

**CORRELACION Y CARACTERIZACION DE LOS MANTOS DE CARBON DEL  
MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACION CUERVOS, A PARTIR DE REGISTROS  
ELECTRICOS Y AYUDA DE LINEAS SISMICAS, SECTOR LAS CUEVAS MINA  
EL HATILLO**

**DARIO RICARDO TORREGROSA CASTILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA  
2009**

**CORRELACION Y CARACTERIZACION DE LOS MANTOS DE CARBON DEL  
MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACION CUERVOS, A PARTIR DE REGISTROS  
ELECTRICOS Y AYUDA DE LINEAS SISMICAS, SECTOR LAS CUEVAS MINA  
EL HATILLO**

**DARIO RICARDO TORREGROSA CASTILLO**

**Trabajo de grado para optar por el titulo de: Geólogo**

**Director**

**Ph.D. Mario García González**

Docente UIS

**Co-Director**

**Geólogo. Luis Emilio Rojas Castañeda**

**Jefe de Geología de C.I. Carbones del Caribe**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**

**ESCUELA DE GEOLOGIA**

**BUCARAMANGA**

**2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Luis Emilio Rojas mi jefe y tutor, por todo su apoyo, por la oportunidad brindada, por la enseñanza, cordialidad y toda su colaboración

A mis profesores de la universidad, en especial los de la escuela de geología por sus enseñanzas y confianza en los momentos más adversos

A mis hermanos por imprimirme esa familiaridad y compañerismo, que siempre fue el sostén para mi constancia

A mi familia por su apoyo incondicional, afectos, esfuerzos desinteresados y confianza

A la familia Martínez de Armas por todos los favores desinteresados y consejos

A Dios gracias por darme paciencia, seguridad y tantos favores

A mis amigos por apoyarme en los momentos difíciles

## RESUMEN

**TITULO: CORRELACION Y CARACTERIZACION DE LOS MANTOS DE CARBON DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACION CUERVOS, A PARTIR DE REGISTROS ELECTRICOS Y AYUDA DE LINEAS SISMICAS, SECTOR LAS CUEVAS MINA EL HATILLO\***

**AUTORES: DARIO RICARDO TORRREGROSA CASTILLO\*\***

**DIRECTORES: MARIO GARCIA GONZALEZ\*\*\*  
LUIS EMILIO ROJAS CASTAÑEDA\*\*\*\***

**Palabras claves:** Geología del Carbón, Correlación de diagráfias, Formación Cuervos, cuenca Cesar – Ranchería, Colombia.

### **DESCRIPCION:**

La correlación y caracterización es un proceso el cual es necesario en la etapa de exploración y posterior explotación para el sector minero, en especial Las Minas de Carbón y más cuando se trata de zonas bastante complejas, replegadas y falladas, como en este caso el sector Las Cuevas del cual para comprender y llegar a entender su geología se necesita echar mano de todas las herramientas posibles. Los sondeos mecánicos o geoelectricos como los registros eléctricos y las líneas sísmicas nos proporcionan información fundamental para cumplir los objetivos requeridos en la exploración geológica.

Por medio de la descripción cualitativa de los registros eléctricos o diagráfias realizadas, de los pozos hechos en El Sector Las Cuevas, se identificaron 15 mantos explotables económicamente, ubicándose con altos buzamientos; trasladando a la parte del análisis de las líneas sísmicas, necesariamente, para determinar la estructura presente en la zona que deja ver un sistema de Fallas Normales e inversas en este sector, que gobiernan una estructura más grande que es El Sinclinal de La Loma, con un basculamiento.

Después de realizar la identificación de los Mantos de Carbón, el inventario de estos se configuro, de modo que se registraran sus características físicas más importantes, luego la correlación y realización de perfiles de correlación, con una columna general que nos sitúa en la parte inferior del miembro medio de La Formación Cuervos. Cabe destacar que la correlación y caracterización es un pilar importante para seguir la secuencia carbonífera, conocer el depósito, comprenderlo y facilitar su posterior explotación.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de geología. Director: Ph.D. Mario García Gonzales. Co-Director: Geol. Luis Emilio Rojas Castañeda.

\*\*\* Profesor; UIS

\*\*\*\* Jefe de Geología C.I. Carbones del Caribe

## ABSTRACT

**TITLE:** CORRELATION AND CHARACTERIZATION OF CARBON ROBES OF THE MEDIUM MEMBERS OF TRAINING CROWS, FROM ELECTRICAL RECORDS AND HELP OF SEISMIC LINES, FIELD OF CAVES MINE EL HATILLO \*

**AUTHORS:** DARIO RICARDO TORRREGROSA CASTILLO \*\*

**DIRECTORS:** MARIO GARCIA GONZALEZ \*\*\*  
LUIS EMILIO ROJAS CASTAÑEDA \*\*\*\*

**KEYWORDS:** KEY WORDS: Geology of coal, Correlation of Electrical Records, Cuervos Formation, Basin Cesar-Rancheria, Colombia.

### DESCRIPTION:

The correlation and characterization is a process which is necessary at the stage of exploration and exploitation for the mining sector, especially coal mines and more areas where it is quite complex, faulted and folded, as in this case Las Cuevas which to understand and come to understand its geology is necessary to draw all the possible tools. Geoelectrical as mechanical polls or electrical logs and seismic lines provide us with key information required to meet objectives in geological exploration.

Through the qualitative description of the records or electric diagrafías, of the wells made in Las Cuevas, 15 were identified robes economically exploitable, placing high dips, the moving part of the seismic lines, necessarily, to determining the structure in this area shows a system of normal faults and reverse in this area, a governing structure that is the biggest El Synclinal de La Loma, with a swing.

After making the identification of Carbon robes, the inventory of these are set, so as to register their most important physical characteristics, then the correlation profiling and performance correlation, with a column which places us at the bottom of the medium member of the crows training. Please note that the correlation and characterization is an important pillar to follow the Carboniferous sequence, known the reservoir, understand and facilitate its further exploitation.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical and Chemical Engineering. School of Geology. Director: Ph.D. Mario Garcia Gonzalez. Co-Director: Geol. Luis Emilio Rojas Castañeda.

\*\*\* Professor, UIS

\*\*\*\* Head of Geology C.I. Carbones del Caribe

## CONTENIDO

INTRODUCCION	15
1. PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. OBJETIVO GENERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
3. GEOLOGIA REGIONAL	20
3.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	21
3.2. ESTRATIGRAFIA	24
3.2.1 DEPOSITOS CUATERNARIOS ALUVIALES	25
3.2.2 FORMACIÓN CUESTAS	25
3.2.3 FORMACION CUERVOS	29
3.2.3.1 MIEMBRO INFERIOR	30
3.2.3.2 MIEMBRO MEDIO	31
3.2.3.3 MIEMBRO SUPERIOR	33
3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	35
4. METODOLOGIA	39
5. RESULTADOS	43
5.1. DESCRIPCION CUALITATIVA DE LOS REGISTROS ELECTRICOS	43
5.1.1 Pozo GAR – 1	44
5.1.2 Pozo GAR – 2	45
5.1.3 Pozo GAR – 3	46
5.1.4 Pozo GAR – 4	46
5.1.5 Pozo GAR - 5	48

5.1.6 Pozo GAR - 6	48
5.1.7 Pozo GAR - 7	50
5.1.8 Pozo GAR – 8	50
5.1.9 Pozo GAR – 9	52
5.1.10 Pozo GAR – 10	53
5.1.11 Pozo GAR – 11	54
5.1.12 Pozo GAR – 12	55
5.1.13 Pozo GAR – 13	57
5.1.14 Pozo GAR - 14	57
5.2. DESCRIPCION DE PERFILES SISMICOS	57
5.2.1 Línea sísmica LL-00-08	58
5.2.2 Línea sísmica LL-00-10	59
5.3. IDENTIFICACION DE LOS MANTOS DE CARBON	60
5.4. PERFILES DE CORRELACION	65
5.4.1 Perfil 1	66
5.4.2 Perfil 2	67
5.4.3 Perfil 3	68
5.4.4 Perfil 4	68
5.4.5 Perfil 5	69
5.4.6 Perfil 6	70
5.5. COLUMNA DE SECUENCIA PERFORADA	71
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Cuenca Cesar-ranchería y del depósito o zona carbonífera del centro del Cesar. Tomado de Morales Yépez, 2007.	22
Figura 2. Mapa del proyecto carbonífero El Hatillo; Localización del sector Las Cuevas. Tomado de bases de datos de EMCARBOM S.A.	23
Figura 3. Mapa de los principales pliegues del distrito minero en el departamento del Cesar. Tomado de INGEOMINAS, Geología del Departamento del Cesar, Arias y Morales, 1999.	36
Figura 4. Corte estratigráfico y de los principales pliegues. Tomado de INGEOMINAS, Geología del Departamento del Cesar, Arias y Morales, 1999.	37
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología.	39
Figura 6. Perforaciones en el área del Sector Las Cuevas.	42
Figura 7. Trazado sísmico en la mina El Hatillo de C.I. Carbones del Caribe, hecho por Llanos Oíl Exploration Ltda. En el programa Las Nieves 2D-2000.	58
Figura 8. Ubicación en planta de los perfiles de correlación, los pozos están con la numeración conservando el prefijo GAR.	65
Figura 9. Perfil de correlacion 1.	66
Figura 10. Perfil de correlacion 2.	67
Figura 11. Perfil de correlacion 3.	68
Figura 12. Perfil de correlacion 4.	69
Figura 13. Perfil de correlacion 5.	70
Figura 14. Perfil de correlacion 6.	71

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del sector Las Cuevas.	22
Tabla 2. Pozos con coordenadas del Sector Las Cuevas.	40
Tabla 3. Clasificación de los materiales rocosos según sondeos de densidad, resistividad y radioactividad. Tomado C.I. Carbones Del Caribe.	44
Tabla 4. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-1, GAR-2 y GAR-3.	61
Tabla 5. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-4 y GAR-5	62
Tabla 6. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-6, GAR-7, GAR-8, GAR-9 y GAR-10.	63
Tabla 7. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-11, GAR-12, GAR-13 y GAR-14.	64

## LISTA DE FOTOS

Foto 1. Principales rasgos fisiográficos del sector Las Cuevas .....	24
Foto 2. Sabanas de suelos poco fértiles y granulares, tipo estepa.....	26
Foto 3. Conglomerados de la base de la Formación Cuestas. ....	28
Foto 4. Discordancia de La Fm. Cuestas con la unidad suprayacente .....	29
Foto 5. Pared sur, mayor inclinación de los mantos de carbón, manto 160, parte intermedia a la base del miembro medio de la Fm. Cuervos. ....	32
Foto 6. Pared norte, menor inclinación de los mantos de carbón, parte hacia el tope del miembro medio de La Fm. Cuervos en dirección SE. ....	33

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO. A	77
GAR-1	77
ANEXO. B	78
GAR-2	78
ANEXO. C	79
GAR-3	79
ANEXO. D	80
GAR-4	80
ANEXO. E	81
GAR-5	81
ANEXO. F	82
GAR-6	82
ANEXO. G	83
GAR-7	83
ANEXO. H	84
GAR-8	84
ANEXO. I	85
GAR-9	85
ANEXO. J	86
GAR-10	86
ANEXO. K	87
GAR-11	87
ANEXO. L	88
GAR-12	88
ANEXO. M	89
GAR-13	89
ANEXO. N	90

GAR-14	90
ANEXO. O	91
COLUMNA ELECTROESTRATIGRAFICA	91
ANEXO P. LL-00-08	92
ANEXO. Q. LL-00-10	93

## INTRODUCCION

Este trabajo detalla estudios de correlación a base de sondeos geoeléctricos y geofísicos, que permitieron establecer una identificación y disposición de la secuencia del miembro medio de La Formación Cuervos en el Sector Las Cuevas. El objeto de la correlación y caracterización es establecer parámetros de reconocimiento de los mantos de carbón y ubicar el depósito mineral en el sector. También se resumen criterios que deben ser tenidos en cuenta a la hora de tratar registros eléctricos y líneas sísmicas con el objeto como el del presente trabajo.

La descripción de los registros eléctricos se hizo de forma cualitativa, por medio de la tabla de interpretación hecha y requerida por C.I. Carbones del Caribe, para identificar los mantos de carbón o cualquiera manifestación de ello, que pueda ser viable para la explotación; en cada pozo, luego se le dio lugar a la caracterización y comparación para entrar a la correlación. Las líneas sísmicas se interpretaron para destacar las principales Fallas, estructuras y los esfuerzos que gobiernan el nivel estratigráfico de importancia, que es el miembro medio de La Formación Cuervos en El Sector Las Cuevas.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio, estructuralmente es un sector bastante complejo este proceso es una herramienta fundamental, para la exploración, entendiendo las ventajas que brinda este proceso, puede brindar muchas ideas e información, evitando más trabajo y errores que pueden ser nefastos en la etapa de exploración. Los resultados de este estudio fueron la identificación de un número importante de mantos que siguen a través de todo el

depósito, dominados por un esfuerzo compresivo y en consecuencia plegamiento y fallamiento.

La correlación de los Mantos de Carbón y análisis de líneas sísmicas brindará información bastante importante en el conocimiento de la ubicación y magnitud del depósito carbonífero, que brindará un juicio, hablando de reservas y calidad, para tomar la decisión de enfrentar y de qué manera la etapa de explotación.

## 1. PROBLEMA

Las prioridades del departamento de geología de C.I. Carbones del Caribe en el Sector Las Cuevas Mina El Hatillo, son las de identificar, localizar y caracterizar el depósito de carbón mineral en este sector, realizando el estudio a través de sondeos geoelectricos y geofísicos, herramientas que son fundamentales en la etapa de exploración.

Dentro de este estudio se utilizarán métodos para identificar rocas sedimentarias, en los rangos destacables en las curvas de registros Gamma Ray, Resistividad y Densidad, marcando este método como herramienta importante en la caracterización de mantos significativos de carbón y que facilita los procedimientos de la extracción del material estéril, ordenamiento y cuantificación de reservas. La metodología se basará en correlación litológica por interpretación cualitativa de registros eléctricos, entrelazada con datos sustraídos del análisis de líneas sísmicas.

El sector Las Cuevas, es una zona que carece de exploración geológica a profundidad y menos de esta calidad, hablando específicamente sondeos mecánicos, sondeos geoelectricos y líneas sísmicas que brindarán, información valiosa y muy importante, la cual se estudiará y analizará para estructurar el asentamiento del depósito carbonífero en el sector Las Cuevas y mejorará el conocimiento de la geología de la zona, destacando posibles reservas importantes económicamente explotables con mantos de carbón con espesores y calidades esenciales.

La correlación que se aplicará será la de tipo litológica, ya que los datos obtenidos en los registros eléctricos reflejan esencialmente la litología de los materiales atravesados en los sondeos y pretende demostrar la correspondencia en cuanto a carácter litológico y posición litoestratigráfica, comparando niveles y mantos de carbón presentes en cada registro realizado y analizado, utilizando líneas de correlación litológicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la correlación del depósito carbonífero en el Sector Las Cuevas, estudio que permita la identificación de posibles reservas, caracterizando los mantos de carbón localizados; en el Miembro medio de La Formación Cuervos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Efectuar perfiles a través de las mallas de correlación de los diferentes pozos
- Hacer un inventario del total de Los Mantos de Carbón hallados en el sector Las Cuevas por cada pozo
- Analizar las líneas sísmicas y destacar fallamientos y estructuras
- Crear una columna general de forma electroestratigráfica
- Describir cualitativamente los registros eléctricos para cada pozo seleccionado

### **3. GEOLOGIA REGIONAL**

El depósito carbonífero del sector Las Cuevas en La Loma de Calenturas, corresponde a un segmento del gran depósito del distrito minero del centro del Departamento del Cesar, situado en la parte Oeste de La Serranía del Perija en la cuenca del valle del Río Cesar. La evolución tectónica y sedimentaria de la cuenca en el Cenozoico, en la que se ubica este depósito, fue sometida relativamente a suaves perturbaciones tectónicas aproximadamente a finales del Paleoceno y a finales del Oligoceno pero el evento principal de tectogénesis se desarrolló durante el Mioceno (Toussaint, 1993).

En el valle del río Cesar la sedimentación del depósito se caracteriza por que marcan la transición entre las condiciones marinas y las continentales (Toussaint, 1993), muestra alternancia de periodos de subsidencia rápida que permite la depositación de areniscas y de periodos de subsidencia lenta que favorecieron la génesis de turbas las cuales se convertirán luego en carbón.

