentro de los espesores es importante también tomar el espesor promedio de los parting (intercalaciones de otra litología entre los mantos de carbón), teniendo en cuenta si su continuación es permanente o se presenta de manera lenticular.

### **8.1.4 Estructuras.**

Se deben registrar todas las estructuras que se identifiquen en el tajo, tales como:

- Fallas
- Lentas
- Mantos pinchados
- Plegamientos, etc.

- Incluyendo coordenadas (X,Y,Z) rumbos y buzamientos

#### **8.1.5 Toma de fotografías.**

Es necesario registrar en archivo fotográfico todas aquellas situaciones que se vean en el área de trabajo que son de gran ayuda para entender la estructura.

#### **8.1.6 Voladura bajo manto. VBM.**

La voladura bajo manto se hace para tener más a detalle la información que tal vez en superficie no era muy clara, para poder tener una información más concisa y segura. O en el caso de encontrar en el nivel de exploración un manto adelgazado o pinchado, es conveniente saber cómo está afectando la estructura de los otros mantos al próximo nivel.

Para hacer la VBM hay que seguir una serie de procedimientos de rutina que hay que desarrollar para llevar a cabo un mejor trabajo.

##### *Marcación de la voladura*

Este proceso obedece a nombrar las voladuras a ser registradas, para la ubicación de filas y pozos involucrados en una plaza de perforación (Lugar destinado y topografiado para la perforación) La nomenclatura de la voladura corresponde al nombre del proyecto, nivel y número de voladuras realizadas.

Ejemplo:

C5672F10P10:

C: de Calenturitas

5: Corresponde al Nivel donde se hace la voladura (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. etc.)

672: corresponde al consecutivo de voladuras realizadas en este nivel

F10: Significa Fila 10

P10: Significa Pozo 10

El estándar que se tiene para el nombramiento de las voladuras está sujeto a la dirección en que se haga la perforación.

- Perforaciones en el sentido del buzamiento: Para este tipo de perforación las filas se enumeran en forma ascendente de norte a sur y los pozos en forma ascendente de pared alta a pared baja.
- Perforaciones en el sentido del rumbo: Para este tipo de perforación las filas se enumeran en forma ascendente de pared alta a pared baja y los pozos en forma ascendente de norte a sur.

En ambos casos se conserva la estructura de nombramiento de las filas y pozos, es decir filas pares con pozos pares y filas impares con pozos impares y el consecutivo se nombra dejando cuatro barrenos. Ejemplo:

F10P10, F10P20, F10P30,..etc.

F10P10 = Fila 10 pozo 10      —————>      Fila par con pozo par

F11P11 = Fila 11 pozo 11      —————>      Fila impar con pozo impar

## 8.2 METODOLOGÍA EN OFICINA

### 8.2.1 Base de datos

Se genera, organiza y mantiene actualizada una base de datos que incluya toda la Información obtenida del micromodelo. Con los datos obtenidos en campo, se almacena una base de datos con cada uno de los detalles tomados, con el fin de tener un archivo de los antecedentes del pit. Ver figura 14.

**Figura 14:** Tabla utilizada en Excel para almacenar y actualizar la base de datos.

Fecha	X	Y	Z	Manto	Nivel	Espesor m	Rumbo	Buzamiento	Orientación	Espesor Horizontal m	Observaciones

Fuente: Autor

### 8.2.2 Carga de información

Esta base de datos es cargada en el programa “Minex” (Coal MiningSoftware) , donde se importa en un formato XYZ, de tal manera que se pueda cargar con las coordenadas originales y en este mismo programa, se encuentra la opción de poder mostrar lo que se requiera ver y en los colores que se quieran tener. De esta manera se guardan en formato DWG (AutoCAD).

Así se importan nuevamente a AutoCAD, acá se observa cada traza de cada manto de carbón, tomada en los pisos de estos mismos, estas trazas se actualizan

diariamente, pero el plano se entrega a medida que el departamento de planeación genere un “as built” (Plano general) de la mina, para poder tenerlo acorde con la topografía actual. Generalmente esto sucede cada 15 días, lo que hace que se tuviese un plano de trazas actuales cada 15 días.

Este plano se genera con el espesor real y un buzamiento que se toma de los mantos, se halla el espesor aparente horizontal, que se plasma en el plano, así que se observa el espesor horizontal, con sus respectivas intercalaciones y fallas que se registraron a medida que se avanzaba en la explotación (Ver figura 15).

**Figura 15:** Costilla y respaldo del manto C360



Fuente: Autor

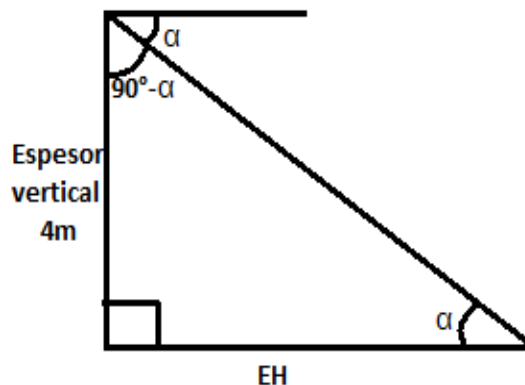
Aplicando la ley de senos sabemos que:

$$\frac{EH}{\text{Sen } 90^\circ} = \frac{ER}{\text{Sen } \alpha}$$

Despejando el espesor horizontal (EH), siendo el dato que se busca, teniendo el espesor real (ER) tomado en campo, que es la distancia "Real" entre el piso del manto y el techo de este mismo, junto con el ángulo  $\alpha$ , que sería el buzamiento del manto que también es tomado en campo, se obtiene la siguiente ecuación.

$$EH = \frac{\text{sen } 90^\circ * ER}{\text{Sen } \alpha}$$

Seguido a esto, en el punto donde el plano está totalmente actualizado y generado, viendo sus mantos con los espesores reales, fallas, estructuras, intercalaciones presentes, actualizado con la explotación de los mantos de carbón en el Pit (Área de explotación), se procede a hacer una proyección al siguiente nivel, que varía entre cuatro, seis u ocho metros. Esta proyección es inmediata debido a que la explotación es continua.



$$\frac{\text{sen}(90^\circ - \alpha)}{EH} = \frac{\text{sen}\alpha}{4}$$

$$EH = \frac{(4)\text{sen}(90^\circ - \alpha)}{\text{sen}(\alpha)}$$

Sabiendo que:

**EH=** Es el espesor horizontal, lo cual mostraría el avance horizontal, cuando se explota 4 m en profundidad vertical.

**$\alpha$** = Angulo de buzamiento.

### **8.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA LAS VOLADURAS BAJO MANTO (VBM)**

La Voladura Bajo Manto (VBM) es un proceso aplicado en depósitos multimantos de carbón. Los pozos se perforan atravesando los mantos hasta el nivel deseado de avance de pala y se procura la fragmentación simultánea del material estéril localizado por encima y por debajo de los carbones.

Se usa el registro de rayos gamma, que mide la radioactividad natural de las formaciones, y es útil para detectar y evaluar depósitos minerales.

La sonda capta las radiaciones gamma natural presente en los diferentes tipos de rocas, de esta manera y de acuerdo a los rangos de valores API se pueden diferenciar las litologías presentes en el pozo. Para el carbón el rango de API varía entre 0 y 80, de esta manera se generan las curvas gamma que se forman con las variaciones de litología.

Toda la información de los pozos registrados se guarda automáticamente en el archivo DATA que está en C: Century/DATA

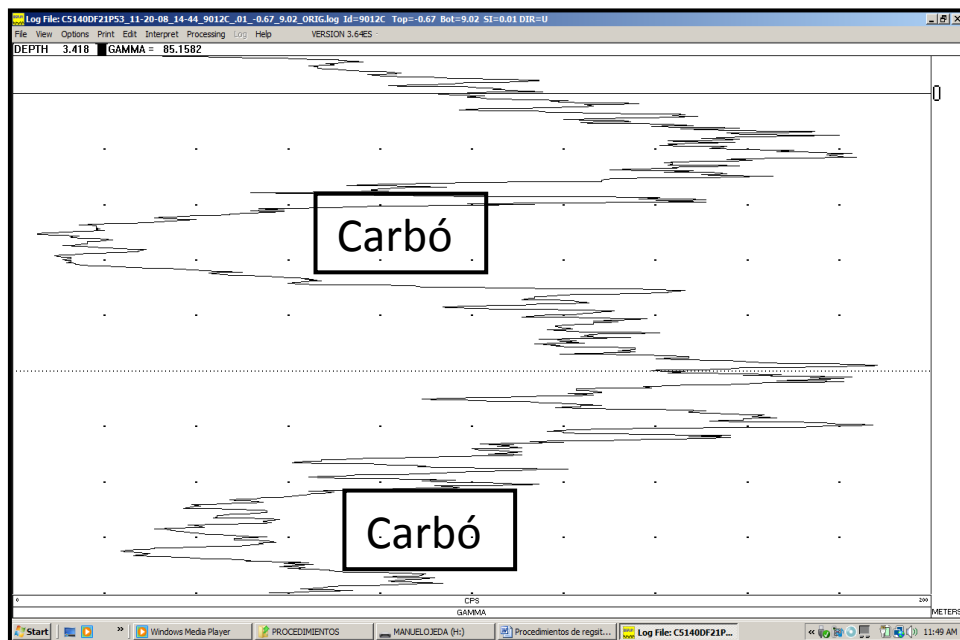
Lectura e interpretación de las curvas Gamma se obtienen así:

- Doble click en el icono “DISPLAY”
- Abrir la opción File y luego sobre la opción Get New Log.
- Esta opción mostrará la ventana Log Files, que permitirá abrir la curva Gamma del pozo que desee leer.

#### 8.4 INTERPRETACIÓN DE CURVAS GAMMA

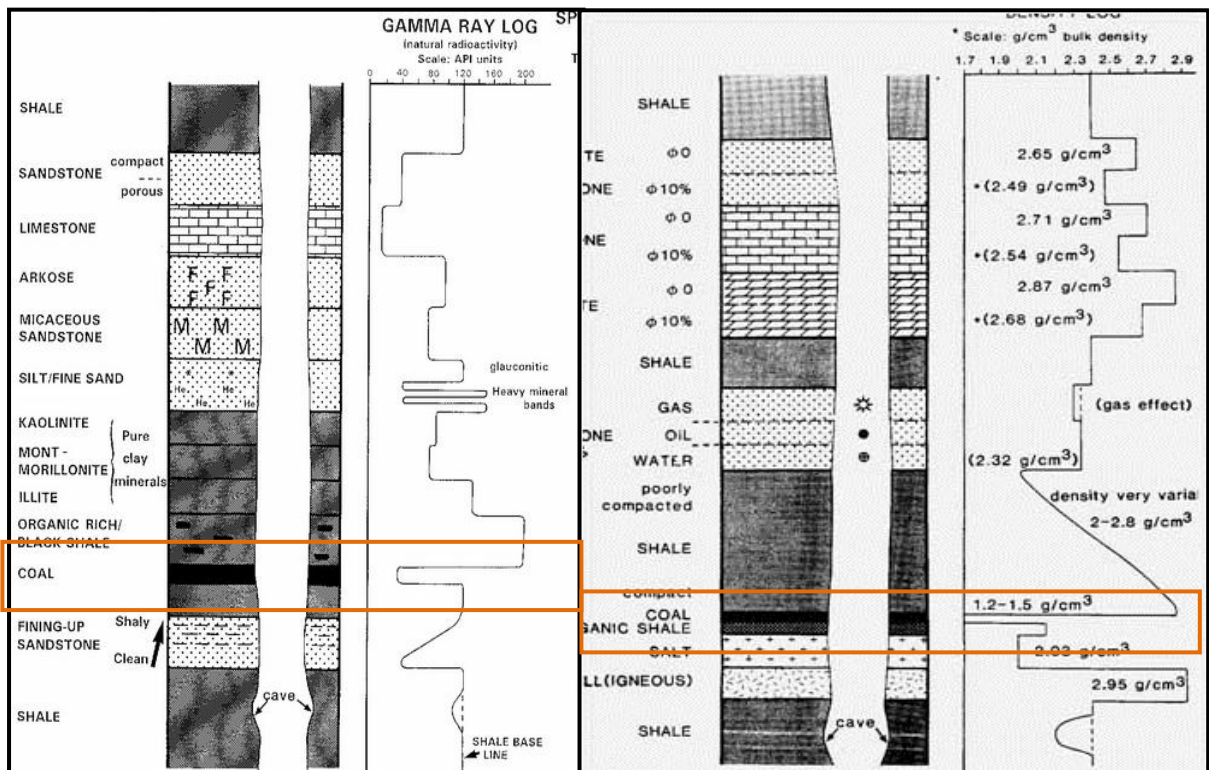
La sonda 9012 capta las radiaciones gamma natural presente en los diferentes tipos de rocas, de esta manera y de acuerdo a los rangos de valores API (Unidad de medida entre los rayos gamma) se pueden diferenciar las litologías presentes en el pozo (figura 17). Para el carbón el rango de API varía entre 0 y 80. En la siguiente figura se muestra una curva típica de mantos de carbón tomada de un registro de pozo.