Esta cuenca sedimentaria del distrito minero del centro del Cesar que comprende los Municipios de El Paso, Chiriguana, Becerril y La Jagua de Ibirico estuvo sometida a los últimos procesos tectónicos durante el Cenozoico, fenómenos que desarrollaron a manera de sinclinatorios, pliegues regionales como El Sinclinal de La Loma y el Sinclinal de La Jagua, causando también un gran fallamiento presentando fallas normales y sistemas de fallas inversas que delimitan sinclinales

de anticlinales como es el caso de La Falla normal El Tigre que divide en su parte Este al Sinclinal de La Loma, de la parte Oeste del Anticlinal del Tucuy.

Estos procesos compresivos favorecieron la génesis del carbón mineral y el desarrollo de características fisicoquímicas importantes, como la buena calidad térmica del carbón reflejado en el buen poder calorífico, según análisis químicos no referenciados en este trabajo, los carbones del área de La Loma son bituminosos altos en volátiles; la minería en esta zona se efectúa a cielo abierto en los mantos de carbón del miembro medio de La Formación Cuervos en los bordes de los sinclinales.

### **3.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO**

El sector Las Cuevas ubicado en la parte Este del proyecto carbonífero El Hatillo que preside la empresa C.I. Carbones del Caribe en el corregimiento de La Loma de Calenturas, en el Departamento del Cesar en la Cuenca Cesar-Ranchería (Ver Figura 1), al lado Oeste de La Serranía del Perijá y Sur de La Sierra Nevada de Santa Marta.

El área del sector de Las Cuevas está comprendida entre las coordenadas mostradas en la Tabla 1.

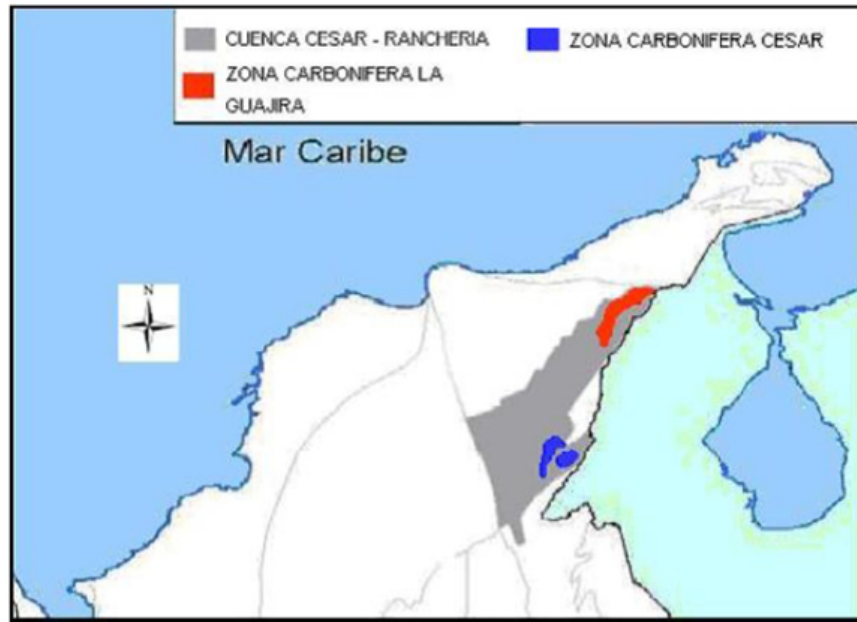


Figura 1. Localización de la Cuenca Cesar-ranchería y del depósito o zona carbonífera del centro del Cesar. Tomado de Morales Yépez, 2007.

COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
<b>1 556 995.000</b>	<b>1 061 350.000</b>
<b>1 553 505.000</b>	<b>1 061 195.000</b>
<b>1 556 995.000</b>	<b>1 068 000.000</b>
<b>1 553 505.000</b>	<b>1 068 000.000</b>

Tabla 1. Coordenadas del sector Las Cuevas.

Las límites prediales por el sur son con el proyecto minero de la empresa PRODECO S.A. y en el norte con DRUMMOND LTDA.

Las vías de acceso para la zona del Sector Las Cuevas son; la entrada principal es la carretera destapada que lleva desde La Loma de Calenturas a el municipio de La Jagua de Ibirico (vía por La Vereda de Boquerón) y después entrando por

carreteables adyacentes a mano derecha de esta carretera destapada, carreteables como el entrante por la finca El Portón Rojo, La Vereda Plan Bonito y frente a la finca El Delirio, esta descripción puede verse gráficamente en la Figura 1.

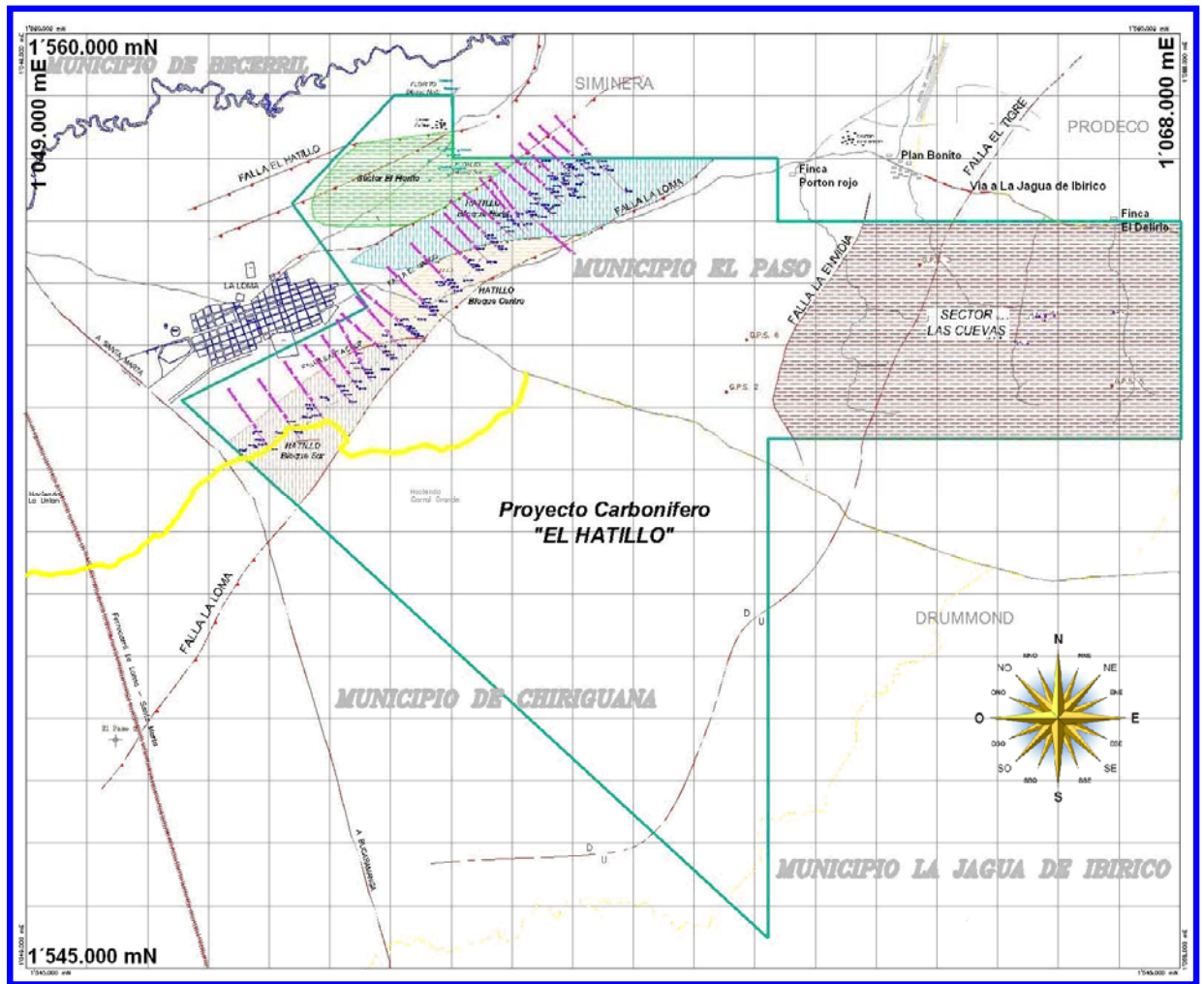


Figura 2. Mapa del proyecto carbonífero El Hatillo; Localización del sector Las Cuevas. Tomado de bases de datos de EMCARBOM S.A.

### 3.2. ESTRATIGRAFIA

El sector Las Cuevas se caracteriza regionalmente por ser una zona bastante plana y pantanosa, con selva espesa en su parte más central y extensas sabanas en sus lados más extremos del Este y Oeste; con dos cerros, uno en su parte más Oeste y el otro casi central, cerros que son paralelos y siguen una orientación de Suroeste a Noreste. Estos cerros o cuesta son el reflejo de la evolución geotectónica en esta zona (Ver foto 1.)

Las formaciones aflorantes y que cubren en orden desde la más joven a la más antigua, en el terreno del Sector Las Cuevas son; en primer lugar los depósitos cuaternarios aluviales, la Formación Cuestas y la Formación Cuervos, la cual es objetivo de esta investigación en su miembro medio. Se hará una breve descripción de las principales características de las Formaciones que afloran en este sector y se hará en el orden anteriormente mencionado para orientar al lector.

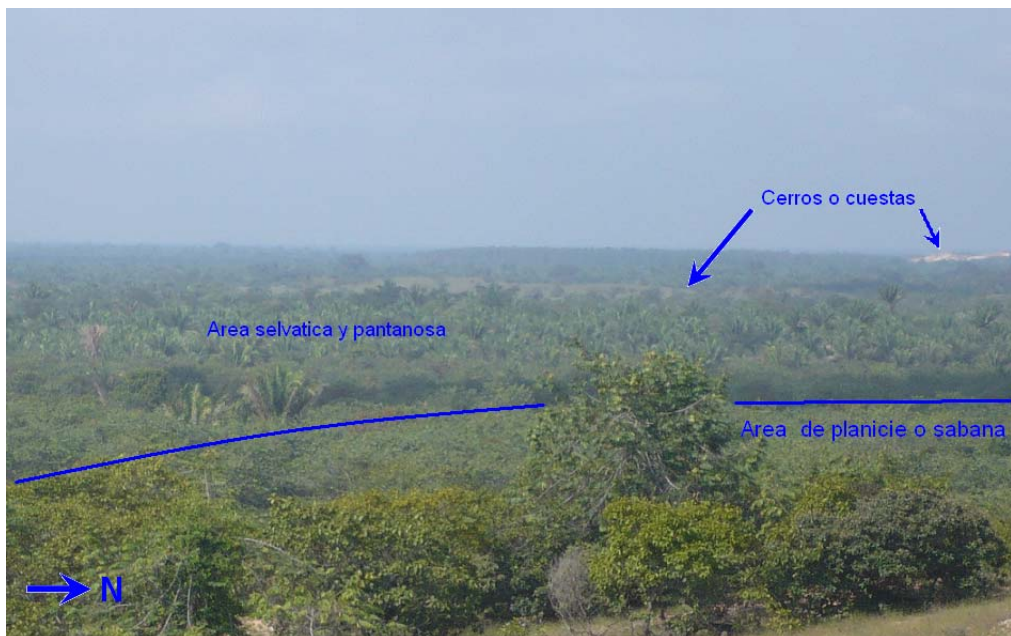


Foto 1. Principales rasgos fisiográficos del sector Las Cuevas en inmediaciones del lado SE de la finca Portón rojo.

### **3.2.1 DEPOSITOS CUATERNARIOS ALUVIALES**

En su mayor parte corresponden a acumulaciones en áreas pequeñas y delgados espesores, que se han depositado en el fondo de valles profundos de algunos ríos y quebradas, o en las mesetas y sabanas donde de manera transitoria divagan y pierden energía las corrientes de las aguas. Los constituyentes provienen de rocas sedimentarias conglomerados, areniscas, limolitas, arcillolitas, calizas y de rocas con muy bajo grado de metamorfismo.

### **3.2.2 FORMACIÓN CUESTAS**

*La Formación Cuestas fue definida por Notestein et al., (1944) (Tomado de TSCHANZ, CH., JIMENTO, A, CRUZ, J., y OTROS., 1969)*

#### **Descripción**

Consiste en intercalaciones de conglomerados, areniscas conglomeraticas y areniscas de grano grueso con arcillas altamente arenosas en la parte intermedia de esta Formación.

Lo característico de Cuestas es su coloración parda a rojiza debido a su contenido ferruginoso en el material que forma la matriz y en ciertos niveles el cemento, dando como resultado suelos típicos estériles y duros de óxido de hierro que a veces son de hábito granular como lo muestra en la Foto 2.

La Formación Cuestas está constituida por sedimentos semiconsolidados, mal calibrados y ocasionalmente presentan costras de óxido de hierro emparentadas con areniscas arcillosas. Los sedimentos están dispuestos en capas horizontales con inclinaciones suaves, esto y su carácter de semicompactación lleva a que la topografía que causa sea ondulada.

La litología de La Formación Cuestas esta organizada de base a techo, por conglomerados areno soportados, compactos con cantos redondeados, mal calibrados de tamaños hasta de 3.5 cm. Compuestos por cuarzo y en menor proporción de rocas igneas, cementado por material autigenico ferruginoso de coloracion violacea a parda (Ver Foto 3.). en la parte intermedia de esta Formación se dan lugar arcillolitas masivas altamente arenosas blancas con manchas violaceas a pardas a maneras de paleosuelos intercaladas con conglomerados granosoportados de composición casi netamente cuarzosa.



Foto 2. Sabanas de suelos poco fértiles y granulares, ubicadas en frente de la casa de la finca El Delirio.

Asendiendo estratigráficamente encontramos una interdigitación de areniscas conglomeráticas, areniscas muy gruesas y areniscas gruesas arcillosas, mal calibradas, subredondeadas de coloración violácea, semiconsolidadas con estratificación ondulosa difusa.

### **Ambiente**

El ambiente de la Fm. Cuestas es netamente continental; por su textura gruesa y la forma de sus partículas en especial los que se dan a manera de los denominados, huevos de paloma, compuestos de cuarzo y fragmentos de rocas ígneas. Característicos en la parte intermedia a la base de esta Formación, dejan ver localmente un ambiente de canales aluviales.

### **Espesor**

García (1990) considera que su espesor puede ser de 800 m aproximadamente, pero variable (Hernández., M. 2003). En esta parte de La Loma de Calenturas tiene un espesor variable de 100m a 150m registrado en las perforaciones hechas en la región, en superficie se midieron aproximadamente 30m de espesor.

### **Límite y Edad**

La Formación Cuestas descansa discordante sobre La Formación Cuervos, una discordancia más temporal que angular por esto se piensa en una pseudo conformidad, que pudo ser causada por un evento tectónico de regular magnitud a finales del Paleoceno y principios del Eoceno, (Toussaint 1993), aclarando que en campo, en el Sector Las Cuevas no hay evidencia alguna de lo citado por Toussaint y si se evidencia una discordancia angular.

Suprayacida discordantemente por sedimentos aluviales tipo conglomerados y arenas conglomeraticas, no consolidados del Cuaternario (Foto 4). Esto lleva a considerar que la edad de La Formación Cuesta es neogeno , posiblemente Plioceno; esta unidad se podría correlacionar con la Formación Necesidad de la Cuenca Catatumbo (Royero et al., 1999), aunque Hubach (1957, en De Porta et al., 1974) y Van der Hammen le asignan edad correspondiente a eoceno temprano a medio, según analisis palinologicos.