**Figura 16:** Registro Gamma Ray de pozo mostrando curvas típicas con presencia de carbón



Fuente: Autor

**Figura 17:** Efecto de diferentes litologías en el registro de rayos gamma<sup>3</sup> y densidad<sup>4</sup>



Para interpretar las curvas gammas se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Ubicar el cursor en el punto medio de la curva para determinar las profundidades de techo y piso del manto, que corresponde al rango de valores entre 60 – 80 API (Unidad de medida entre los rayos gamma).
- Leer la profundidad en el encabezado del registro, ubicado en la parte superior derecha, correspondiente a la palabra Bot=xxx.
- Escribir en el formato de control de registro geofísico los techos, pisos y profundidad leídos de los mantos interceptados durante la perforación.

<sup>3</sup> [http://www.lizneg.net/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://www.lizneg.net/2012_01_01_archive.html)

<sup>4</sup> <http://www.lizneg.net/2012/01/registro-de-gamma-ray.html>

Teniendo en cuenta que el orden secuencial para nombrar los mantos es de arriba hacia abajo, siendo el primero el manto superior.

- Determinar los paquetes de arenisca en el registro leyendo sus valores de igual forma que los carbones, en un rango entre 20 – 75 API.

## **9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Con base en todos los datos tomados y adquiridos en campo siguiendo los pasos adecuados para obtener una información precisa y verídica, y aplicando los conceptos anteriores, se da inicio a la generación del micromodelo. Este se empieza a desarrollar teniendo en cuenta que se hayan adquirido los datos suficientes para poder llegar a su desarrollo, ya que inicialmente no se contaba con una información concisa.

La idea de generar el micromodelo es poder obtener de las estructuras presentes unas condiciones reales de la operación (explotación) actual, que a su vez sirva para la planeación a corto plazo con la interpretación del micromodelo.

Como se mencionó en la metodología, este modelo se lleva a cabo con la identificación de los mantos de carbón, tomando rumbo y buzamiento en el piso de las trazas de los mantos con sus respectivas coordenadas, haciendo esta toma de datos cada 10 m, y actualizando esta información todos los días. De esta manera se tiene claro cualquier cambio y/o anomalía registrada.

### **9.1 PRIMER MODELO**

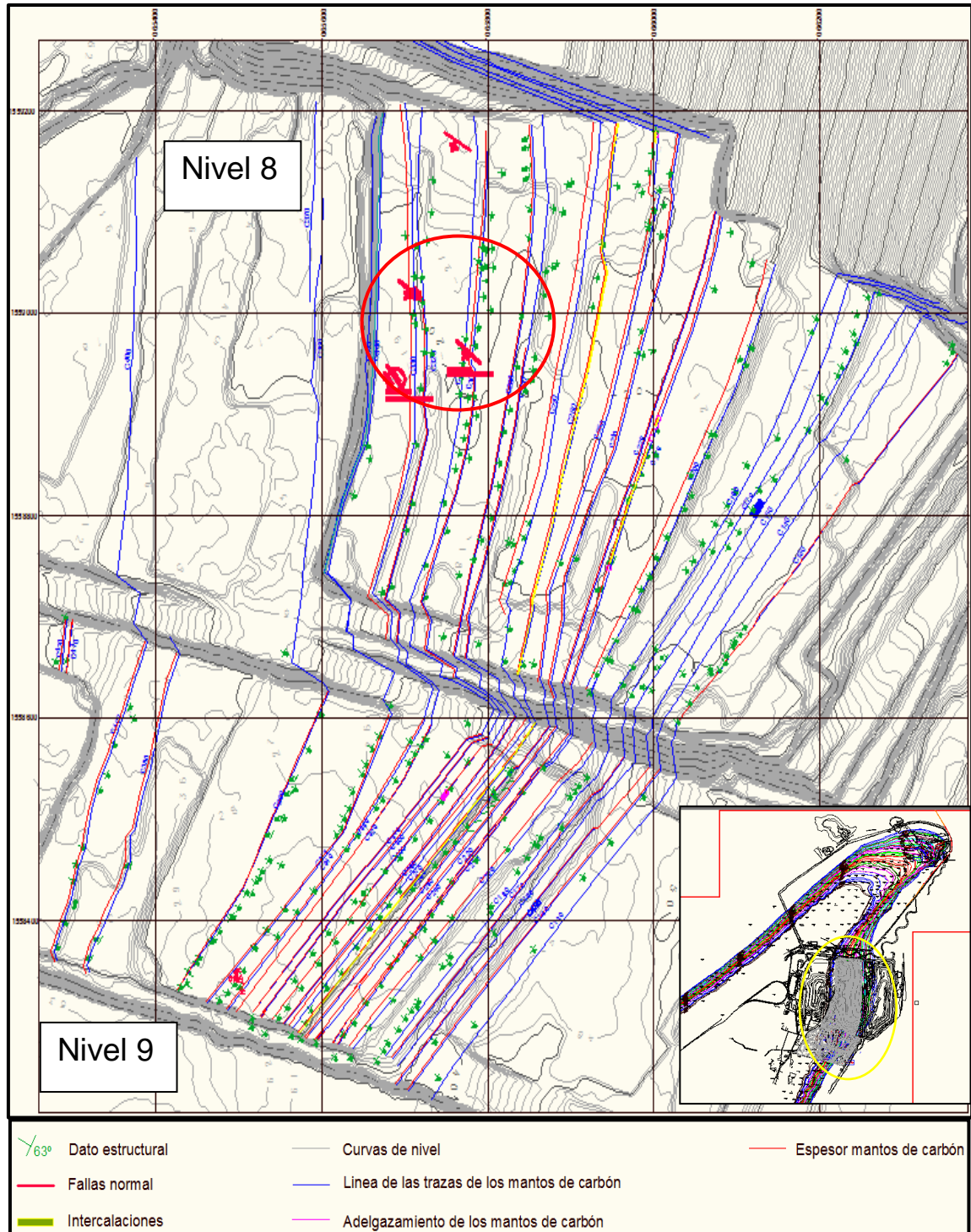
Para este modelo se tomaron un aproximado de mil trazas en los niveles 8 y 9 del sector C-D y se recopilaron las anomalías estructurales presentes en este nivel de exploración.

Siguiendo la metodología en oficina y empleando la metodología en campo, cargando la información de la base de datos generada en Excel e importada desde el programa minex (Coal MiningSoftware) a AutoCad, se generó el primer modelo estructural de los niveles 8 y 9 del sector C-D de la Mina Calenturitas (figura 18)

Teniendo en cuenta que no había suficiente información para empezar, el primer modelo se generó, con los resultados de los datos tomados en campo durante dos meses.

A continuación la figura 18, del MODELO 1, con la descripción de las estructuras encontradas y analizadas en los modelos generados. Se logra observar con claridad los cambios de rumbo y buzamiento que presenta la estructura de la mina, de esta manera se puede analizar de manera clara en que partes se están afectando estructuralmente los mantos de carbón y como ayudaría esta información al departamento de producción y planeación.

**Figura 18:** Modelo 1. Primer modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas.



Fuente: Autor

Como resultado de este primer micromodelo, se registró en el nivel 9 el manto C290 un pinchamiento en las coordenadas:

X: 1065751

Y: 1558526

Z: 28

Registrando un rumbo N53E y buzamiento 51 NW.

Hasta las coordenadas:

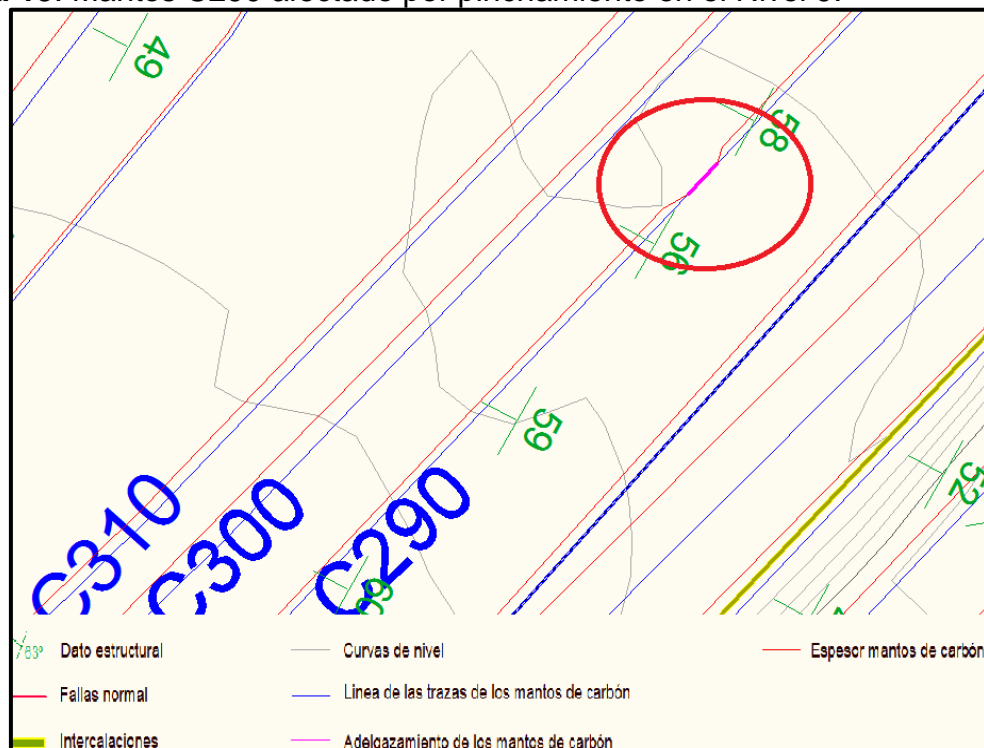
X: 1065747

Y: 1558521

Z: 28

Registrando un rumbo N53E y buzamiento 51 NW. (Figura 19)

**Figura 19:** Mantos C290 afectado por pinchamiento en el Nivel 9.



Fuente: Autor

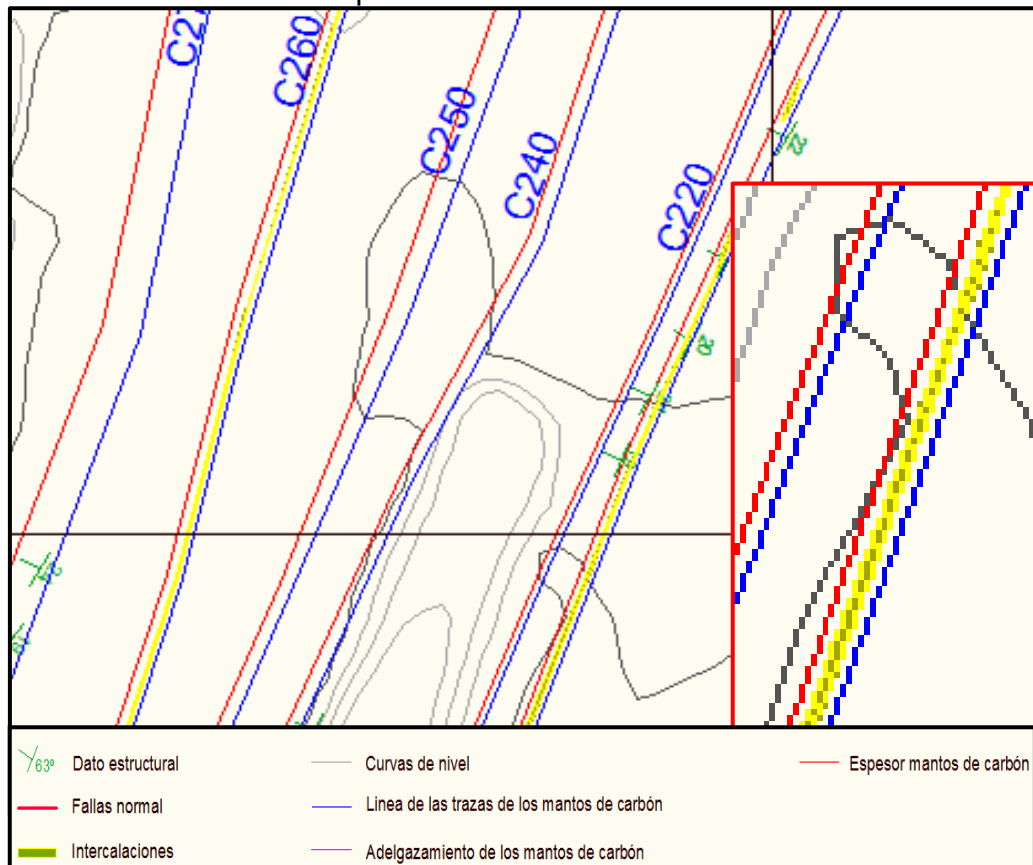
En el manto C210 en el nivel 8 se observó una intercalación con un espesor de 0,25 m adelgazándose a 0,15m y 0,10 m, teniendo el carbón un espesor de 47 cm en la parte inferior y 50 cm en la parte superior de la intercalación, esta anomalía se presenta por una distancia de 5 metros con coordenadas:

X: 1066012

Y: 1558883

Presentando un rumbo N20E, buzamiento 23 NW. (Figura 20), el manto C260 también tiene una intercalación de 15 cm, un espesor total de 1.20 m, con espesor de 0.57 m en la capa suprayacente a la intercalación y un espesor de 0.48 m en la capa infrayacente a la intercalación.

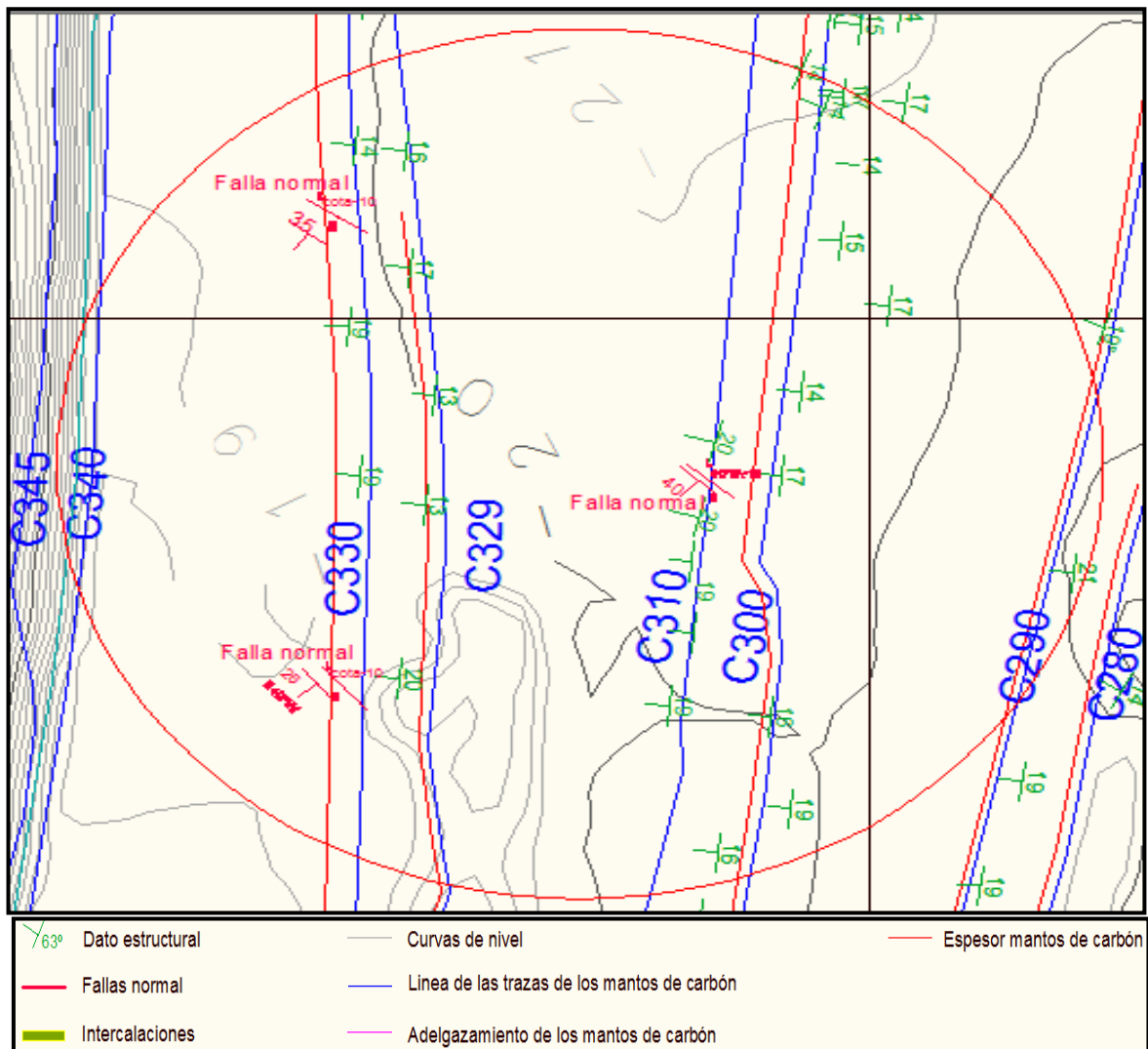
**Figura 20:** Mantos afectados por intercalaciones de material estéril. Nivel 8.



Fuente: Autor.

A su vez, se observaron fallas en los mantos C310 y C330 en el nivel 8 de tipo normal (figura 21), con un buzamiento de 42° en sentido Nor-Oeste (Figura 22), estas fallas son locales y no afectan la producción del carbón en este nivel de explotación, pero es importante tener un registro de cada estructura existente y tener conocimiento de estas para saber en que pueda afectar los mantos y la producción.

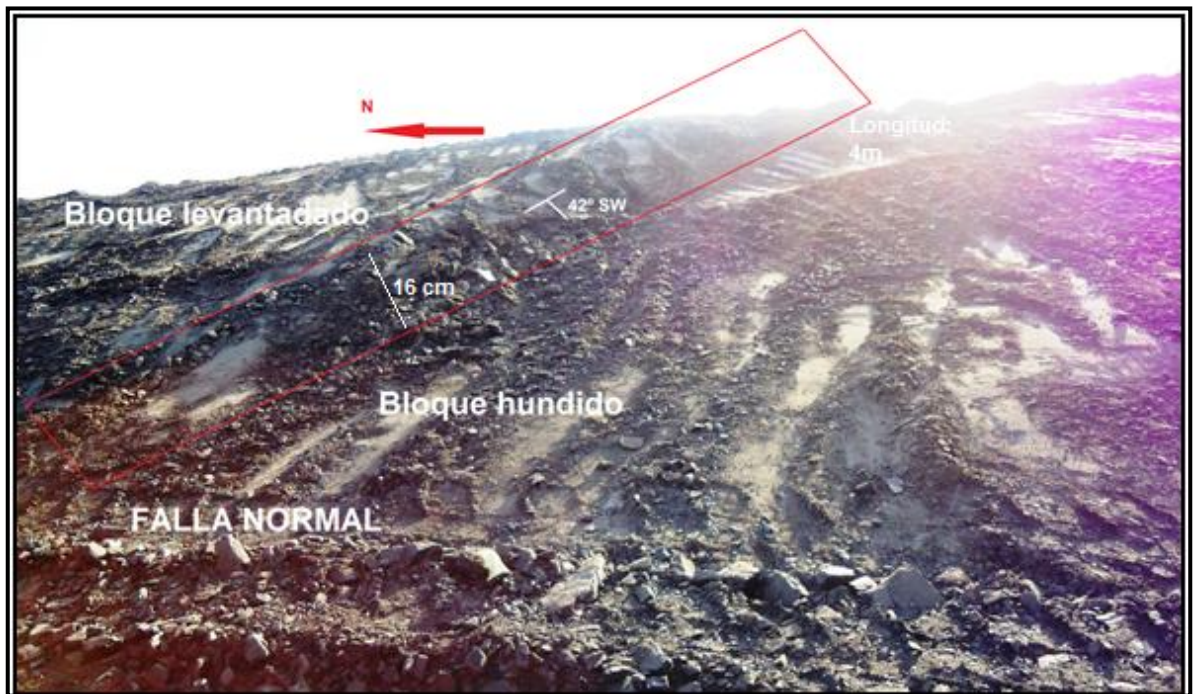
**Figura 21:** Detalle de las fallas en el nivel 8, en los mantos C310 y C330



Fuente: Autor

Más adelante se podrá ver que en pocas ocasiones se vuelve a ver la falla de la misma manera en los siguientes niveles de explotación, muchas veces desaparece y otras veces aparece igual o más marcada, pero sigue sin afectar la producción ya que es una falla poco prominente.

**Figura 22:** Falla tipo normal en el manto C330 en el nivel 8



Fuente: Autor

También es notorio que algunos mantos de carbón tienden a presentar un cambio de buzamiento progresivo. En el modelo aun no se puede marcar un plano de falla con precisión que limite estos cambios, sin embargo en el momento que este libre la capa superior del manto del carbón se va recolectando los datos que podrá llevar a un mejor análisis de estos cambios.

## 9.2 SEGUNDO MODELO

Aplicando los conceptos mencionados en el **capítulo 8**, siguiendo la metodología en campo (Capítulo 8.1) y empleando la metodología en oficina (Capítulo 8.2). Se cargó la información de la base de datos generada en Excel y se importó a minex, donde se crearon los puntos tomados cada 10 metros, seguido de esto se importaron a AutoCad, llevando a generar el segundo modelo estructural de los niveles 8 y 9 del sector C:D de la mina calenturitas (figura 23).