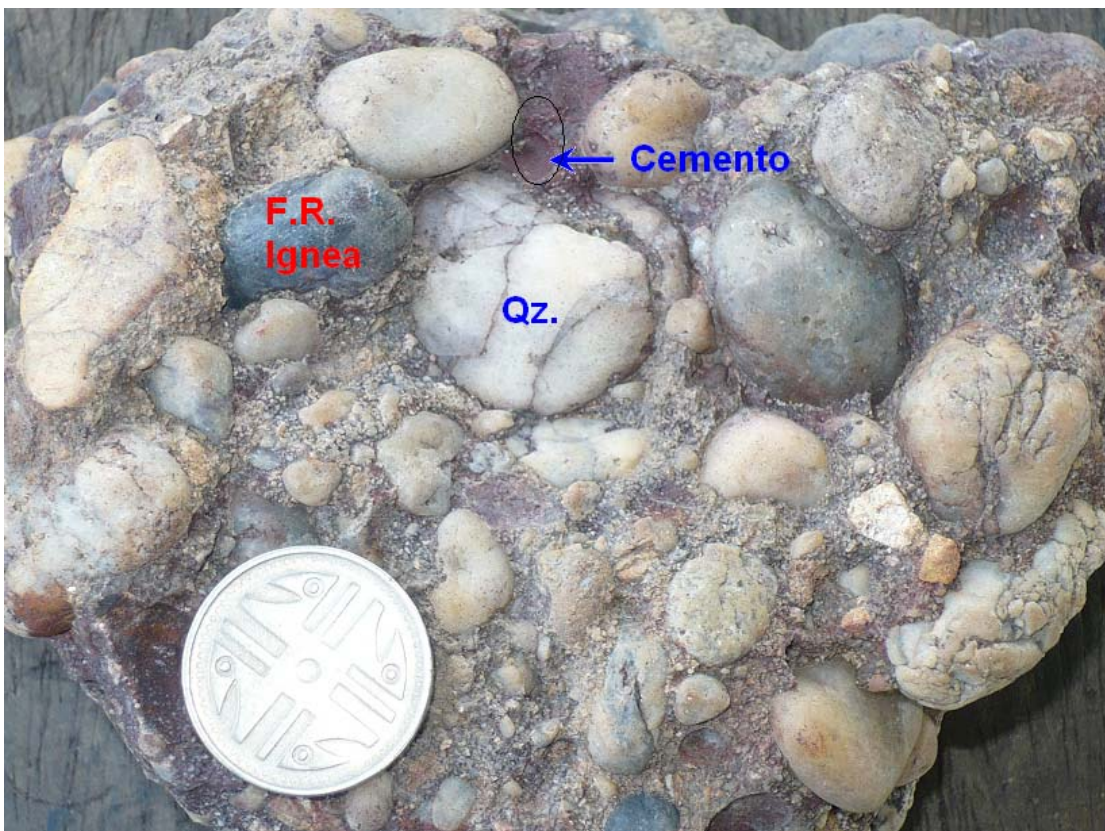


Foto 3. Conglomerados de la base de la Formacion Cuestas, muestra tomada del afloramiento ubicado al Este de la poblacion Plan Bonito.

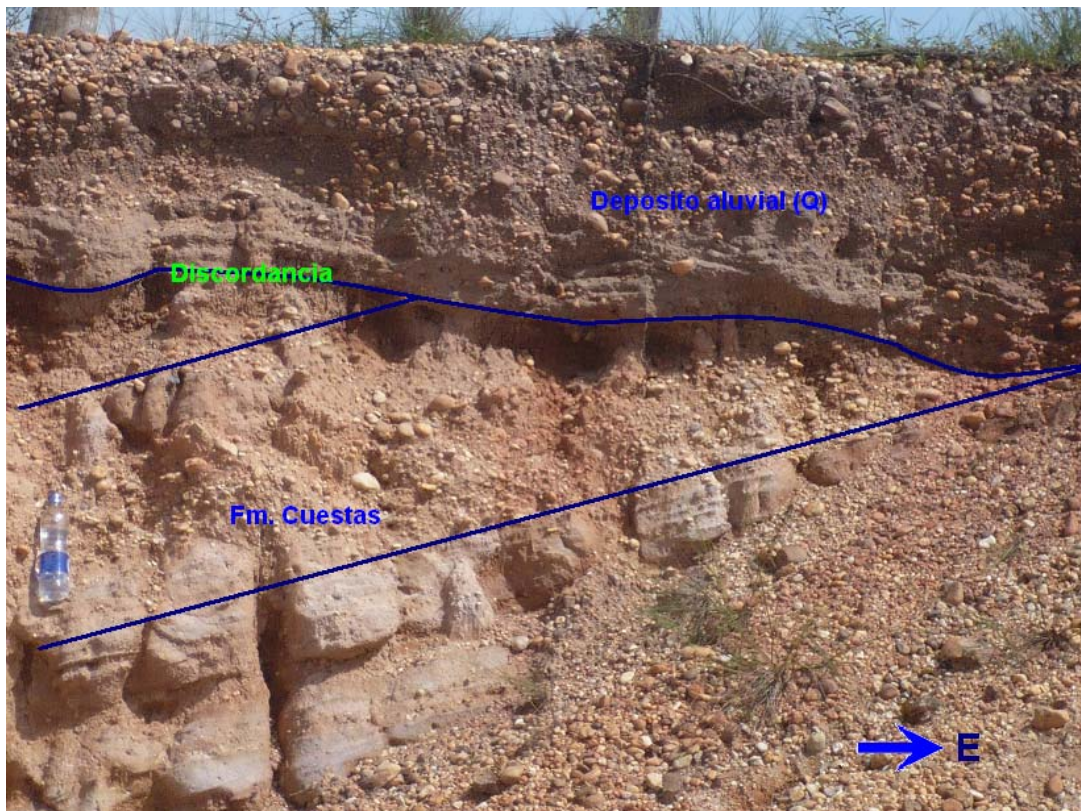


Foto 4. Discordancia de La Fm. Cuestas con la unidad suprayacente de depósitos recientes, afloramiento ubicado en inmediaciones de la población Plan Bonito.

### 3.2.3 FORMACION CUERVOS

*La Formación Cuestas fue definida por Notestein et al., (1944) (Tomado de TSCHANZ, CH., JIMENTO, A, CRUZ, J., y OTROS., 1969)*

La Formación Cuervos presenta en todo su espesor diferencia en su morfología y composición, por esta razón se hace necesario dividirla en tres partes o miembros. Partiendo de base a techo, miembro inferior, miembro medio y miembro superior; donde el miembro inferior es de carácter lodoarcilloso, el miembro medio que es de carácter arcillolodocarbonoso con esporádicas capas pequeñas de areniscas y por último el miembro superior tipo arenolodoso.

### **3.2.3.1 MIEMBRO INFERIOR**

Este miembro se caracteriza por presentar intercalaciones de pequeñas capas de lodolitas arenosas de aproximadamente 10cm a 15cm de espesor, con paquetes de interdigitaciones de arcillolitas, lodolitas y capas de lodolitas.

Concierno a la parte más Este del sector Las cuevas, ocupando aproximadamente el 30% del area de estudio, con afloramientos pequeños al SE de la Vereda Plan Bonito, su material parental en temporada de lluvias funciona como una esponja que por su particularidad absorbe altas cantidades de aguas, formando pantanos lodoarenosos y en epocas soleadas, expulsa el agua creando sabanas residuales no aridas reseca, con vegetacion tipo arbusto y esporadica arbolización.

#### **Descripción**

Litologicamente esta constituida de subarcosas de grano muy fino de coloración gris, con materia organica y oxido de hierro producto de la meteorización. Estratigraficamente la base se caracteriza por ser lodolitas arenosas, lodosoportadas, con laminación plana, conformadas por arenas muy finas, compuesta de feldespato y cuarzo, que a asendiendo estratigraficamente se tornan los niveles de intercalaciones de lodo con laminación plana continua a discontinua, con coloración gris y gris oscura los de carácter carbonosos con restos de materia organica, e interdigitaciones de lodolitas y arcillolitas gris verdosas medianamente expansivas. El espesor maximo del miembro es de 200 m, su contacto con el miembro medio es transicional que se diferencia a la altura de un nivel lodoso con pequeñas citas de carbon.(Hernandez., 2003).

### **3.2.3.2 MIEMBRO MEDIO**

Es el miembro productor de carbon térmico que es objeto de la alta actividad minera de la region del centro en El Departamento del Cesar (Colombia), carece de afloramientos en el Sector Las Cuevas y en la zona en general por sus características texturales y compocisionale, por esto hay que recurrir a las perforaciones, tiene una alta tasa de erosion y de cubrimiento vegetal pues su material parental posee altos componentes aptos para el crecimiento vegetal de manera espesa, registra los bajos topograficos y corredores de desagues del area. Ocupa la parte central del Sector Las Cuevas y dominando el 15% de la superficie en el área de estudio.

#### **Descripción**

Consta de arcillolitas masivas altamente expansivas de coloración gris verdosa que comunmente son la base y otra veces el tope de mantos de carbón de espesores de 0.2m hasta 6m pues ocasionalmente el tope de estos mantos de carbon son unas lutitas negras carbonosas, que en la parte inferior de este miembro, van suprayacidas de lolitas de coloracion verdosa, con laminación ondulosa a plana difusa, limpias que se tornan un poco arenosas hacia su techo, con nodolos calcareos y sericiticos. En la parte intermedia a superior presenta alternancia de periodos de subsidencia rápida que permite la depositación de areniscas de grano fino a muy fino de composición cuarzo moscovítica, algunas veces altamente moscovíticas, con laminación plana neta a difusa de resto de materia orgánica lodosa y de periodos de subsidencia lenta que favorecieron la génesis de turbas las cuales se convertirán luego en mantos de carbón, también algunas de estas areniscas más en la parte intermedia son sementadas con material carbonatico que le da una coloración verdosa a la roca. Esta secuencia pudo ser estudiada mejor en el Pit de La Mina El Hatillo propiedad de C.I.

Carbones del Caribe, actualmente en explotación en la parte Oeste del sinclinal de La Loma, con un número de 18 mantos explotables aflorando otras cintas más, fuera de interés económico, con buzamientos de 65° en dirección NW, siendo el manto 160 el de mayor espesor. (Ver Foto 5 & Foto 6).



Foto 5. Pared sur del Pit El Hatillo, mayor inclinación de los mantos de carbon, manto 160, parte intermedia a la base del miembro medio de la Fm. Cuervos, en dirección NW.



Foto 6. Pared norte del Pit El Hatillo, menor inclinacion de los mantos de carbon, perte hacia el tope del miembro medio de La Fm. Cuervos en direccion SE.

### **3.2.3.3 MIEMBRO SUPERIOR**

Corresponde a rocas de carácter arenoso, son escasos los afloramientos, este cubre una delgada linea rectangular orientada de SW a NE que corresponde al 5% del área de estudio y hace parte de la base del cerro central que esta en el sector Las Cuevas.

#### **Descripción**

Consta de paquetes arenosos, de areniscas medias a finas, en la parte del tope comunmente tienden a ser masivas compuestas de cuarzo , forma de particulas subredondeadas y matriz lodosa, en la base de este miembro se da una

intercalación de areniscas lodosas de coloración gris con unas areniscas de grano fino usualmente más moscovíticas que cuarzosas con laminas de restos de materia orgánica lodosa; la matriz de estas areniscas es lodosa.

### **Ambiente**

El ambiente de deposición de los sedimentos de la Formación Cuervos es netamente continental (Gómez ., octubre 1982), aunque las formaciones de épocas similares a Cuervos generalmente caracterizadas por arcillolitas, limolitas, lutitas y areniscas de grano fino, son depositadas en un ambiente predominantemente somero a continental (Toussaint., 1993). El ambiente de depósito de la Formación Cuervos está regido por varias por su configuración a fases de medio deltaico y periodos de influencia marina (Hernández., 2003).

El ordenamiento estratigráfico a nivel de estructuras en la Formación Cuervos nos deja ver que el ambiente podría ser transicional con pequeñas transgresiones y regresiones locales.

### **Espesor**

En este sector de La Loma de Calenturas calcula un espesor que oscila entre 1600 y 1950 m (Hernández., 2003) aunque Loboguerrero en TSCHANZ, CH., JIMENTO, A, CRUZ, J., y OTROS (op. Cit), en el sector de La Jagua de Ibirico, estima 800 a 900m de espesor.

### **Límites y Edad**

De acuerdo con datos palinológicos de 8 muestra realizadas por el INGEOMINAS (1974) la edad es paleoceno superior, aunque Van der Hammen (1958) dice que es Paleoceno medio a Eoceno inferior. Por su posición estratigráfica en tiempo y la discordancia con la Formación Cuestas, creada posiblemente por el evento

tectónico a finales del eoceno en el oriente colombiano (Toussaint., 1993) que es marcada por apariciones de areniscas conglomeraticas similares a las de La Formación Cuestas, la edad de la Formación Cuervos corresponde al Paleoceno adentrándose a principios del Eoceno.

Suprayacida discordantemente por la Formación Cuestas e infrayacida en un contacto transicional por las areniscas de la Formación Barco que no aflora en la zona.

### **3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

El sector Las Cuevas abarca una porción de la parte Este del sinclinal de La Loma con inclinaciones suaves de 35° a 40° de buzamiento en dirección NW y aumentando en aproximación a la parte Este. Siendo este un pliegue regional limitado por fallas normales e inversas (Gomez ., octubre 1982) al oeste la inversa llamada Falla La Loma y al Este la normal Falla el Tigre que es lo que se presenta en esta zona. El sinclinal de La Loma es el resultado de eventos compresivos que tuvieron lugar a finales del eoceno, Es la llamada fase preandina II que se reconoce principalmente con una leve discordancia (Toussaint., 1993) y en general en el cenozoico.

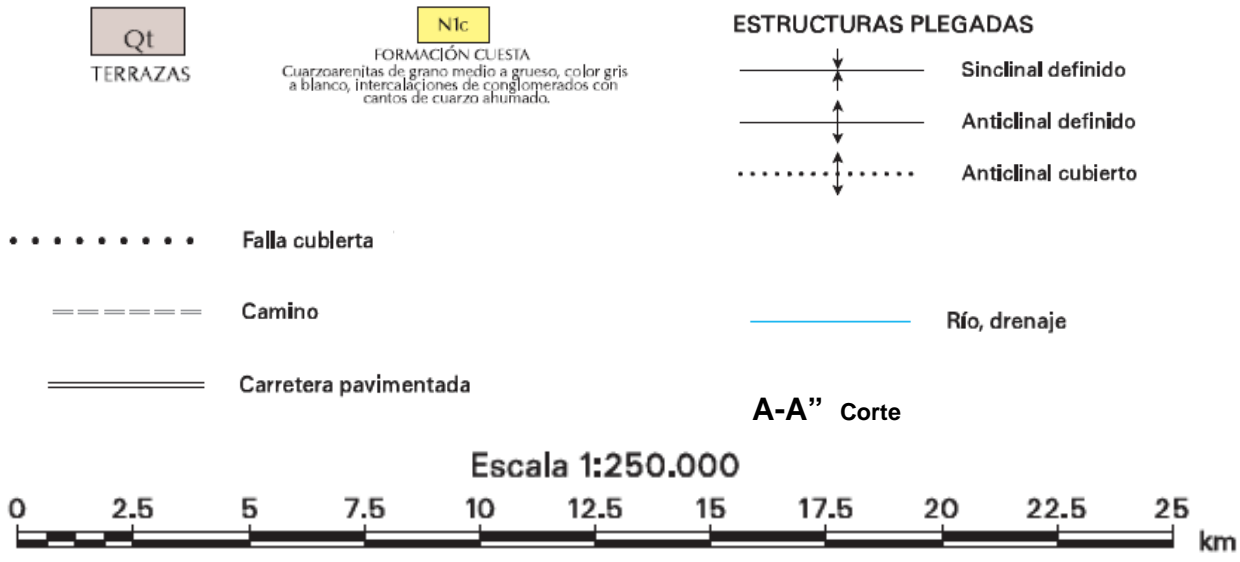
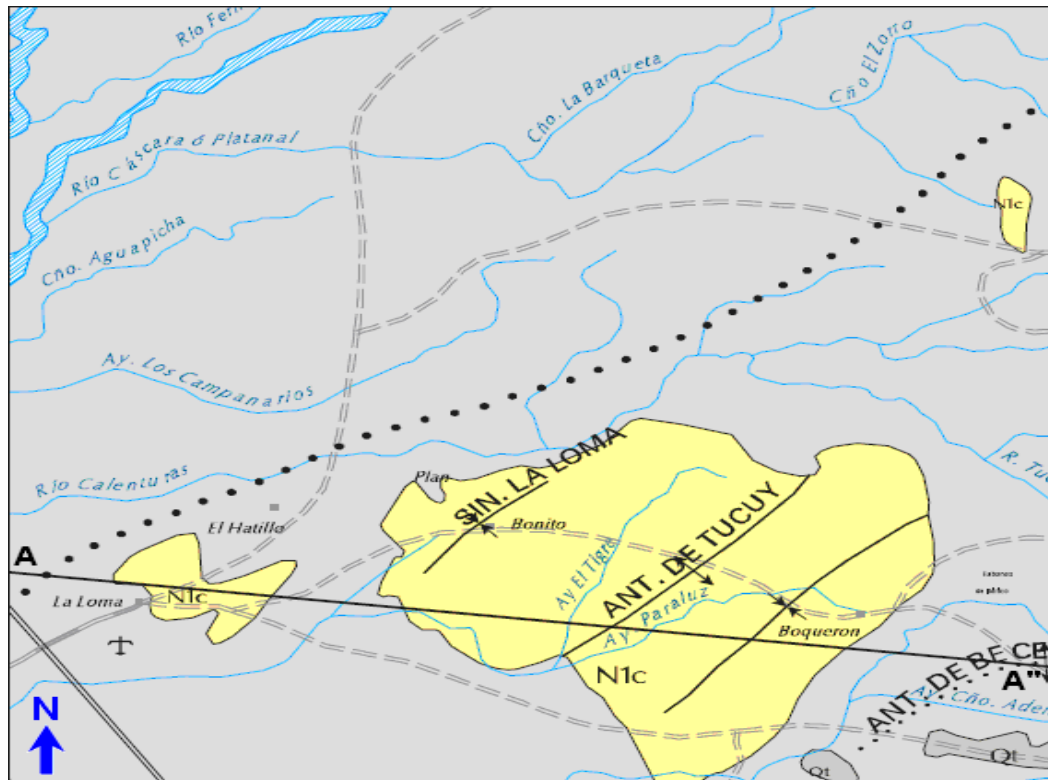


Figura 3. Mapa de los principales pliegues del distrito minero en el departamento del Cesar. Tomado de INGEOMINAS, Geología del Departamento del Cesar, Arias y Morales, 1999.