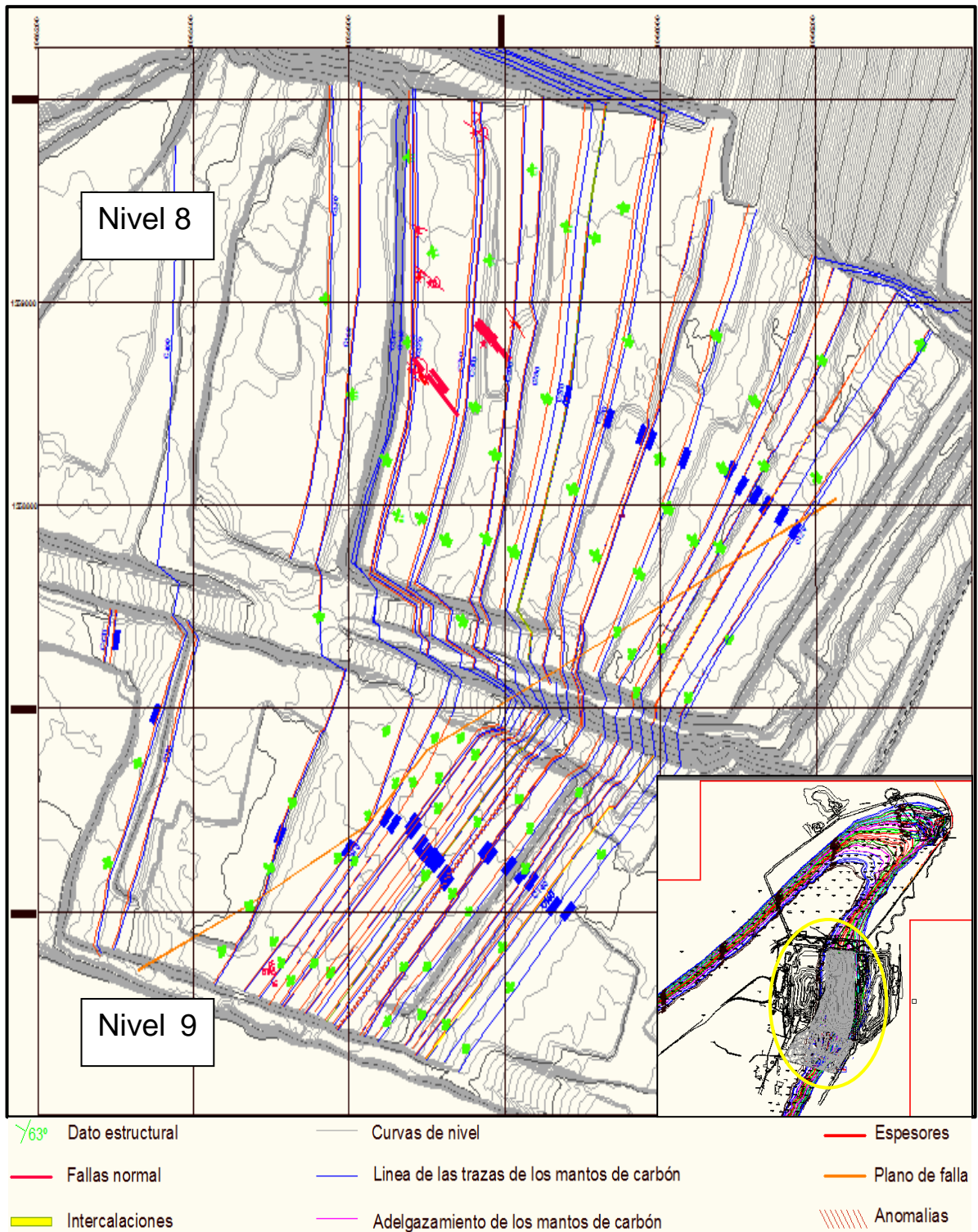
Para la elaboración de este micromodelo, se tuvieron en cuenta 500 trazas más, tomadas aproximadamente durante un mes, algunas de ellas actualizan los datos anteriores y otras aumentan la base de datos, generando trazas nuevas y registrando anomalías estructurales que se han presentado en los mismos mantos de carbón del anterior modelo como en mantos nuevos.

La base de datos registrada con la base de datos inicial, que sumó mil quinientas trazas en total, evidencian cambios en los buzamientos de los mantos en los niveles 8 y 9. Para este modelo se tuvo en cuenta estos cambios, lo que llevó a un análisis y un seguimiento de cada manto, para tener un registro conciso de esta anomalía. Con esto se crea el modelo dos (figura 23) en el que se recopilan suficientes buzamientos creando un plano de falla (Figura 24) donde claramente se marca la inclinación de los mantos.

Se encuentra que en estos mantos los buzamientos marcan un cambio significativo en un promedio de 20 grados su inclinación, haciendo que los mantos también cambien un poco su rumbo desde donde se marca el plano de falla.

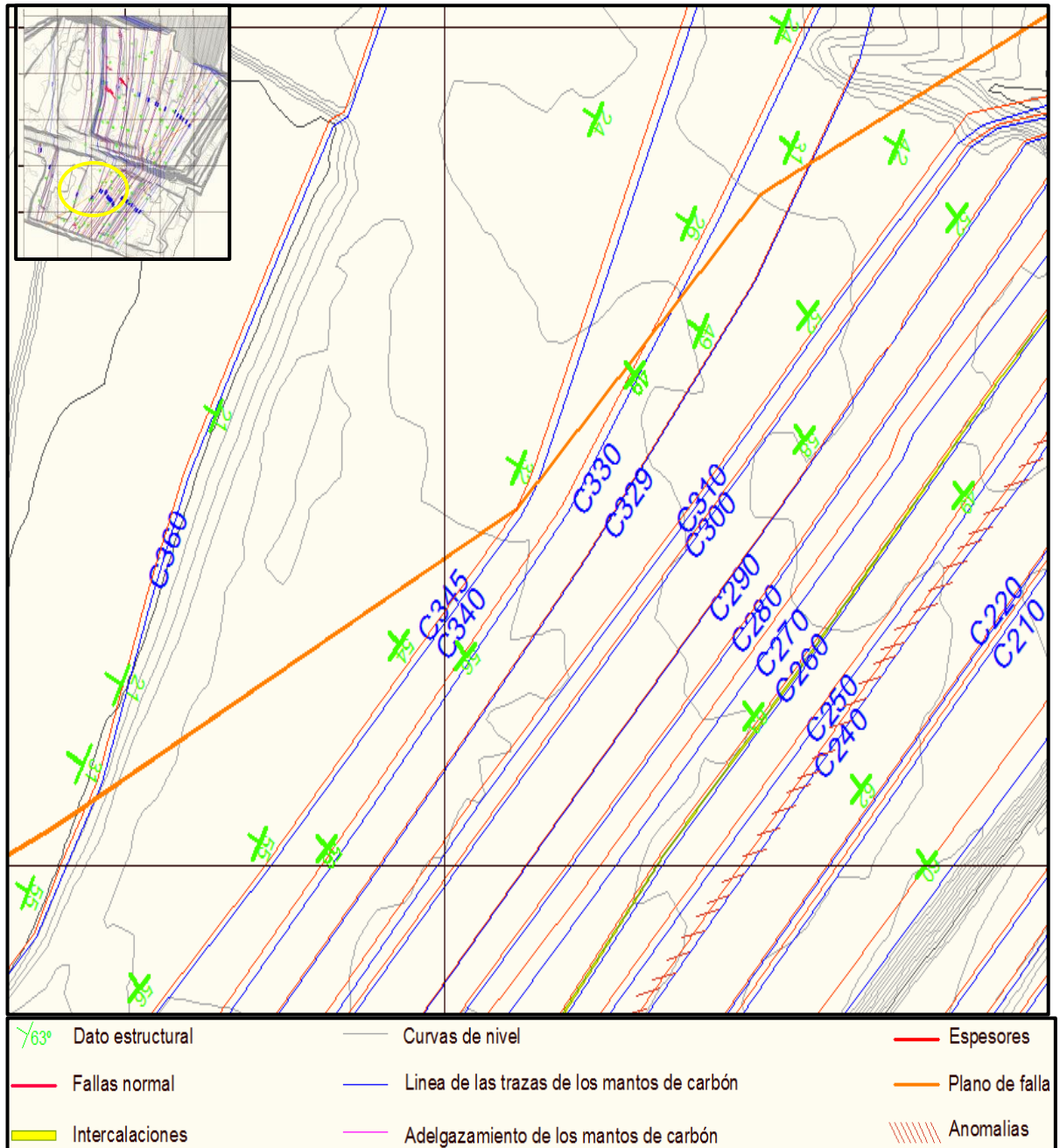
A su vez se observa hasta este momento que los mantos C370, C380, C400, C410 Y C420 no son afectados por este eje de cambio de buzamiento.

Figura 23. Modelo 2, del nivel 8 y 9 en el sector C-D.-



Fuente: Autor

**Figura 24:** Plano de falla mostrando el cambio de buzamientos en los mantos de carbón en el nivel 9.



Fuente: Autor

El plano de falla muestra hacia la parte superior inclinaciones entre  $10^{\circ}$  y  $28^{\circ}$  con orientación Norte-Oeste y hacia la parte inferior del mismo plano, muestra inclinaciones entre  $30^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  con orientación Norte-Oeste (Figura 25).

**Figura 25:** Panorámica del cambio de buzamiento en la pared alta del nivel 9 de sector C-D



Fuente: Autor

También se modela un cambio significativo en las trazas de los mantos C340 y C345, mostrando que su interburden (roca entre-mantos) se va haciendo menos distante hasta volverse uno solo en el nivel 9, (Figura 26). Para una mayor consistencia en la base de datos sobre esta anomalía y dejar un registro verídico, se hizo toma de datos con mayor precisión para tener claro el punto donde se unen los mantos.

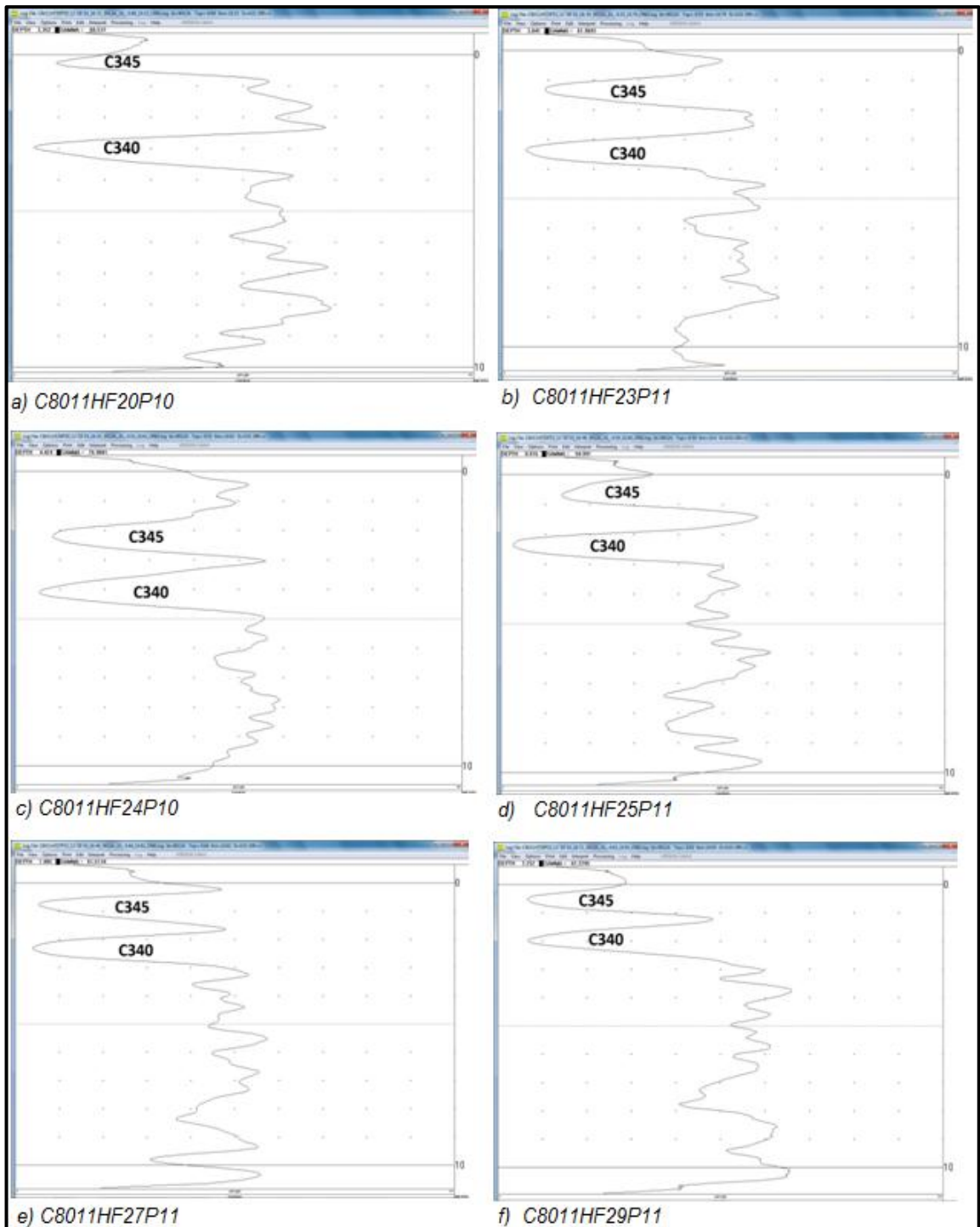
**Figura 26:** Vista panorámica de los mantos C340 (inferior) C345 (superior) en el nivel 8 mostrando la disminución del espesor en la roca entre manto.



Fuente: Autor

Hacia la pared sur del nivel 8 se hicieron pozos para voladura, y en la información que se recibió de la voladura C8011H, los mantos presentes en los registros son C340 y C345. En estos registros se puede observar cómo disminuye el interburden (espesor capa estéril) entre estos mantos hacia la parte Sur. (Figura 27) (Tabla 1)

**Figura 27:** Registro de la voladura C808H mostrando los mantos de carbón C340 y C345 con perforaciones registradas de norte a sur.



Fuente: Autor

**Tabla 1.** Pick files de los pozos que registraron los mantos C340, C345.

<b>POZO</b>	<b>MANTO</b>	<b>DESDE</b>	<b>HASTA</b>	<b>INTERBURDEN</b>
<i>C8011HF20P10</i>	C345	0,028	0,45	2.19
<i>C8011HF20P10</i>	C340	2,73	3,34	
<i>C8011HF23P11</i>	C345	1,05	1,64	1.38
<i>C8011HF23P11</i>	C340	3,03	3,78	
<i>C8011HF24P10</i>	C345	1,87	2,58	1.02
<i>C8011HF24P10</i>	C340	3,6	4,44	
<i>C8011HF25P11</i>	C345	0,27	0,95	0.95
<i>C8011HF25P11</i>	C340	1,9	2,76	
<i>C8011HF27P11</i>	C345	0,53	1,14	0.83
<i>C8011HF27P11</i>	C340	1,97	2,66	
<i>C8011HF29P11</i>	C345	0,25	0,86	0.79
<i>C8011HF29P11</i>	C340	1,65	2,23	

Fuente: Autor

Al sur en el nivel 9 ya siendo los mantos C340 y C345 uno solo, se registró un cambio bastante brusco en el buzamiento, (figura 28 y 29) lo que hace que haya un cambio en el rumbo, todo esto se observa en el segundo modelo (figura 23). Hay que recalcar que este manto es uno de los que más marca este cambio abrupto junto con el manto C360 en el nivel 9.

**Figura 28:** Cambio de buzamiento en el manto C340-C345 en el nivel 9 del sector C-D



Fuente: Autor

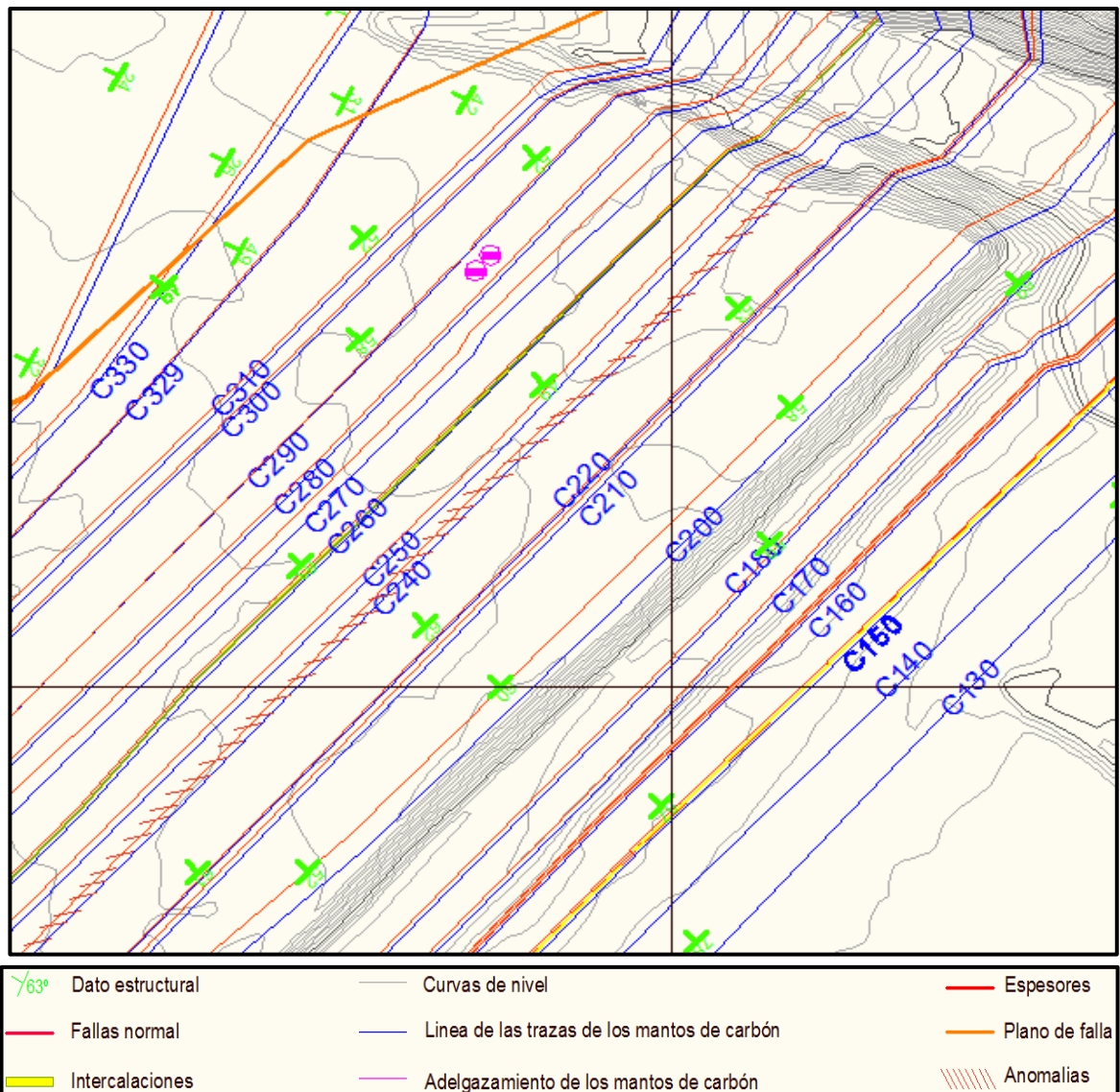
**Figura 29:** Cambio de buzamiento en el manto C340-C345 en el nivel 9 del sector C-D



Fuente: Autor

En cuanto a otro tipo de anomalía encontrada en los mantos y modelos, está el manto C240, manto C160, manto C150, manto C260 (figura 30). Presentando estructuras que afectan la producción, si no se tiene conocimiento de ellas. En este modelo los mantos C150, C260 siguen presentado la intercalación en los dos niveles al igual que en el primer modelo.

**Figura 30:** Anomalías de los mantos C150, C160, C240 y C260.



Fuente: Autor

Los mantos C150, C160, C260 y C250 presentan intercalaciones de material estéril. En el manto C150 la capa infrayacente mide 0.6 m, la intercalación mide 0.24m y la capa suprayacente mide 0.39 manteniéndose la intercalación a la largo de todo el mato en los niveles 8 y 9. En otros niveles de la mina ya explotados, esta intercalación era más fuerte, lo que llevaba a separar los mantos y registrarlos como dos, C150, y C155 (Figura 31).

.Al igual el manto C160 en el nivel 9, con una intercalación de 0.40 m, la capa suprayacente a esta intercalación tiene un espesor de 0.9 m y la capa infrayacente tiene un espesor de 0.5 m.

El manto C250 del Nivel 8 muestra la intercalación de 0.12 m hacia la parte norte, con una distancia de 11.6 m. Esta intercalación se presenta de manera lenticular en las coordenadas:

**X:** 1066018

**Y:** 1559177

**Z:** 20,1

**Figura 31:** Manto con intercalaciones de material estéril.



Fuente: Autor.

Otra anomalía registrada, se encontró en el manto C240 en el nivel 9, este es uno de los mantos afectados por el cambio brusco de buzamiento. En este nivel el manto alcanza a tener buzamientos de 60 grados y está afectado por el plano de falla que marca este cambio mostrándose frágil y escalonado (figura 32). Para los geólogos de calidad es importante saber que este manto se presentará de esta manera en el siguiente nivel de explotación, y así no tener inconvenientes con los equipos encargados de limpiar los mantos y extraerlos.