## Sinclinal de La Loma

La estructura se ubica al NE del corregimiento de La Loma de Calenturas; con una dirección de su eje  $N 41^\circ E$  que está ocupado por la Formación Cuestas, lo ilustra la Figura 3 y 4. Este sinclinal es asimétrico inclinado o cabeceante hacia el SW (Gomez ., octubre 1982). El flanco W del Sinclinal se acerca a La Falla La Loma y las inclinaciones de las litologías son de  $35^\circ$  a  $60^\circ$  SE; mientras que el costado E, muestra inclinaciones más elevadas entre  $30^\circ$  y  $75^\circ$  NW. Esta estructura en su parte Sur se amplía y se profundiza con algo de simetría, lo contrario sucede en el lado norte donde se angosta y se expone.

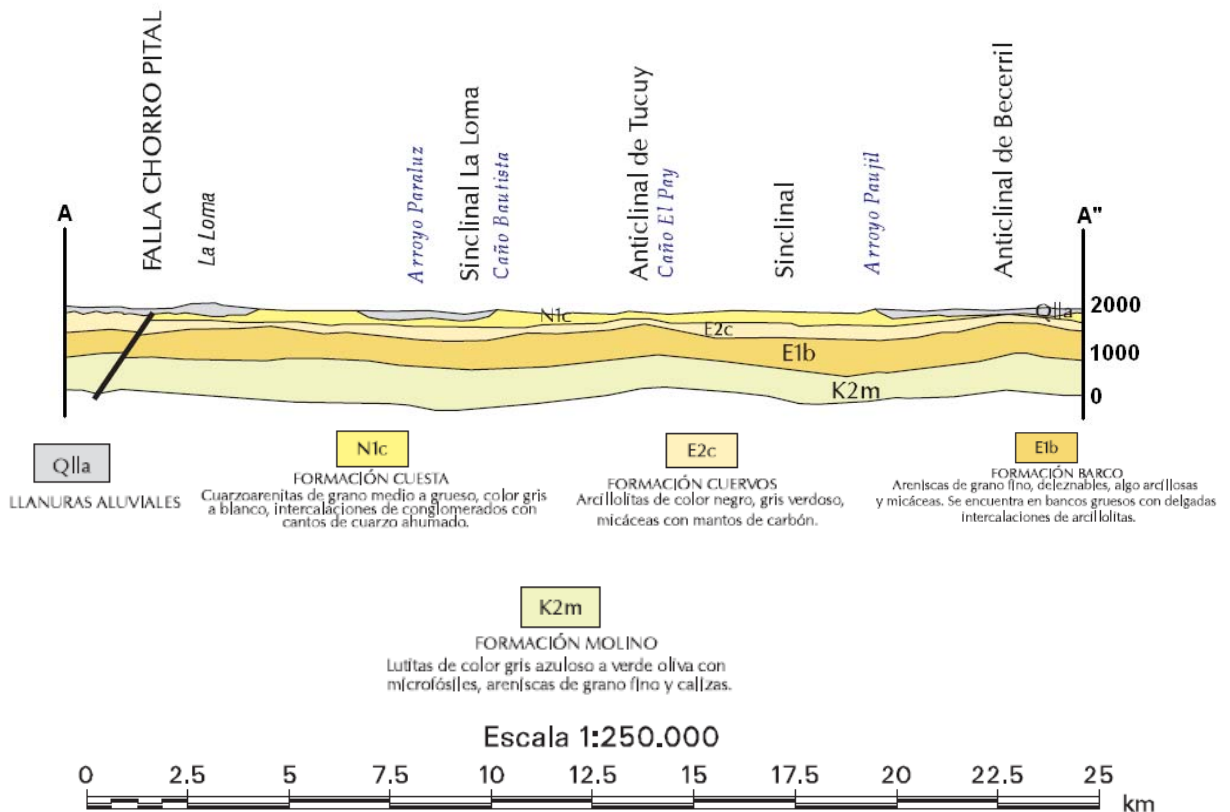


Figura 4. Corte estratigráfico y de los principales pliegues. Tomado de INGEOMINAS, Geología del Departamento del Cesar, Arias y Morales, 1999.

## **Falla El Tigre**

La evidencia se data por los crecimientos rápidos de los buzamientos en los estratos en aproximadamente 1 a 1.5 km se presenta un incremento de 48° en la inclinación cuando avanzamos hacia el este; esto deja ver que al incrementarse estos buzamientos nos acercamos a un posible fallamiento, también los cambios abruptos del material parental en el mismo sentido que cambian los buzamientos quedando bajos en el Oeste y altos al este a manera de mini fosas quedando en la parte baja una zona pantanosa con vegetación espesa, al avanzar al este de repente una zona alta con poca vegetación y suelo a manera de estepa.

Este indicio encontrado en campo que tiene una dirección aproximada de N 33° E y no se registra en superficie trazos de falla de su plano cortante; correspondería a la Falla el Tigre, a diferencia de esta última, el trazo se evidencia ubicado un poco al este de donde se considera que pasa el plano cortante de La Falla el Tigre, que es una Falla de tipo normal. Esta Falla hace que el Anticlinal del Tucuy, sufra en gran levantamiento y el Sinclinal de La Loma sufra un basculamiento.

#### 4. METODOLOGIA

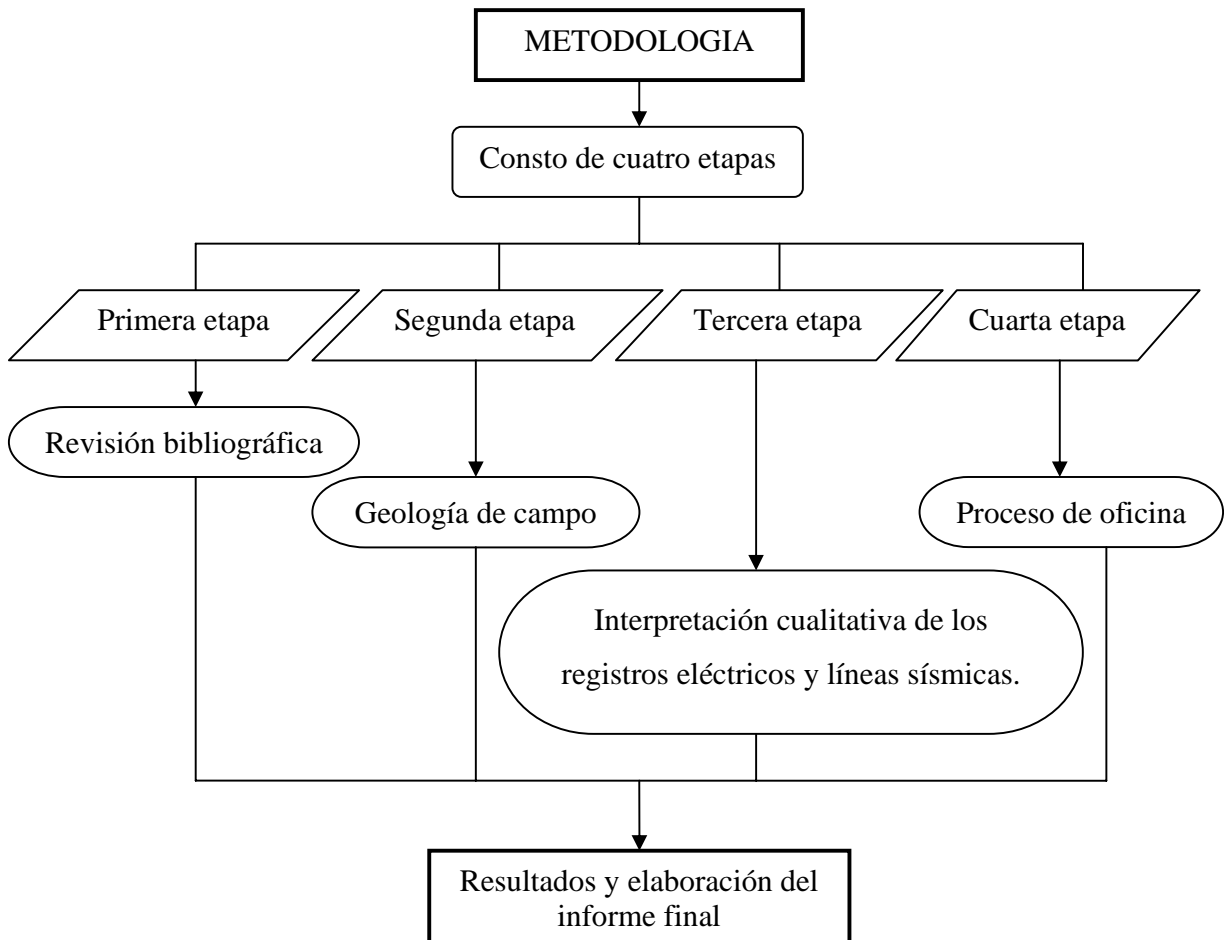


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología.

El presente trabajo se desarrollara en cuatro etapas fundamentales se muestra la distribución en un flujo de trabajo como se muestra en la figura 5:

##### **PRIMERA ETAPA: Revisión bibliográfica**

Esta etapa inicial consto de la clasificación y análisis de estudios geológicos tanto sedimentológicos como estructurales anteriores, realizados en la zona en cuestión

y sus alrededores, más que todo teniendo en cuenta trabajos que describieran y localizaran las apariciones de La Formación Cuervos, destacando su miembro productor; además se hizo un reconocimiento de la zona de estudio, examinando todos los pozos del área (Figura 5 y Tabla 2) para la respectiva escogencia en este estudio.

<b>Nombre del pozo</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Cota</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Tipo de perforación</b>
GAR-1	1064233,48	1556735,30	66,20	343,00	Triconica
GAR-2	1064747,81	1556742,89	69,91	345,00	Triconica
GAR-3	1065249,54	1556743,25	71,00	250,00	Triconica
GAR-4	1063995,93	1555506,03	60,56	350,00	Triconica
GAR-5	1064499,80	1555259,32	72,91	300,00	Triconica
GAR-6	1063504,66	1554515,37	55,49	350,80	Triconica
GAR-7	1064001,70	1554507,23	56,83	260,50	Triconica
GAR-8	1062987,21	1553756,18	55,20	350,50	Triconica
GAR-9	1063491,14	1553760,71	52,83	345,00	Triconica
GAR-10	1064691,91	1556393,70	69,36	260,00	Triconica
GAR-11	1064446,05	1556539,34	68,20	243,00	Triconica
GAR-12	1063241,05	1553755,95	53,28	307,00	Triconica
GAR-13	1067600,65	1554321,58	69,65	290,00	Triconica
GAR-14	1067499,24	1554845,57	70,08	327,00	Triconica

Tabla 2. Pozos con coordenadas del Sector Las Cuevas.

## **SEGUNDA ETAPA: Geología de campo**

En este periodo de tiempo se llevo a cabo el reconocimiento para la familiarización con el miembro productor de La Formación Cuervos y los diferentes mantos de carbón presentes; esto se realizó en el Pit de La Mina El Hatillo. Luego el reconocimiento de la zona de estudio comenzando por sus rasgos fisiográficos y después a mas detalle geológicamente.

### **TERCERA ETAPA: Interpretación cualitativa de los registros eléctricos y líneas sísmicas.**

Esta fase comprende la escogencia de los pozos con sondeo geoelectrico, que fueron en total catorce y dos líneas sísmicas, que cruzan este depósito en el sector Las Cuevas. Luego las diagrfias se interpretaron de manera cualitativa resaltando los rangos o valores donde se presentaron los mantos de carbón, mediante la tabla de clasificación de C.I. Carbones del Caribe (Ver Tabla 3), después organizando la interpretación de cada pozo, para la posterior correlación de los mantos teniendo en cuenta la huella registrada en la aparición en los pozos. Las líneas sísmicas interpretadas también de forma cualitativa situando el depósito, destacando estructuras, fallamiento y esfuerzos dominantes en esta zona.

### **CUARTA ETAPA: Proceso de oficina**

Se hizo la descripción de cada pozo y el tratamiento de análisis de cada línea sísmica, se organizaron los pozos de tal manera, que pudieran realizarse los perfiles de correlación de los mantos de carbón e identificarse electroestratigráficamente la secuencia perforada y posteriormente integrar los resultados como consecuencia la elaboración del informe final.

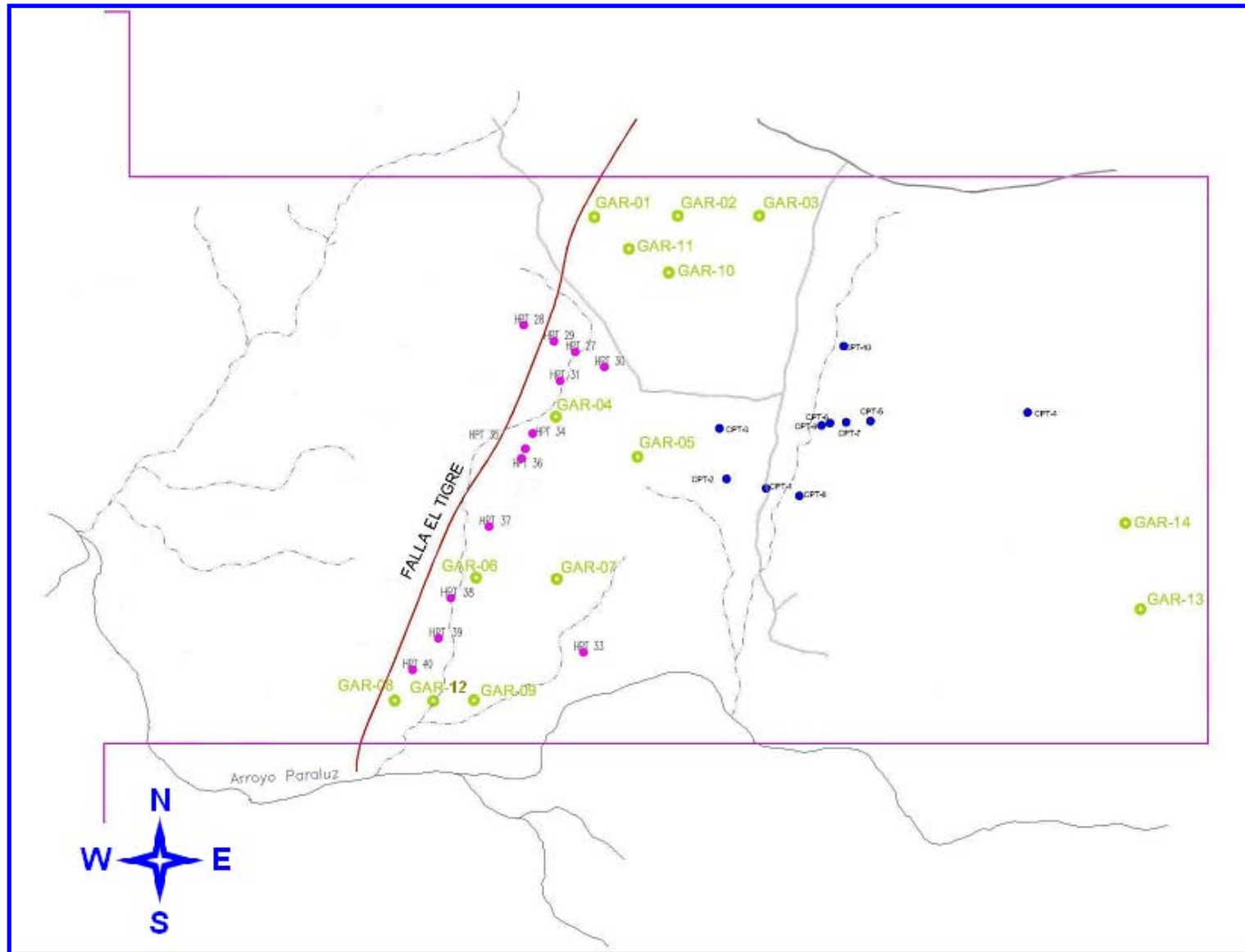


Figura 6. Perforaciones en el área del Sector Las Cuevas.