**Figura 32:** Anomalía en el manto C240, carbón frágil y escalonado.



Fuente: Autor

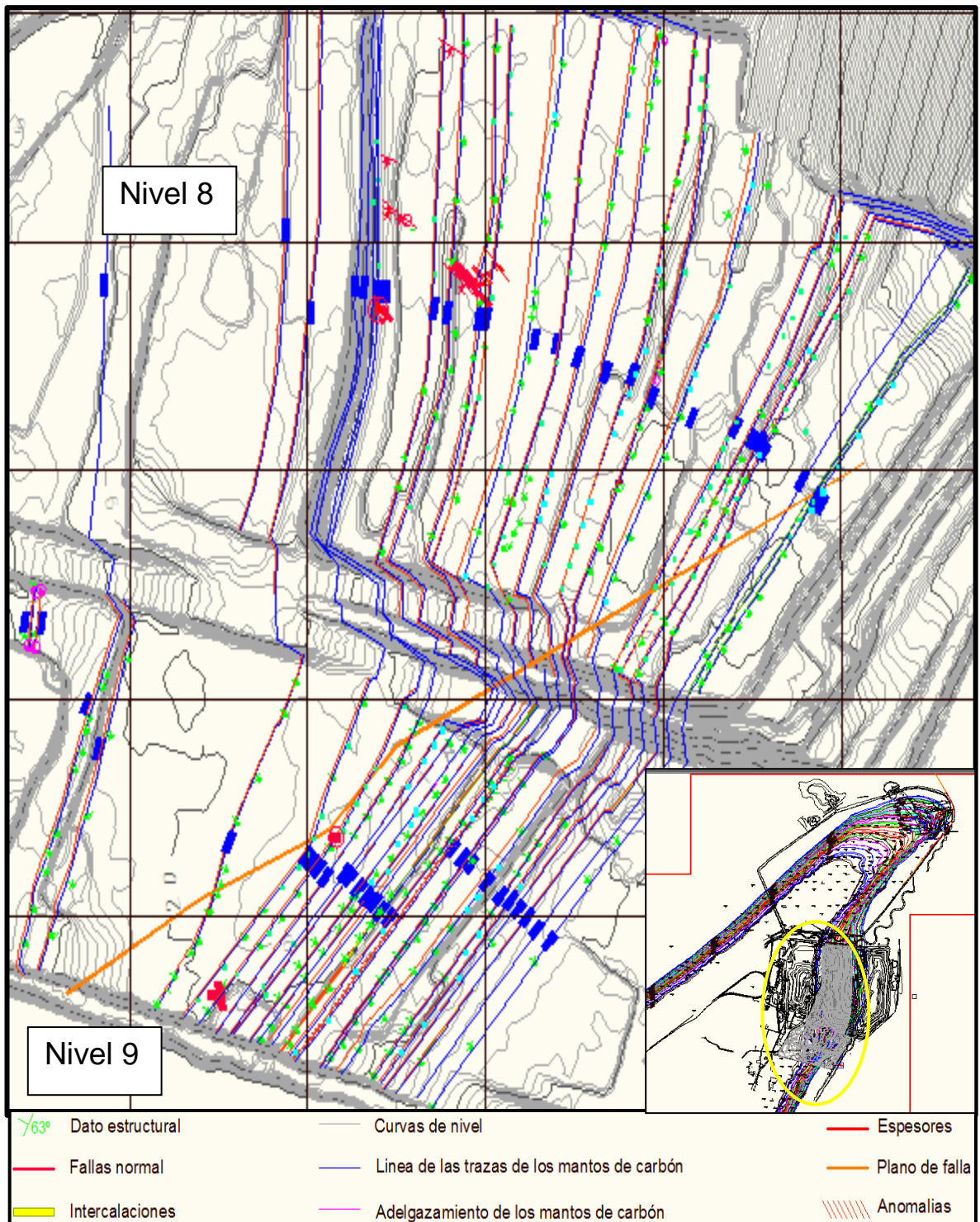
### **9.3 TERCER MODELO**

Se Cargo la información de la base de datos generada en Excel y se importado a minex, donde se crearon los puntos tomados cada 10 metros, seguido de importarlos a AutoCad. De esta manera se generó el tercer modelo estructural de los niveles 8 y 9 del sector C-D de la Mina Calenturitas (figura 33).

Para la elaboración de este micromodelo, se tuvieron en cuenta 380 trazas más, tomadas aproximadamente durante un mes, algunas de ellas actualizan datos anteriores y otras aumentas la base de datos, generando trazas nuevas y registrando anomalías estructurales que se han presentado.

Respecto a los modelos anteriores, en este modelo el plano de falla se mantiene, las intercalaciones en los mantos C 150, C155 y C260 siguen haciendo parte de estos mantos y las fallas poco prominentes y presentadas de manera irregular siguen teniendo presencia en algunos mantos, de igual manera desaparecen en estos mismos en los siguientes niveles de explotación. A continuación el Modelo 3 (figura 33) muestra estructuras que se encontraron en el nivel actual y estructuras que se mantienen respecto a modelos anteriores.

**Figura 33:** Tercer modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas.



Fuente: Autor

En este modelo el manto C150 registra el mismo espesor de 0.6 m en la capa infrayacente, la intercalación mide 0.24m, y la capa suprayacente o C155 mide 0.39 m, de igual manera como venia presentandose.

El manto C240, aun se sigue presentando muy debil y escalonado (Figura 32). Con el modelo anterior se tenia evidencia de esto, lo que ayudó en la explotacion para evitar perdidas o contaminacion en el carbón con material esteril a la hora de la extraccion.

A medida que se siguieron tomando y actualizando las trazas en los mantos, y a su vez la base de datos, el cambio de los buzamientos sigue manteniendo el plano de falla dibujado en el segundo modelo (Figura 23).

En este nivel de explotacion se registraron dos nuevos tipos de fallas en el manto C290. Se tomaron coordenadas para los dos planos de falla, siendo el primero para una falla dextral y el segundo una falla sinistral. Registrando para el primer plano de falla coordenadas:

- X: 1065803  
Y: 1559903
- X: 1065795  
Y: 1558972

Registrando un buzamiento de 48° SW.

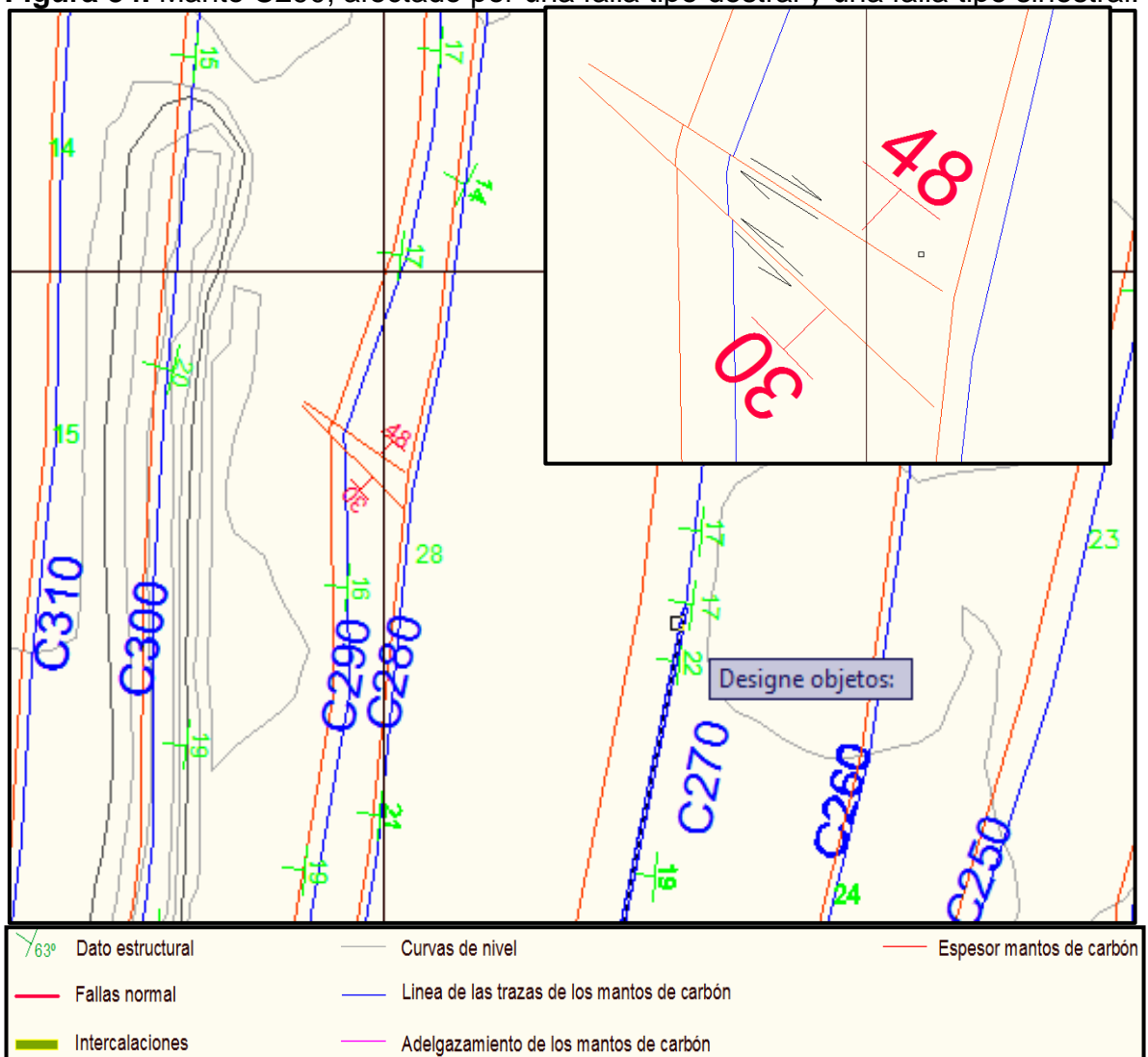
El segundo plano de falla registro coordenadas

- X:1065802,  
Y: 1558961

Registrando un buzamiento de 30° NE.

Estas coordenadas se tomaron con la ayuda de topografía, teniendo en cuenta la necesidad de obtener y registrar coordenadas exactas para dibujar los planos de falla (figura 34), se contó con lo equipos del departamento de planeación, ya que estos son más precisos.

**Figura 34.** Manto C290, afectado por una falla tipo dextral y una falla tipo sinistral.



Fuente: Autor

Los mantos C210 y C290 presentan intercalaciones de forma lenticular. El primero se registra en el nivel 8, abarcando una distancia de 9.6 m, registrando en las coordenadas:

- X: 1065992  
Y: 1559889

Hasta las coordenadas:

- X: 1065996  
Y: 1558898,

Este lente presentaba un espesor de 0.6 m. El manto C290 presenta la intercalación en el nivel 8 hacia el norte, durante una distancia 10.49 m, con un espesor de 0.6 m, registrado en las coordenadas:

- X: 1065990,  
Y: 1559168

Hasta las coordenadas:

- X: 1065993  
Y: 1559179.

#### **9.4 CUARTO MODELO**

Se Cargó la información de la base de datos generada en Excel y se importó a minex, donde se crearon los puntos tomados cada 10 metros, seguido se

importaron a AutoCad y se generó el cuarto modelo estructural de los niveles 8 y 9 del sector C:D de la Mina Calenturitas (figura 35).

Para la elaboración de este micromodelo, se levantaron 300 trazas aproximadamente durante un mes adicional, algunas de ellas actualizan datos anteriores y otras aumentan la base de datos, generando trazas nuevas y registrando nuevas anomalías estructurales que se han presentado.