- ● Perforaciones (pozos de nomenclatura CPT y HPT) de campañas anteriores.
- Perforaciones (pozos de nomenclatura GAR, escogidos) de la campaña 2007 a 2008.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. DESCRIPCION CUALITATIVA DE LOS REGISTROS ELECTRICOS**

La identificación de un estrato, capa o manto de carbón, comprende un análisis complejo en las curvas de valores de los sondeos de perforaciones como son el Gamma Ray, Resistividad y Densidad, cada roca arroja una huella característica.

Para el carbón la huella o los valores en la curva de Gamma Ray o radioactividad son muy bajos, igual que los valores en la curva de densidad, también son bajos; la diferencia se manifiesta en los valores correspondientes a la curva de resistividad donde los valores que arroja las litologías con contenido de carbón mineral son muy altos; todo lo anteriormente dicho es característico para los mantos de carbón o cualquier manifestación. Consiste en identificar prioritariamente los rangos donde se presenten los mantos de carbón.

La segmentación es el primer paso para realizar la interpretación litológica de los registros eléctricos. Segmentar registros geofísicos consiste en determinar, dentro de la curva continua de un parámetro, las discontinuidades correspondientes a niveles con distinto comportamiento frente al parámetro medido, esto es, las distintas capas paramétricas del sondeo. La determinación de los límites de capas a simple vista tiene, además de la subjetividad de criterios y el elevado tiempo de ejecución, una dificultad añadida, que es la determinación exacta de dichos límites en función del parámetro registrado y las características geométricas de la sonda empleada.

Tipo de Roca	Radioactividad	Densidad	Resistividad
Arenisca Calcárea	Baja	Muy Alta	Muy Alta
Arenisca Conglomerática	Baja	Alta	Muy Alta
Arenisca de Grano Grueso	Baja	Media	Alta
Arenisca de Grano Medio	Media – Baja	Media	Media
Arenisca de Grano Fino	Media	Media	Media
Limolita	Media – Alta	Alta	Baja
Arcillolita	Alta	Media - Alta	Baja
Lutita	Muy Alta	Baja	Baja
Roca Carbón	Baja – Media	Media	Alta – Media
Carbón	Muy Baja	Muy Baja	Muy Alta

Tabla 3. Clasificación de los materiales rocosos según sondeos de densidad, resistividad y radioactividad. Tomado C.I. Carbones Del Caribe.

### 5.1.1 Pozo GAR – 1 (Anexo A)

0.00m – 181.10m: Material estéril. Tipo arcillolitas de arenosas a limpias, intercalada con lutitas carbonosas y pequeñas capas lodo-arenosas.

181.10m – 182.50m: Capa de carbón con porcentajes pequeños de lodo, presenta un espesor aparente de 1.40m aproximadamente y 20° de buzamiento.

182.50m – 190.50m: Material estéril, de arcillolitas en el tope tornándose carbonosas hacia la base.

190.50m – 191.40m: Capa de carbón con una pequeña capa lodosa en su parte basal, con buzamiento d de 20° y espesor aparente de 0.90m.

191.40m – 235.70m: Material estéril, tipo arcillolitas intercaladas con lodolitas carbonosas.

235.70m – 236.30m: Capa de carbón, delgada con una pequeña laminación de limolitas altamente carbonosa.

236.30m – 240.50m: Material estéril, limolitas carbonosas.

240.50m – 241.05m: Capa de carbón, totalmente limpia.

241.05m – 267.00m: Material estéril, limolitas con pequeñas intercalaciones de lutitas altamente carbonosas.

267.00m – 268.35m: Manto de carbón de apreciable espesor.

268.35m – 280.00m: Material estéril, limolitas con intercalaciones de arcillolitas.

280.00m – 281.60m: Manto de carbón, presenta una lámina de arcillolitas próxima a su parte basal.

281.60m – 309.20m: Material estéril, limolitas que se tornan bastante intercalada en la base con lutitas altamente carbonosas.

309.20m – 310.30m: Manto de carbón, presentándose bastante limpio.

310.30m – 330.00m: Material estéril, tipo limolitas secuencial arenosas y limpias, con una pequeña capa de arcillolitas carbonosas en la parte intermedia.

330.00m – 335.20m: Manto de carbón, con pequeñas laminillas de arcillolitas en la parte superior, de su fracción intermedia hacia la base mostrándose solo carbón mineral.

335.20m – 343.00m: Material estéril, limolitas con lineamientos de restos de materia orgánica.

### **5.1.2 Pozo GAR – 2**

(Anexo B)

0.00m – 68.00m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

68.00m – 73.05m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

73.05m – 116.10m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

116.10m – 117.05m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios.

117.05m – 126.50m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

126.50m – 127.35m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad.

127.35m – 191.20m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

191.20m – 193.80m: Manto de carbón libre de material estéril que propicie cenizas.

193.80m – 220.00m: Material estéril, limolitas altamente arcillosa intercaladas con laminillas de arcillas altamente carbonosas en la parte intermedia de la secuencia.

220.00m – 220.90m: Manto de carbón, que hacia su parte alta y basal presenta impurezas de arcillolitas carbonosas.

220.90m – 250.90m: Material estéril, limolitas con areniscas hacia su fracción intermedia, que presentan restos orgánicos siendo más precisos calcáreos.

250.90m – 251.35m: Manto de carbón bastante impuro en su parte intermedia, con láminas de limolitas carbonosas.

251.35m – 345.00m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas predominando las primeras.

### **5.1.3 Pozo GAR – 3**

(Anexo C)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud o profundidad, presentando en toda su extensión material estéril.

### **5.1.4 Pozo GAR – 4**

(Anexo D)

0.00m – 7.00m: Material estéril, fracción de suelo parental.

7.00m – 29.00m: Capa de carbón, con altos buzamientos por esto presenta gran espesor, pero estos son de tipo aparente.

29.00m – 52.00m: Material estéril tipo limolitas carbonosas.

52.00m – 62.90m: Capa de carbón con una pequeña lámina de roca carbón, igual, altos valores en espesor por altos buzamientos.

62.90m – 97.10m: Material estéril, limolitas.

97.10m – 101.90m: Manto de carbón, bastante limpio, con una delgada lamina de roca carbón en las inmediaciones de su parte basal.

101.90m – 112.10m: Material estéril, areniscas de grano fino con muy poco pero presente material cementante de tipo calcáreo.

112.10m – 117.30m: Manto de carbón ausente de impurezas.

117.30m – 179.60m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

179.60m – 181.80m: Manto de carbón con una laminilla de arcillolitas altamente carbonosa en su parte intermedia.

181.80m – 200.00m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

200.00m – 207.80m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

207.80m – 222.40m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

222.40m – 222.90m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios.

222.90m – 226.80m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

226.80m – 227.90m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad.

227.90m – 252.30m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

252.30m – 257.05m: Manto de carbón libre de material estéril que propicie cenizas.

257.05m – 270.20m: Material estéril, limolitas altamente arcillosa intercaladas con laminillas de arcillas altamente carbonosas en la parte intermedia de la secuencia.

270.20m – 271.80m: Manto de carbón, que hacia su parte alta y basal presenta impurezas de arcillolitas carbonosas.

271.80m – 303.00m: Material estéril, limolitas con areniscas hacia su fracción intermedia, que presentan restos orgánicos siendo más precisos calcáreos.

303.00m – 303.70m: Capa de carbón sin impurezas.

303.70m – 305.60m: Material estéril, tipo acillolitas.

305.60m – 306.00m: Capa de carbón, tornándose hacia su parte basal a roca carbón.

306.00m – 350.00m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas predominando las primeras.

#### **5.1.5 Pozo GAR - 5**

(Anexo E)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud, presentando en toda su extensión material estéril.

#### **5.1.6 Pozo GAR - 6**

(Anexo F)

0.00m – 13.50m: Material estéril, suelo parental de clase arcilloso.

13.50m – 26.00m: Capa de carbón, con altos buzamientos por esto presenta gran espesor, pero estos son de tipo aparente.

26.00m – 31.50m: Material estéril, Material estéril tipo limolitas carbonosas.

31.50m – 34.70m: Capa de carbón con una pequeña lámina de roca carbón, igual, altos valores en espesor por buzamientos elevados.

34.70m – 47.00m: Material estéril, limolitas.

47.00m – 49.50m: Manto de carbón, bastante limpio, con una delgada lamina de roca carbón en las inmediaciones de su parte basal.

49.50m – 59.40m: Material estéril, areniscas de grano fino con muy poco pero presente material cementante de tipo calcáreo.

59.40m – 62.90m: Manto de carbón ausente de impurezas.

62.90m – 103.70m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

103.70m – 105.90m: Manto de carbón con una laminilla de arcillolitas altamente carbonosa en su parte intermedia.

105.90m – 130.70m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

130.70m – 138.20m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

138.20m – 152.20m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

152.20m – 152.90m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios lo que indica contenido de material lodoso.

152.90m – 156.30m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

156.30m – 157.60m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad, indicando contenido lodoso.

157.60m – 192.90m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

192.90m – 193.50m: Manto de carbón libre de material estéril que propicie cenizas.

193.50m – 210.85m: Material estéril, limolitas altamente arcillosa intercaladas con laminillas de arcillas altamente carbonosas en la parte intermedia de la secuencia.

210.85m – 212.30m: Manto de carbón, que hacia su parte alta y basal presenta impurezas de arcillolitas carbonosas.

212.30m – 250.90m: Material estéril, limolitas con areniscas hacia su fracción intermedia, que presentan restos orgánicos siendo más precisos calcáreos.

250.90m – 251.70m: Capa de carbón sin impurezas.

251.70m – 253.30m: Material estéril, tipo arcillolita.

253.30m – 253.90m: Capa de carbón, tornándose hacia su parte basal a roca carbón.

253.90m – 350.80m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas predominando las primeras.

#### **5.1.7 Pozo GAR - 7**

(Anexo G)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud, presentando en toda su extensión material estéril.

#### **5.1.8 Pozo GAR – 8**

(Anexo H)

0.00m – 120.50m: Material estéril. Tipo arcillolitas de arenosas a limpias, intercalada con lutitas carbonosas y pequeñas capas lodo-arenosas.

120.50m – 122.70m: Capa de carbón con porcentajes pequeños de lodo, presenta un espesor aparente de 1.40m aproximadamente y 20° de buzamiento.

122.70m – 124.50m: Material estéril, de arcillolitas en el tope tornándose carbonosas hacia la base.

124.50m – 125.10m: Capa de carbón con una pequeña capa lodosa en su parte basal, con buzamiento  $d$  de  $20^\circ$  y espesor aparente de 0.90m.

125.10m – 172.85m: Material estéril, tipo arcillolitas intercaladas con lodolitas carbonosas.

172.85m – 173.20m: Capa de carbón, con contenido bajo pero presente de lodo.

173.20m – 176.20m: Material estéril, tipo arcillolita.

176.20m – 177.00m: Capa de carbón limpia con resultados apropiados en las curvas de radioactividad y densidad.

177.00m – 203.50m: Material estéril, limolitas con pequeñas intercalaciones de lutitas altamente carbonosas.

203.50m – 204.95m: Manto de carbón de apreciable espesor.

204.95m – 218.00m: Material estéril, limolitas con intercalaciones de arcillolitas.

218.00m – 219.50m: Manto de carbón, presenta una lámina de arcillolita próxima a su parte basal.

219.50m – 246.40m: Material estéril, limolitas que se tornan bastante intercalada en la base con lutitas altamente carbonosas.

246.40m – 247.20m: Manto de carbón, presentándose bastante limpio.

247.20m – 274.60m: Material estéril, tipo limolitas secuencial arenosas y limpias, con una pequeña capa de arcillolita carbonosas en la parte intermedia.

274.60m – 282.15m: Manto de carbón, con pequeñas laminillas de arcillolitas en la parte superior, de su fracción intermedia hacia la base mostrándose solo carbón mineral.

282.15m – 288.10m: Material estéril, limolitas con lineamientos de restos de materia orgánica.

288.10m – 289.10m: Manto de carbón, bastante limpio, con una delgada lamina de roca carbón en las inmediaciones de su parte basal.

289.10m – 293.30m: Material estéril, areniscas de grano fino con muy poco pero presente material cementante de tipo calcáreo.

293.30m – 294.70m: Manto de carbón ausente de impurezas.

294.70m – 308.60m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

308.60m – 309.00m: Manto de carbón con una laminilla de arcillolitas altamente carbonosa en su parte intermedia.

309.00m – 331.00m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

331.00m – 335.30m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

335.30m – 342.10m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

342.10m – 342.40m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios lo que indica contenido de material lodoso.

342.40m – 345.50m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

345.50m – 346.20m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad, indicando contenido lodoso.

346.20m – 350.50m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

#### **5.1.9 Pozo GAR – 9**

(Anexo I)

0.00m – 22.10m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

22.10m – 23.50m: Manto de carbón con una laminilla de arcillolitas altamente carbonosa en su parte intermedia.

23.50m – 40.90m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

40.90m – 45.50m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

45.50m – 53.95m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

53.95m – 54.15m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios lo que indica contenido de material lodoso.

54.15m – 55.90m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

55.90m – 56.60m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad, indicando contenido lodoso.

56.60m – 70.45m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

70.45m – 73.50m: Manto de carbón libre de material estéril que propicie cenizas.

73.50m – 84.90m: Material estéril, limolitas altamente arcillosa intercaladas con laminillas de arcillas altamente carbonosas en la parte intermedia de la secuencia.

84.90m – 86.00m: Manto de carbón, que hacia su parte alta y basal presenta impurezas de arcillolitas carbonosas.

86.00m – 108.05m: Material estéril, limolitas con areniscas hacia su fracción intermedia, que presentan restos orgánicos siendo más precisos calcáreos.

108.05m – 108.80m: Manto de carbón bastante impuro en su parte intermedia, con láminas de limolitas carbonosas.

108.80m – 345.00m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas predominando las primeras.

#### **5.1.10 Pozo GAR – 10**

(Anexo J)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud, presentando en toda su extensión material estéril.

#### **5.1.11 Pozo GAR – 11**

(Anexo K)

0.00m – 116.90m: Material estéril, limolitas con pequeñas intercalaciones de lutitas altamente carbonosas.

116.90m – 121.40m: Manto de carbón de apreciable espesor, presentándose limpio.

121.40m – 149.95m: Material estéril, limolitas con intercalaciones de arcillolitas.

149.95m – 152.80m: Manto de carbón, presenta una lámina de arcillolita próxima a su parte basal.

152.80m – 193.15m: Material estéril, limolitas que se tornan bastante intercalada en la base con lutitas altamente carbonosas.

193.15m – 194.80m: Manto de carbón, presentándose bastante limpio.

194.80m – 216.95m: Material estéril, tipo limolitas secuencial arenosas y limpias, con una pequeña capa de arcillolita carbonosas en la parte intermedia.

216.95m – 223.00m: Manto de carbón, con pequeñas laminillas de arcillolitas en la parte superior, de su fracción intermedia hacia la base mostrándose solo carbón mineral.

223.00m – 230.00m: Material estéril, limolitas con lineamientos de restos de materia orgánica.

230.00m – 231.15m: Manto de carbón, bastante limpio, con una delgada lamina de roca carbón en las inmediaciones de su parte basal.

231.15m – 240.80m: Material estéril, areniscas de grano fino con muy poco pero presente material cementante de tipo calcáreo.

240.80m – 242.05m: Manto de carbón ausente de impurezas.

242.05m – 243.00m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

#### **5.1.12 Pozo GAR – 12**

(Anexo L)

0.00m – 30.00m: Material estéril, limolitas con pequeñas intercalaciones de lutitas altamente carbonosas.

30.00m – 31.90m: Manto de carbón de apreciable espesor, presentándose limpio.

31.90m – 50.10m: Material estéril, limolitas con intercalaciones de arcillolitas.

50.10m – 52.10m: Manto de carbón, presenta una lámina de arcillolita próxima a su parte basal.

52.10m – 82.10m: Material estéril, limolitas que se tornan bastante intercalada en la base con lutitas altamente carbonosas.

82.10m – 84.00m: Manto de carbón, presentándose bastante limpio.

84.00m – 115.40m: Material estéril, tipo limolitas secuencial arenosas y limpias, con una pequeña capa de arcillolita carbonosas en la parte intermedia.

115.40m – 125.40m: Manto de carbón, con pequeñas laminillas de arcillolitas en la parte superior, de su fracción intermedia hacia la base mostrándose solo carbón mineral.

125.40m – 131.80m: Material estéril, limolitas con lineamientos de restos de materia orgánica.

131.80m – 133.05m: Manto de carbón, bastante limpio, con una delgada lamina de roca carbón en las inmediaciones de su porción basal.

133.05m – 137.00m: Material estéril, areniscas de grano fino con muy poco pero presente material cementante de tipo calcáreo.

137.00m – 138.95m: Manto de carbón ausente de impurezas.

138.95m – 156.00m: Material estéril, limolitas arenosas medianamente arenosas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas.

156.00m – 156.95m: Manto de carbón con una laminilla de arcillolitas altamente carbonosa en su parte intermedia.

156.95m – 177.05m: Material estéril, limolitas intercalada con arcillolitas carbonosas.

177.05m – 182.10m: Manto de carbón, con una delgada lamina de arcillolita carbonosa.

182.10m – 190.60m: Material estéril, limolitas arenosas con laminaciones de areniscas muy finas que tienen resto de materia orgánica.

190.60m – 191.05m: Manto de carbón altamente lodoso, pues presenta unos valores en la curva de radioactividad intermedios lo que indica contenido de material lodoso.

191.05m – 193.80m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas.

193.80m – 194.50m: Manto de carbón, sin impurezas, guardando un comportamiento intermedio en los valores de la curva de radioactividad, indicando contenido lodoso.

194.50m – 210.20m: Material estéril, arcillolitas intercaladas con limolitas arenosas, predominantes hacia la parte basal.

210.20m – 213.40m: Manto de carbón libre de material estéril que propicie cenizas.

213.40m – 225.00m: Material estéril, limolitas altamente arcillosa intercaladas con laminillas de arcillas altamente carbonosas en la parte intermedia de la secuencia.

225.00m – 226.40m: Manto de carbón, que hacia su parte alta y basal presenta impurezas de arcillolitas carbonosas.

226.40m – 253.00m: Material estéril, limolitas con areniscas hacia su fracción intermedia, que presentan restos orgánicos siendo más precisos calcáreos

253.00m – 253.90m: Manto de carbón bastante impuro en su parte intermedia, con láminas de limolitas carbonosas.

253.90m – 307.00m: Material estéril, limolitas intercaladas con arcillolitas predominando las primeras.

### **5.1.13 Pozo GAR – 13**

(Anexo M)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud, presentando en toda su extensión material estéril.

### **5.1.14 Pozo GAR - 14**

(Anexo N)

No registro ningún manto de carbón, ni manifestación de ello, en toda su longitud, presentando en toda su extensión material estéril.

## **5.2. DESCRIPCION DE PERFILES SISMICOS**

Las principales características litológicas, estratigráficas y estructurales del depósito sedimentario en el área de las cuevas obtenidos en las líneas sísmicas clasificadas para este estudio LL-00-08 y LL-00-10, se describirán a continuación. Estas líneas se escogieron por ser las que más nos brindan información acerca del sector Las Cuevas, pues cortan el lado Este del sinclinal casi de manera transversal y siguiendo un rumbo NW- SE tal como lo ilustra la Figura 6.

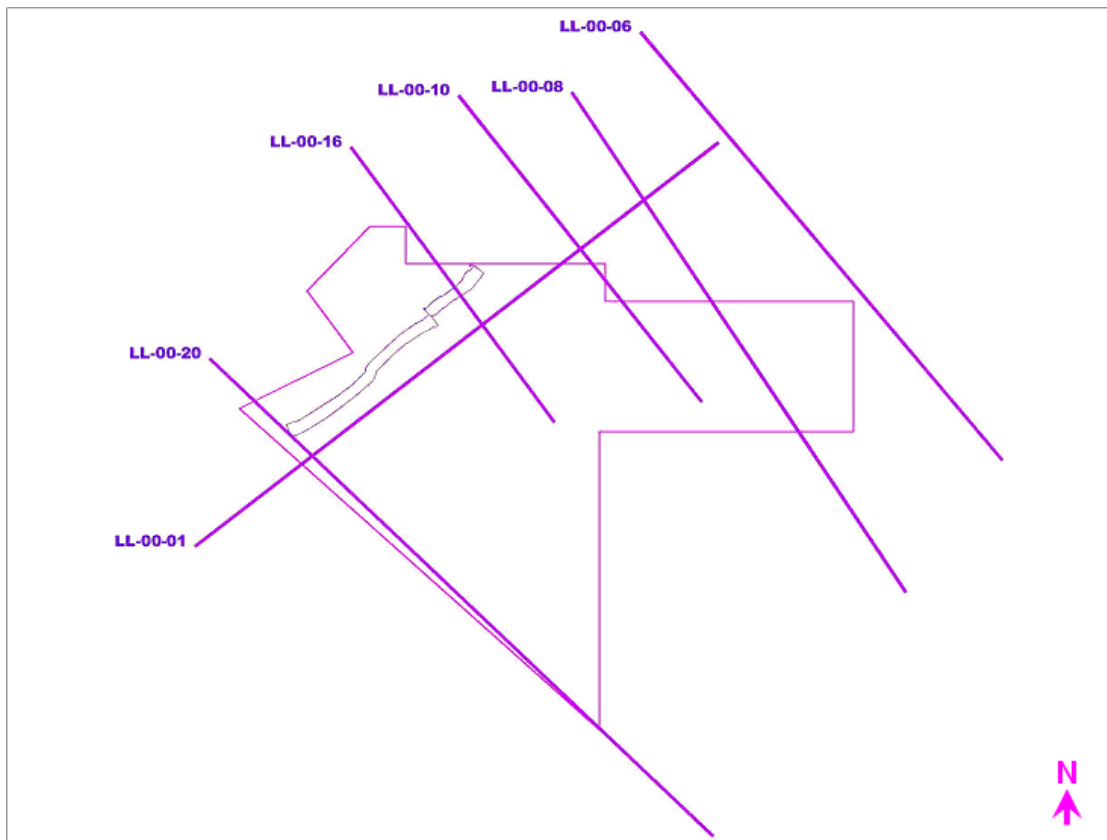


Figura 7. Trazado sísmico en la mina El Hatillo de C.I. Carbones del Caribe, hecho por Llanos Oíl Exploration Ltda. En el programa Las Nieves 2D-2000.

### 5.2.1 Línea sísmica LL-00-08 (Anexo P)

Esta línea sísmica registra tres Fallas principales; Falla1 tipo inversa correspondiendo a La Falla La Loma, Falla 2 de tipo normal concerniente a La Falla El Tigre y Falla 3 consecuencia de los movimientos de La Falla 2 siendo de tipo normal. Las Fallas 1 y 2 envuelven lo que es la estructura del Sinclinal de La Loma con su eje volcado más Hacia La Falla La Loma, sufriendo esta estructura un pequeño basculamiento en sentido SE favoreciendo a suavizar los buzamientos del depósito en esta área del sector Las Cuevas.

El Horizonte A es el reflector más importante, característico de litologías con contenidos de carbón o restos de materia orgánica y corresponde al miembro productor de La Formación Cuervos, aproximándose a superficie en cercanías al trazo de La Falla El Tigre, esto refleja facilitar la minería en este sector. Por ser de tipo normal La Falla 2, el bloque más Este ósea el bloque derecho ha subido por ende el miembro productor se erosiono siendo casi ausente en esta parte de la zona de estudio. Las perforaciones se hicieron en los alrededores de La Falla El Tigre en la parte Este del sinclinal en el área del sector Las cuevas. Se presentan otras Falla como F 1a, F 2b y F 3c que son consecuencia del movimiento de Las Fallas principales.

### **5.2.2 Línea sísmica LL-00-10** (Anexo Q)

Se registra en esta línea sísmica 3 Fallas principales Falla 4, Falla 5 y Falla 6, comportándose como un sistema de Fallas inversas que no alcanzan a tocar al sector Las Cuevas pues se encuentran delimitando al Sinclinal de La Loma en su parte Oeste, al igual se muestra con su eje volcado hacia este sistema de Fallas, siguiendo una dirección NE, mostrando una suavidad en la inclinación o buzamiento en los reflectores. Estas Falla inversas hacen que el bloque del Sinclinal en esta parte suba, sobre el bloque más W de las Fallas.

Los reflectores más importantes son señalados en el Horizonte A, que se notan un poco replegados en la parte Este, notándose que en la parte intermedia de este horizonte es donde los reflectores se hacen más atenuantes.

### **5.3. IDENTIFICACION DE LOS MANTOS DE CARBON**

Consiste en la identificación de los mantos de carbón en cada pozo, posteriormente realizar un inventario de cada uno de ellos, resaltando características físicas principales, por cada pozo. En total tenemos 14 pozos y se pasaron en la perforación e identificaron en total 15 mantos de carbón que debido a la distribución de los pozos en la zona se repiten en unos, como no aparecen en otros; esto también debido a la variabilidad local de los buzamientos, reflejada por la proximidad a La Falla normal de El Tigre.

Los buzamientos son suaves en el pozo GAR-1 por esto los espesores se reducen estando casi reales, más al Este se ubica el pozo GAR-2, con buzamientos más grandes y avanzando en la misma dirección en el pozo GAR-3 no aparecen los mantos de carbón y la litología presente muestra inclinaciones elevadas lo que refleja que en medio de estos últimos dos pozos los mantos de carbón suben a superficie (Ver la Tabla 4).

Para los pozos GAR-4 y GAR-5, próximo a un efecto de esfuerzo evidenciado en las grandes inclinaciones de los mantos de carbón, por esto los espesores son bastante grandes y las no apariciones en el pozo más Este que es el GAR-5, así como se puede ver en La Tabla 5. Se muestra los inventarios de los mantos encontrados en los pozos GAR-6, GAR-7, GAR-8, GAR-9 y GAR-10 en la Tabla 6. Para los pozos GAR-11, GAR-12, GAR-13 y GAR-14 la Tabla 7.

Lo que en general muestra una posición en la malla de perforación con dirección NE, que indica que el trazo de Falla El Tigre sigue una dirección igual, por esto se presenta diversidad en los buzamientos y en algunos pozos los registros del sondeo de buzamiento, registra bastante caos generado por el alto replegamiento de los mantos de carbón y la litología en general.



## C.I. CARBONES DEL CARIBE S.A.

### INVENTARIO DE LOS MANTOS DE CARBON REGISTRADOS EN EL SECTOR LAS CUEVAS

Profundidad Inicial	Profundidad Final	Espesor	N° de manto	Buzamiento	Manto
<b>GAR-1</b>					
181,10	182,50	<b>1,40</b>	15	20°	<b>400</b>
190,50	191,40	<b>0,90</b>		20°	
235,70	236,30	<b>0,60</b>	14	15°	401
240,50	241,05	<b>0,55</b>		15°	
267,00	268,35	<b>1,35</b>	13	15°	402
280,00	281,60	<b>1,60</b>	12	15°	403
309,20	310,30	<b>1,10</b>	11	15°	404
330,00	335,20	<b>5,20</b>	10	15°	<b>300</b>
<b>GAR-2</b>					
68,00	73,05	<b>5,05</b>	6	64°	<b>200</b>
116,10	117,05	<b>0,95</b>	5	64°	201
126,50	127,35	<b>0,85</b>	4	64°	202
191,20	193,80	<b>2,60</b>	3	64°	<b>100</b>
220,00	220,90	<b>0,90</b>	2	60°	101
250,90	251,35	<b>0,45</b>	1	55°	102
<b>GAR-3</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					

Tabla 4. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-1, GAR-2 y GAR-3.

Profundidad Inicial	Profundidad Final	Espesor	N° de manto	Buzamiento	Manto
<b>GAR-4</b>					
7,00	29,00	<b>22,00</b>	10	70°	<b>300</b>
52,00	62,90	<b>10,90</b>		70°	
97,10	101,90	<b>4,80</b>	9	70°	301
112,10	117,30	<b>5,20</b>	8	68°	302
179,60	181,80	<b>2,20</b>	7	62°	303
200,00	207,80	<b>7,80</b>	6	62°	<b>200</b>
222,40	222,90	<b>0,50</b>	5	62°	201
226,80	227,90	<b>1,10</b>	4	62°	202
252,30	257,05	<b>4,75</b>	3	62°	<b>100</b>
270,20	271,80	<b>1,60</b>	2	62°	101
303,00	303,70	<b>0,70</b>	1	58°	102
305,60	306,00	<b>0,40</b>		58°	
<b>GAR-5</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					

Tabla 5. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-4 y GAR-5

Profundidad Inicial	Profundidad Final	Espesor	N° de manto	Buzamiento	Manto
<b>GAR-6</b>					
13,50	26,00	<b>12,50</b>	10	60°	<b>300</b>
31,50	34,70	<b>3,20</b>		60°	
47,00	49,50	<b>2,50</b>	9	60°	301
59,40	62,90	<b>3,50</b>	8	60°	302
103,70	105,90	<b>2,20</b>	7	60°	303
130,70	138,20	<b>7,50</b>	6	60°	<b>200</b>
152,20	152,90	<b>0,70</b>	5	60°	201
156,30	157,60	<b>1,30</b>	4	60°	202
192,90	193,50	<b>0,60</b>	3	60°	<b>100</b>
210,85	212,30	<b>1,45</b>	2	60°	101
250,90	251,70	<b>0,80</b>	1	60°	102
253,30	253,90	<b>0,60</b>		60°	
<b>GAR-7</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					
<b>GAR-8</b>					
120,50	122,70	<b>2,20</b>	15	35°	<b>400</b>
124,50	125,10	<b>0,60</b>		35°	
172,85	173,20	<b>0,35</b>	14	35°	401
176,20	177,00	<b>0,80</b>		35°	
203,50	204,95	<b>1,45</b>	13	38°	402
218,00	219,50	<b>1,50</b>	12	40°	403
246,40	247,20	<b>0,80</b>	11	45°	404
274,60	282,15	<b>7,55</b>	10	48°	<b>300</b>
288,10	289,10	<b>1,00</b>	9	50°	301
293,30	294,70	<b>1,40</b>	8	50°	302
308,60	309,00	<b>0,40</b>	7	55°	303
331,00	335,30	<b>4,30</b>	6	55°	<b>200</b>
342,10	342,40	<b>0,30</b>	5	55°	201
345,50	346,20	<b>0,70</b>	4	58°	202
<b>GAR-9</b>					
22,10	23,50	<b>1,40</b>	7	20°	303
40,90	45,50	<b>4,60</b>	6	20°	<b>200</b>
53,95	54,15	<b>0,20</b>	5	15°	201
55,90	56,60	<b>0,70</b>	4	15°	202
70,45	73,50	<b>3,05</b>	3	15°	<b>100</b>
84,90	86,00	<b>1,10</b>	2	13°	101
108,05	108,80	<b>0,75</b>	1	10°	102
<b>GAR-10</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					

Tabla 6. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-6, GAR-7, GAR-8, GAR-9 y GAR-10.

Profundidad Inicial	Profundidad Final	Espesor	N° de manto	Buzamiento	Manto
<b>GAR-11</b>					
116,90	121,40	<b>4,50</b>	13	68°	402
149,95	152,80	<b>2,85</b>	12	64°	403
193,15	194,80	<b>1,65</b>	11	50°	404
216,95	223,00	<b>6,05</b>	10	40°	<b>300</b>
230,00	231,15	<b>1,15</b>	9	40°	301
240,80	242,05	<b>1,25</b>	8	30°	302
<b>GAR-12</b>					
30,00	31,90	<b>1,90</b>	13	43°	402
50,10	52,10	<b>2,00</b>	12	39°	403
82,10	84,00	<b>1,90</b>	11	35°	404
115,40	124,40	<b>9,00</b>	10	35°	<b>300</b>
131,80	133,05	<b>1,25</b>	9	35°	301
137,00	138,95	<b>1,95</b>	8	35°	302
156,00	156,95	<b>0,95</b>	7	35°	303
177,05	182,10	<b>5,05</b>	6	34°	<b>200</b>
190,60	191,05	<b>0,45</b>	5	33°	201
193,80	194,50	<b>0,70</b>	4	33°	202
210,20	213,40	<b>3,20</b>	3	35°	<b>100</b>
225,00	226,40	<b>1,40</b>	2	36°	101
253,00	253,90	<b>0,90</b>	1	40°	102
<b>GAR-13</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					
<b>GAR-14</b>					
NO REGISTRO MANTO DE CARBON					

Tabla 7. Inventario de los mantos de carbón para los pozos GAR-11, GAR-12, GAR-13 y GAR-14.