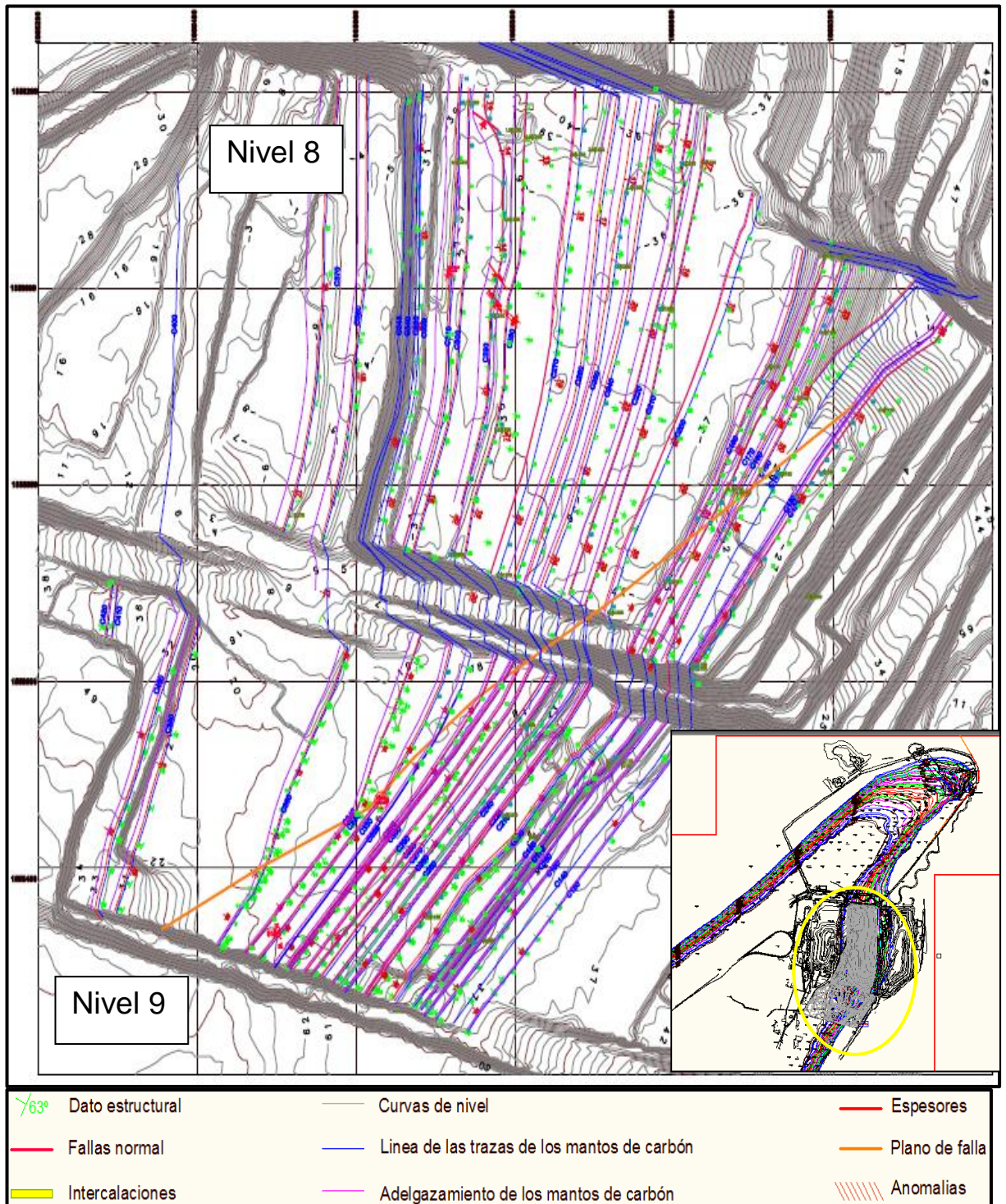
Este último, modelo no género muchos cambios comparado con los modelos anteriores. Al igual que en el tercer modelo el manto C260 presenta una intercalación lenticular de material estéril, Este cambio se registró en las coordenadas:

- **X:** 1065906,  
**Y:** 1559074

Presenta por una longitud de 0.15 m y un espesor de 0.72 m.

El manto C150 presenta la misma intercalación que se registró en el modelo anterior, con un espesor de 0.12 m, y solo se presenta en el nivel 9, en este modelo, esta intercalación desaparece en el nivel 8.

**Figura 35:** Cuarto modelo generado del sector C-D, nivel 8 y 9 en la mina Calenturitas.



Fuente: Autor

En cuanto a anomalías nuevas en este modelo, se registraron tres fallas normales, en el manto C 290 en el nivel 8 (Figura 36), registrando para la primera falla un plano en las coordenadas:

- X:1065774  
Y: 1558999

Hasta las coordenadas:

- X: 10659017  
Y: 1559011

Con buzamiento  $50^{\circ}$  SW. El plano de falla de la segunda se registra en las coordenadas:

- X: 1065770  
Y: 1558983

Hasta las coordenadas:

- X: 1065777  
Y: 1558976

Con buzamiento  $52^{\circ}$  SW. Y el tercer plano de falla registro en las coordenadas:

- X: 1065771  
Y:1558988

Hasta las coordenadas:

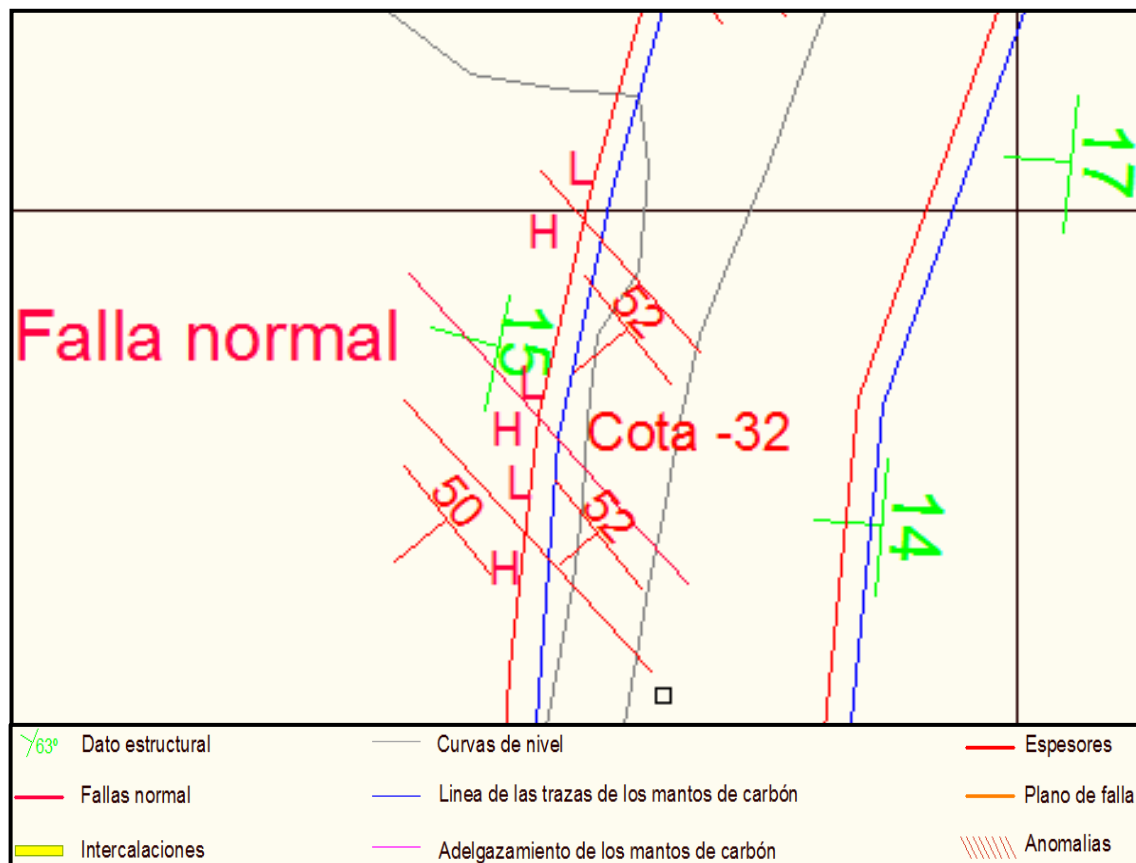
- X: 1065779  
Y: 1558985

Con un buzamiento de  $52^{\circ}$  SW.

Estos planos registrados se pueden observar en las figuras 36 y 37, viendo como las fallas están paralelas entre sí en el mismo manto, en los planos no se aprecian bien los leves movimientos que presenta los mantos, puesto que estas fallas no son prominentes.

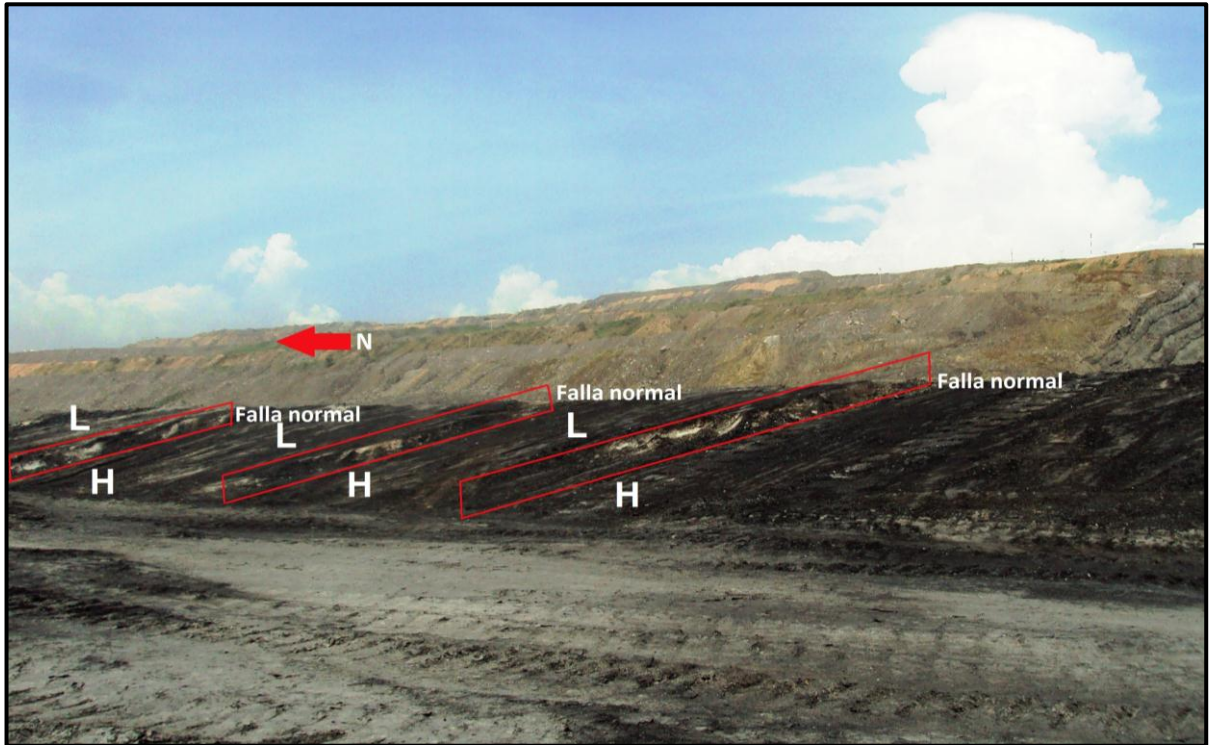
Es importante resaltar que los puntos tomados con GPS, o con ayuda de los equipos del area de topografia no mostraban este cambio a la hora de importarlos a AutoCad, por la misma razon mencionada anteriormente, son cambios muy pequeños, pero que es muy importante su reconocimiento para la extraccion del carbon.

**Figura 36:** Traza del manto C290 con tres fallas paralelas normales en el nivel 8 del sector C-D de la mina calenturitas.



Fuente Autor.

**Figura 37:** Manto C290 con tres fallas normales paralelas en el nivel 8 del sector C-D de la minas calenturitas.



Fuente: Autor

A su vez en este mismo manto se registró una nueva anomalía que se presenta al sur del Nivel 8, en este caso el manto no fue recuperable. El adelgazamiento del manto esta registrado en la coordenada

**X:** 1065698

**Y:** 1558791

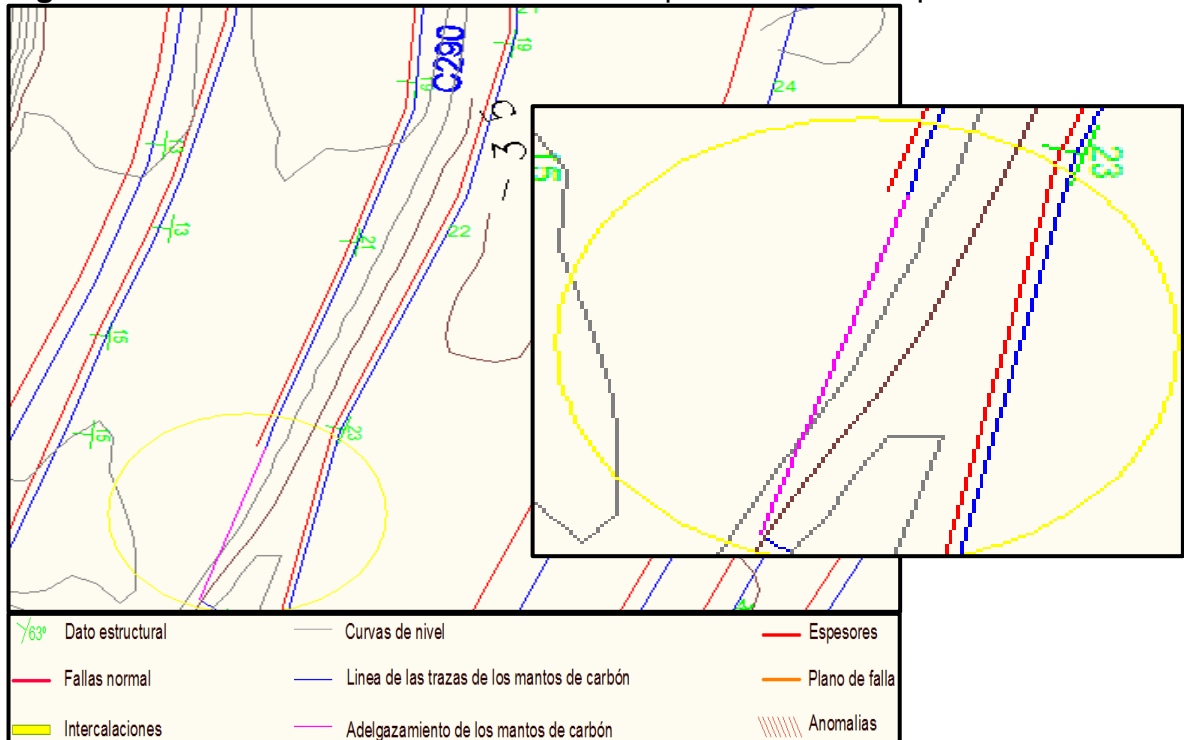
Hasta la coordenada

**X:** 1065682

**Y:** 1558731

Abarcó una trayectoria de 58 m (Figura 38) lo que es un dato importante para el departamento de producción, ya que para el próximo nivel de explotación es probable que no este, haciendo más fácil la extracción del material estéril.

**Figura 38:** Traza del manto C290 mostrando que el manto desaparece.



Fuente: Autor

De igual manera en el nivel 9 se registra otro adelgazamiento del manto de carbón de 4 m (Figura 39) en las coordenadas:

X: 1065741

Y: 1558527

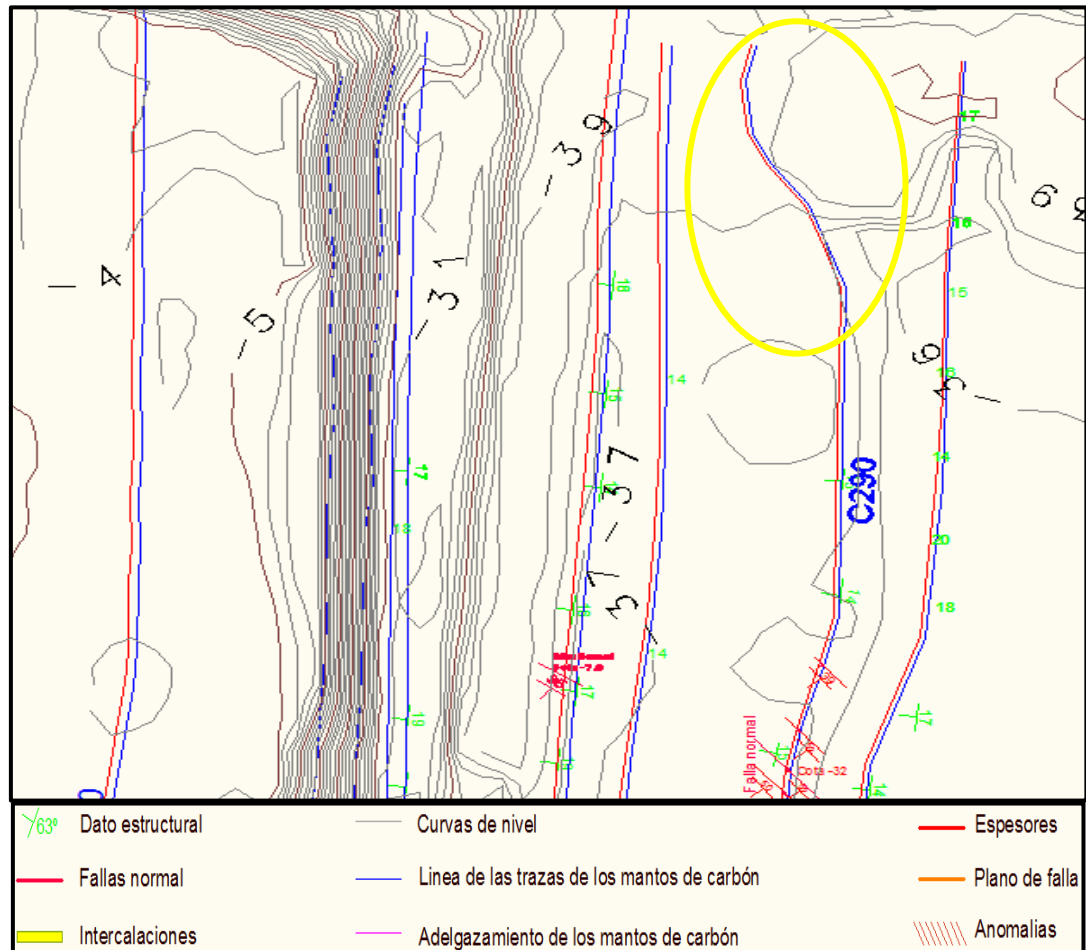
**Figura 39:** Traza del manto C290 mostrando como desaparece.



Fuente: Autor

La siguiente anomalía se sigue presentando en el manto C290, al norte del nivel 8.(Figura 40). Esta anomalía que no estaba reportada ya que en este punto existía una vía de acceso a las zonas de trabajo, Este manto tomó una trayectoria curva en dirección Nor-Oeste, lo que llevó a que en esta posición el manto no fuera recuperable por una trayectoria de 85 metros.

**Figura 40:** Trayectoria curva del manto C290 en el nivel 8 del sector C\_D mina calenturitas



Fuente: Autor

## 9.5 DISCUSIÓN

De esta manera se dejó registro de cuatro modelos en los que se reporta diferentes anomalías en los mantos de carbón de los niveles 8 y 9 del sector D-C de la mina Calenturitas. Usando las herramientas permitidas y óptimas para las condiciones de trabajo, aportando una ayuda para los diferentes departamentos que pertenezcan a esta empresa y que pueda serles de utilidad.

## 10. CONCLUSIONES

La creación de una base de datos es de vital importancia a la hora del manejo de grandes cantidades de información, ya que esta es la única manera de mantener en orden esa información y de hacer posible que muchos usuarios accedan a ella.

Existen diversas maneras de almacenamiento y de sistematización de la información almacenada en la base de datos, pero hay que tener en cuenta que cada empresa almacena su información de la forma que mejor se adapte a sus condiciones de trabajo.

Las herramientas usadas para la generación del modelo brindaron una gran ayuda. En el caso de importación de datos, *Minex* (Geology and Mine planning for Stratified Deposits), fue muy eficaz, ya que facilitaba el hecho de importar cada coordenada, con sus datos estructurales y de esta manera hace más fácil exportarlas a AutoCad.

La creación del micromodelo generó acceso sistemático a las estructuras presentes con las condiciones reales de la operación (explotación) actual, ofreciendo ayuda y facilidad para la planeación a corto

En la interpretación de las curvas gamma los mantos C340 y C345 registran su unión como un solo manto a una altura de 22.72 m.s.n.m en el nivel 9.

Para la mina C.I Prodeco S.A el mínimo espesor para que un manto de carbón sea económicamente explotables es de 40 cm en altos buzamientos y 30 cm en bajos buzamientos.

Los mantos C370, C380, C400, C410 Y C420 no están afectados por el eje que marca el cambio de buzamiento. Estando estos localizados al N-W de la estructura.

El modelo registra la localización exacta en que los mantos están afectados por el eje que marca en cambio de los buzamientos.

Los análisis de procedencia realizados permiten identificar la influencia de la tectónica local. Estando afectados directamente por el flaco N-E del sinclinal de la loma.

## 11. RECOMENDACIONES

A la hora de llevar a cabo el micromodelo, es de gran importancia seguir los pasos diseñados para la metodología en campo y en oficina. Mantener este orden hace más veraz la información y a su vez el micromodelo.

El modelo inicialmente, sin contar con datos, se puede generar con 1000 trazas, y alimentar mensualmente con 300 a 500 trazas dependiendo de la actividad que tenga la mina mes a mes.

La Voladura Bajo Manto (VBM) es un proceso aplicado en depósitos multimantos. En el caso del carbón tiene varios puntos importantes a tener en cuenta, a la hora de la perforación es importante tener claro los puntos y mantos a perforar, así como los nombres de los pozos, de esta manera se tiene fácil acceso a la información como a la interpretación. De esta manera aprovechar al máximo este recurso.

## BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, H.; PEREZ, G. 1990. Geología y Estilo Tectónico del Sur del Sinclinal de La Jagua y su Implicación en la explotación de sus recursos carboníferos. Tesis Grado., UIS. Bucaramanga.

C.I PRODECO S.A 1999; exploración geológica, proyecto calenturitas; sector D departamento del cesar, MINA CALENTURITAS.

C.I PRODECO S.A 2000. Programas de exploración proyecto calenturita (Sector A, B, C y D); CONTRATO 044-8; Departamento del Cesar, MINA CALENTURITAS.

ECOCARBON. 1995. Cesar Carbonífero. La Jagua de Ibirico.

INGEOMINAS 2002. Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico. Por: Marina Hernández y Jairo Clavijo Bogotá, DC.

INGEOMINAS 2003. Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico, MEMORIA EXPLICATIVA, Marina Hernández Bogotá, DC.

MEJIA, L.; MATEUS, L. 1978. Recursos carboníferos de La Jagua de Ibirico (Cesar).

NOTESTEIN, F. B., et al., 1944. Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. Bull. Geol. Soc. Amer., 55:1165–1215. (Boulder, Colorado) New York.

## **REFERENCIAS DE INTERNET.**

<sup>1</sup> Servicios geológicos integrados Ltda.

[http://www.minambiente.gov.co/documentos/Documento\\_modelo\\_hidrogeologico\\_calenturitas\\_v1.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/Documento_modelo_hidrogeologico_calenturitas_v1.pdf)

<sup>2</sup> Enova Resources & Energy. <http://www.enovaresources.com/projects.html>

<sup>3</sup> LIZNEG. [http://www.lizneg.net/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://www.lizneg.net/2012_01_01_archive.html)

<sup>4</sup> LIZNEG. <http://www.lizneg.net/2012/01/registro-de-gamma-ray.html>

<sup>5</sup> MINERAL CORP. Proyecto carbón la jagua de ibirico.

[http://www.mineralcorp.net/carbon\\_2.htm](http://www.mineralcorp.net/carbon_2.htm)