#### 5.4. PERFILES DE CORRELACION

Para la realización de los perfiles de correlación se tuvo en cuenta la ubicación de los pozos de tal manera que el perfil quedara en una posición transversal en relación con el costado de El Sinclinal, en los perfiles se utilizó una coloración para cada manto, esto es solo para facilitar al lector a diferenciarlos, la escala obedece solo en la vertical y las unidades son de dimensiones métricas, se mostraran correlacionados los mantos de carbón, con las líneas verticales en color negro que es la dirección de realización del pozo. La ubicación en planta de los perfiles se muestra en la figura 8.

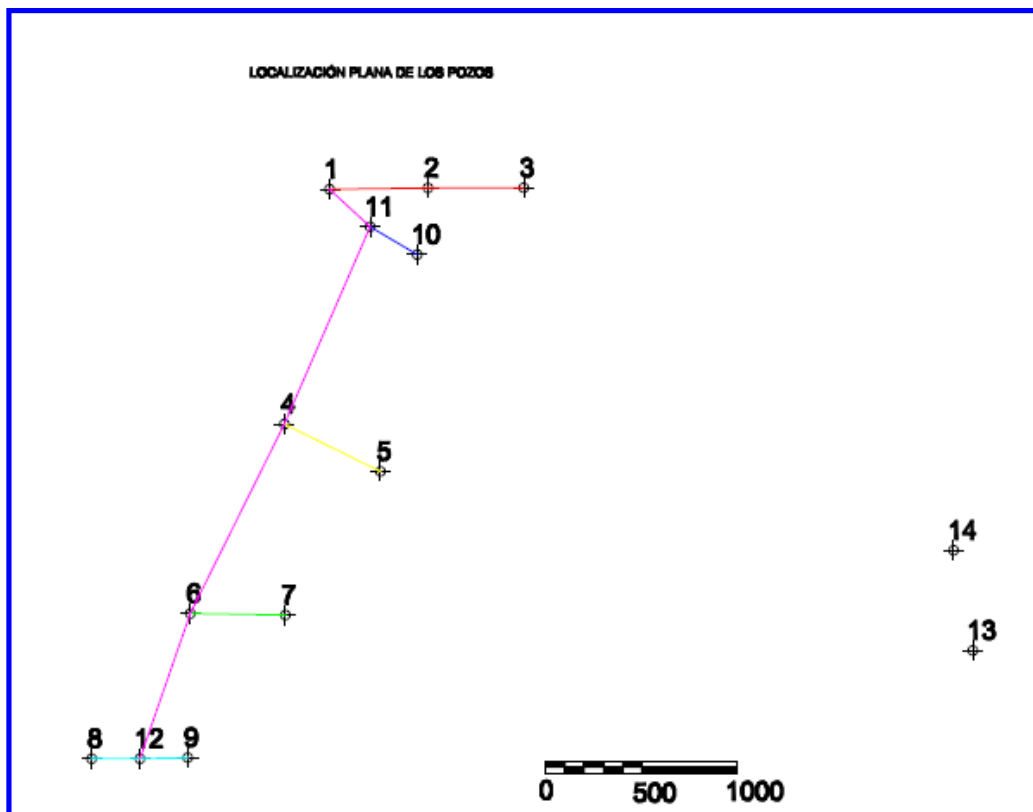


Figura 8. Ubicación en planta de los perfiles de correlación, los pozos están con la numeración conservando el prefijo GAR.

### 5.4.1 Perfil 1

En este perfil se correlacionan los pozos GAR-1, GAR-2 y GAR-3, encontrando los 6 primeros mantos de carbón que se encontraron en esta malla de perforación y los últimos 6 en los pozos GAR-2 y GAR-1 respectivamente, buzamientos suaves en el pozo mas Oeste, pero la inclinación aumenta hacia el Este y los mantos de carbón van a superficie entre los pozos GAR-2 y GAR-3 lo que es evidenciado por lo que estos no aparecen en este ultimo pozo; mostrando claramente la estructura de El Sinclinal en su lado Este, como se ve en la figura 9.

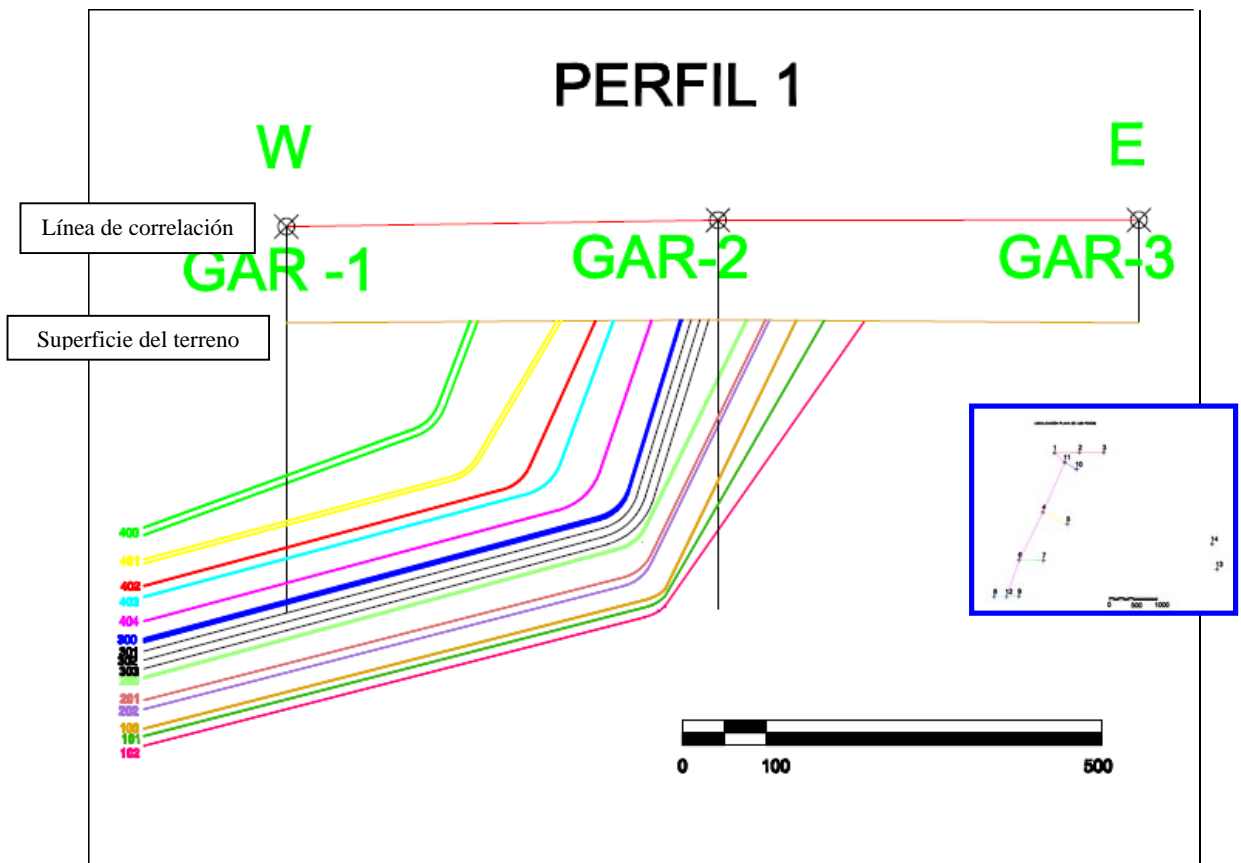


Figura 9. Perfil de correlacion 1.

### 5.4.2 Perfil 2

Los pozos GAR-4 y GAR-5, conforman este perfil que muestra los más altos buzamientos en esta parte de la estructura, para el primer pozo, pues los mantos de carbón solo aparecen en este y van a superficie antes de llegar al pozo GAR-5, encontrando los 10 primeros mantos de carbón, ver figura 10.

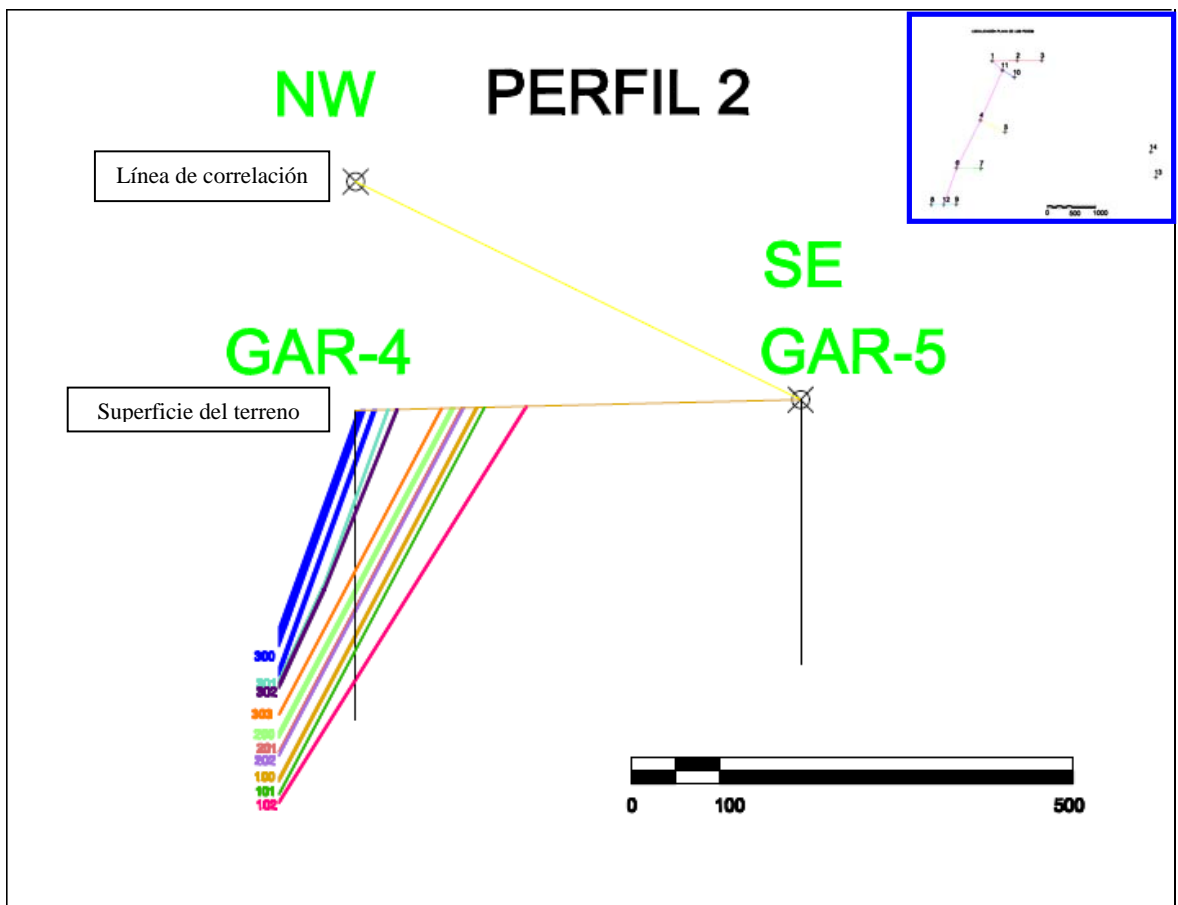


Figura 10. Perfil de correlacion 2.

### 5.4.3 Perfil 3

Este perfil está conformado por los pozos GAR-6 y GAR-7. Similar al perfil 2, con la aparición de 10 mantos de carbón y casi uniformidad en los valores de buzamientos, pero bastante altos, claramente se muestra en la figura 11.

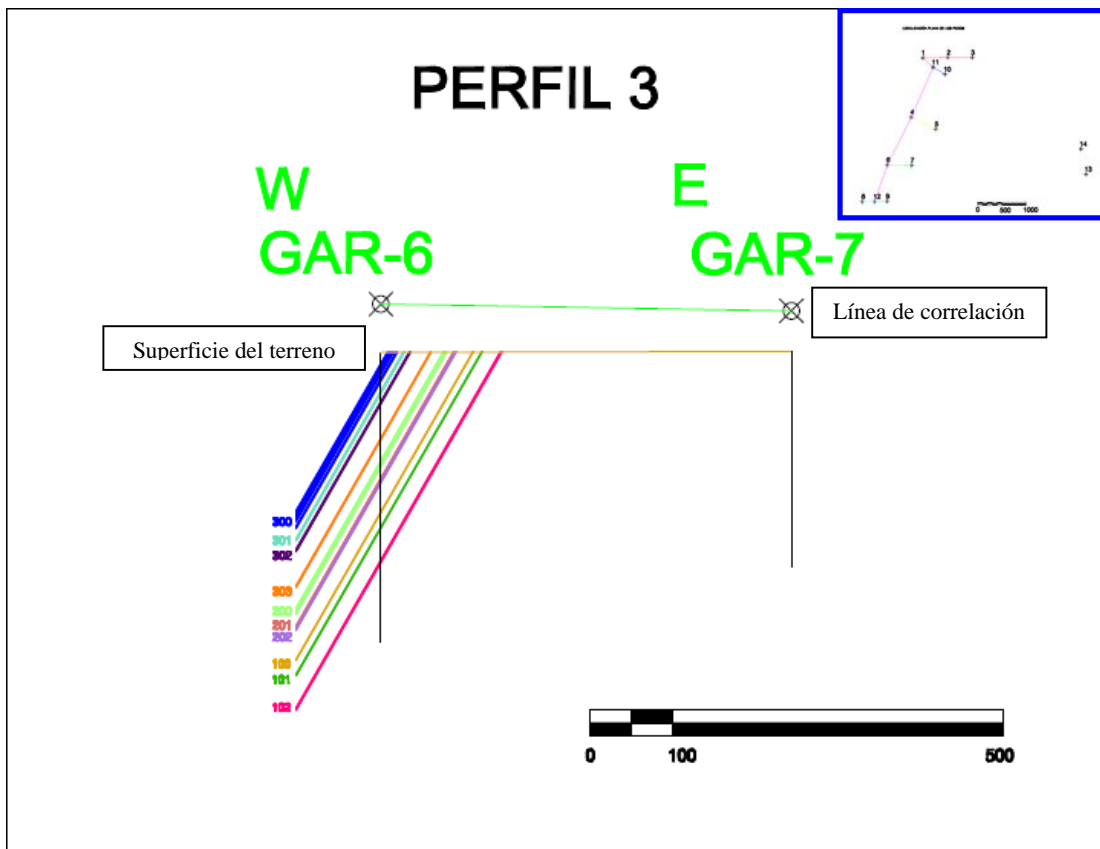


Figura 11. Perfil de correlacion 3.

### 5.4.4 Perfil 4

Es el perfil más completo pues muestra los 15 mantos que encontramos en total en toda la malla de perforación, conformado por los pozos GAR-8, GAR-12 y

GAR-9, mostrando los mantos iniciales en el pozo mas Este y los mantos finales en el pozo mas Oeste con valores de buzamientos intermedios, ver la figura 12.

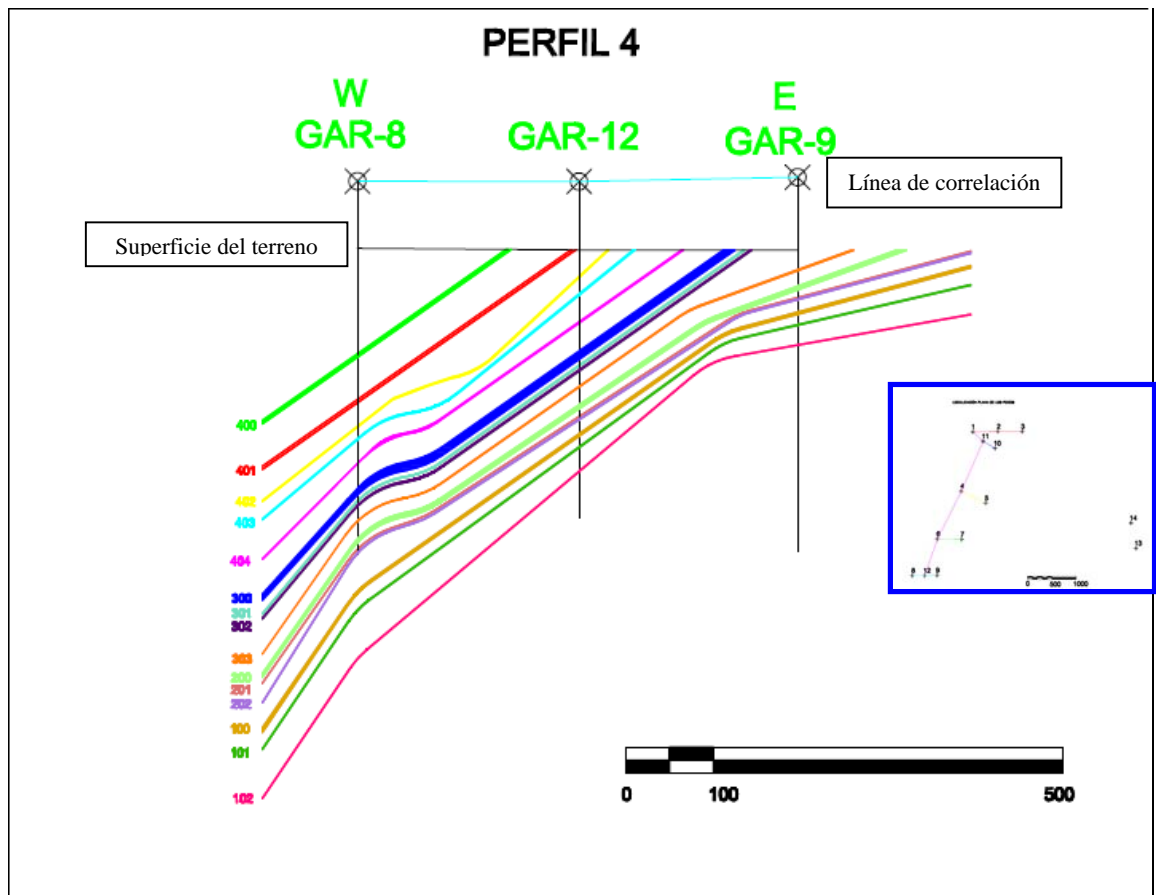


Figura 12. Perfil de correlacion 4.

#### 5.4.5 Perfil 5

Conformado por los pozos GAR-10 y GAR-11, con línea de orientación en dirección SE, cortando el pozo mas Oeste solo 6 manto de carbón con buzamientos con un grado alto a intermedio en la parte más profunda del pozo y el pozo más al Este en ausencia de estos evidencia de cercanías a Falla, se puede visualizar en la figura 13.

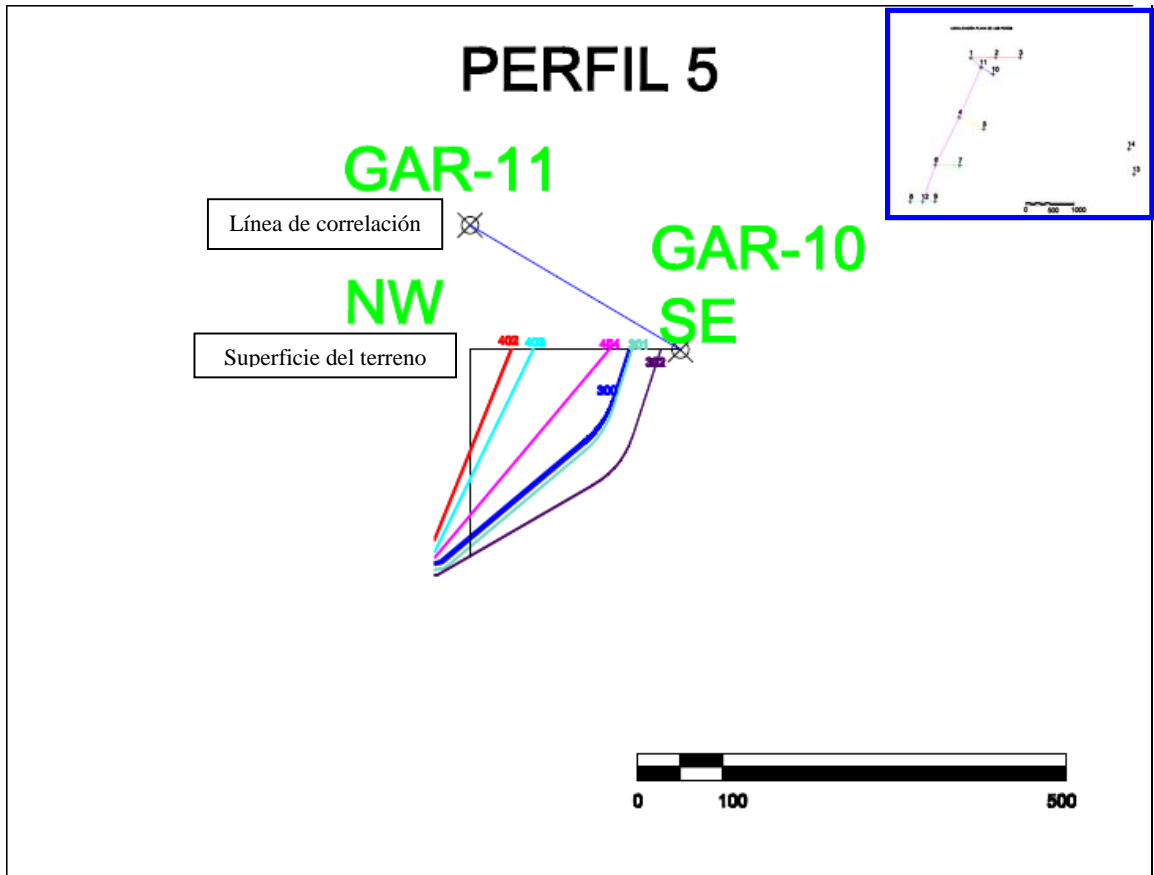


Figura 13. Perfil de correlacion 5.

#### 5.4.6 Perfil 6

Conformado por los pozos GAR-12, GAR-6, GAR-4, GAR-11 y GAR-1, este es un perfil longitudinal con respecto al lado de la estructura Sinclinal, muestra el comportamiento de los mantos a través de la longitud del costado Este de El Sinclinal de La Loma en El Sector Las Cuevas, los mantos superiores por replegamiento se elevan y son erosionados, se muestra en la figura 14.

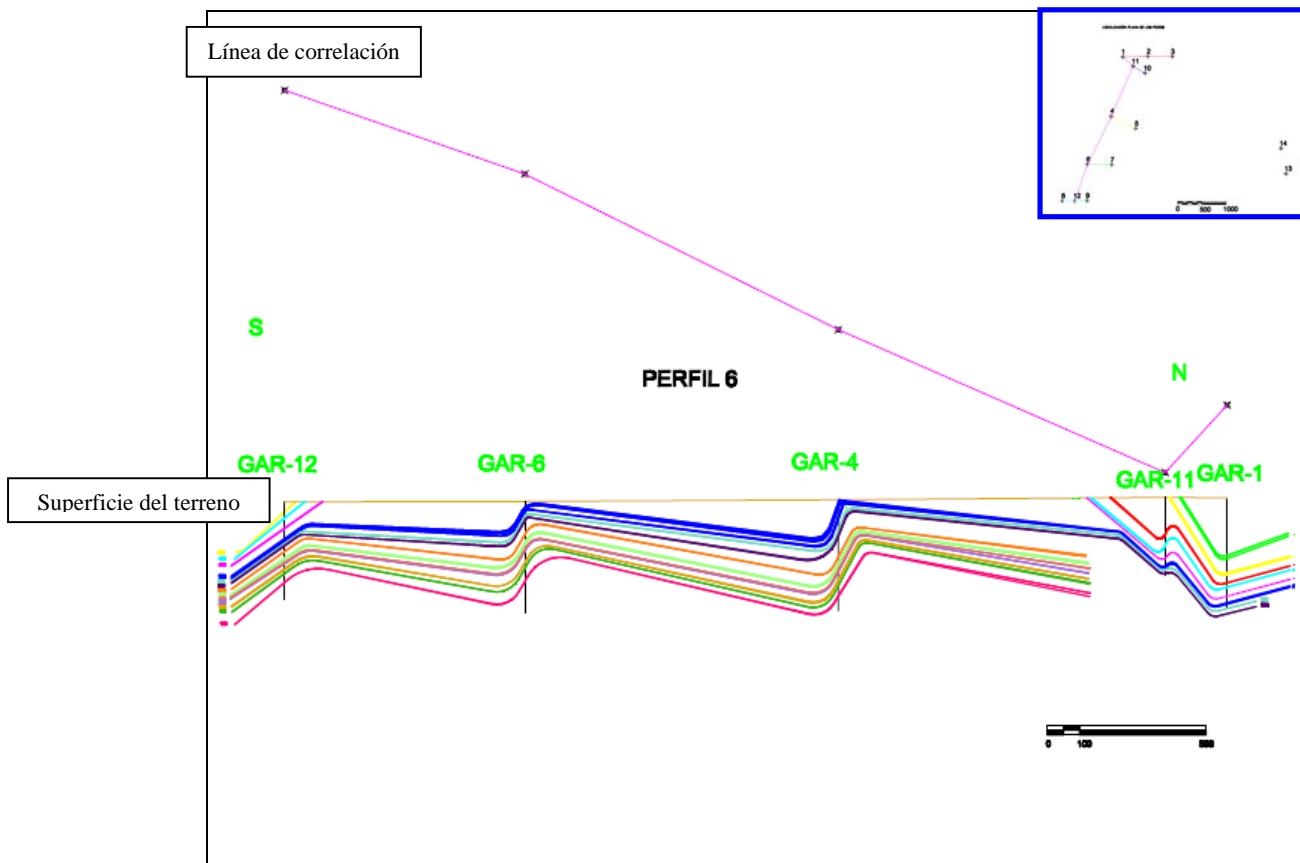


Figura 14. Perfil de correlacion 6.

## 5.5. COLUMNA DE SECUENCIA PERFORADA

Esta columna se hizo con la finalidad de definir la secuencia traspasada en toda la malla de perforación hecha en El Sector Las Cuevas, esta columna se maneja a base de los registros eléctricos, de manera que el tipo de esta es electroestratigráfica.

La columna de esta malla, muestra en total 15 mantos de carbón pasados por la actividad de perforación, todos estos mantos fueron descritos anteriormente. Se tomaron los datos de los sondeos de varios pozos y se integraron para formar una columna general electroestratigráfica de la litología encontrada en la malla, para El Sector Las Cuevas, todo se puede corroborar en el anexo O.

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de correlación sirvió para constatar la continuidad de la secuencia carbonífera a través de toda el área de estudio y definir controles estructurales, sustentando el estudio en inventariar mantos de carbón importantes, que lleven a generar interés para la explotación.

Los mantos de carbón significativos que se identificaron en total para la secuencia perforada fueron un número de 15, como se muestra en el inventario de cada pozo en un capítulo anterior, algunos con espesores bastante grandes como en el pozo GAR-4 y otros con grosores bastante reducidos como en el pozo GAR-1, relacionados en los datos de buzamientos en el inventario de los mantos de carbón, realizado para cada pozo, esta variabilidad de espesores la condiciona la versatilidad de grado de inclinación en los buzamientos para este El Sector Las Cuevas, que corresponde a un segmento del lado Este del Sinclinal de La Loma.

Se pudo constatar que el dominio absoluto de esta parte del Sinclinal el basculamiento que sufre este con La Falla normal El Tigre en este lado de la estructura y el sistema de Fallas inversas en la parte más Oeste del Sinclinal de La Loma, definiendo como se mostró en el análisis cualitativo de las líneas sísmicas que los buzamientos de la litología en este lado del Sinclinal tienden a suavizarse algo que es el reflejo de la magnitud o intensidad en los fenómenos tectonoestratigraficos de la zona.

El método de correlación enmarca un proceso consecuente e importante en la estructuración de un modelo geológico, para este caso en la zona de estudio el modelo es consecuente con lo interpretado en las líneas sísmicas, tanto estructural como estratigráficamente, la determinación de la disposición y ocurrencia de los mantos de carbón es factor significativo para la etapa de explotación.

## CONCLUSIONES

La correlación de los mantos de carbón en el sector Las Cuevas, por medio de sondeos geoelectricos, sirvió para elaborar el modelo estratigráfico del depósito carbonífero en esta zona, de la secuencia cortada por las perforaciones hechas en esta área; este estudio inicialmente muestra un sector bastante prospero y apto para la explotación minera de carbón, teniendo en cuenta y no dejando en el entrever que las actividades exploratorias hasta el momento no son suficientes, y en lugar de emprender una actividad de explotación más intensa se puede llagar a encontrar un deposito carbonífero en el área del sector Las Cuevas, con fructíferos resultados en cuanto se refiere a reservas de carbón económicamente explotables.

La realización del inventario de los mantos de carbón, muestra claramente las características físicas de estos y como resultado importante un número significativo de mantos con espesores sustanciales para la explotación y con buzamientos intermedios, algo que es muy trascendente a la hora de tomar una decisión para emprender una etapa pre-explotación o desistir la búsqueda geológica en el área.

Se identificaron un numero de 15 mantos de carbón en total alguno de ellos en pozos aparecen como cintas intercaladas esto es reflejo de la inclinación del pozo, sumado con el grado de buzamiento local. La inclinación de los buzamientos se hacen mayor a medida que se avanza hacia el Este, estos es consecuente con lo analizado en los trazos de las líneas sísmicas, La Falla El tigre que es de tipo

normal con su bloque Este subiendo y su lado Oeste bajando, condiciona este depósito y esta parte del sinclinal de La Loma que es la parte Este, a medida que el bloque Oeste de esta Falla baja los mantos sufrirán un efecto inclinándose y plegándose cada vez mas.

Con los pozos GAR-13 y GAR-14 hechos en el bloque Este de La Falla El Tigre, se constato, igual que con el análisis de la línea sísmica LL-00-08 que por el levantamiento de este bloque en El Sector Las Cuevas, la secuencia productora de carbón se encuentra ausente en este lado de la superficie de estudio, ausencia causada por la erosión en esta parte del bloque techo, encontrando nada mas el miembro inferior de La Formación Cuervos. Se pudo verificar en el corte trasversal que este depósito está sometido a esfuerzos compresivos en dirección trasversal al eje del Sinclinal de La Loma.

Se recomienda realizar más perforación en El Sector Las Cuevas agrandando la malla de perforación hacia la parte oeste de las perforaciones existentes, ya que por efectos de comparación se verifico que la secuencia cortada por la malla de perforación, fue la parte inferior del miembro medio de La formación Cuervos actualmente explotada en el Pit de La Mina El Hatillo, hacer un reproceso de las líneas sísmicas útiles para resolver la complejidad de la geología estructural en El Sector Las Cuevas.

## BIBLIOGRAFIA

ARIAS, A., MORALES, C. J., Mapa geológico generalizado del Departamento del Cesar, memoria explicativa. INGEOMINAS. Santa Fe de Bogotá, noviembre de 1999.

BASE DE DATOS., C.I. CARBONES DEL CARIBE. Mina El Hatillo, 2008 La Loma de Calenturas, Cesar.

EMCARBON S.A. INFORME FINAL MINA EL HATILLO. 2004.

FOLK, R. L., Petrology of sedimentary rocks. 1980 Austin, Texas.

GOMEZ, M. H., Estudio geológico del área de La Loma-La Jagua y alrededores para factibilidad de una central termoeléctrica de 500 M.W., primer informe de progreso, fase II. Bogotá, D.C., 1982.

HERNANDEZ, M., Geología de la plancha 48 de La Jagua de Ibirico. INGEOMINAS. Bogotá, D.C., 2003.

MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA., INGEOMINAS, Instituto Colombiano de Geología y Minería. Primera edición, 2006.

SERRA, O. ANÁLISIS DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS MEDIANTE PERFILES DE POZO. SCHLUMBERGER. Traducido al español.

SHERIFF, R. E., GELDART, L. P., Exploración Sismológica, volumen II. 1991 México, D.F.

TSCHANZ, CH., JIMENTO, A, CRUZ, J., y OTROS., 1969. Mapa Geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Escala 1:200.000. INGEOMINAS. Informe interno 1829, tomos I y II. Bogotá, D.C.

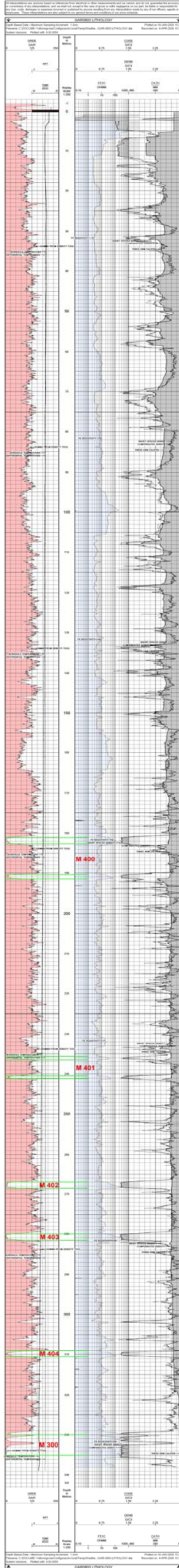
TOUSSAINT, J. F., Evolución Geológica de Colombia. 1993 Medellín, Colombia.

VERA TORRES, Juan A. ESTRATIGRAFIA PRINCIPIOS Y METODOS. Editorial Rueda, S. L., Madrid, 1994.

# ANEXOS

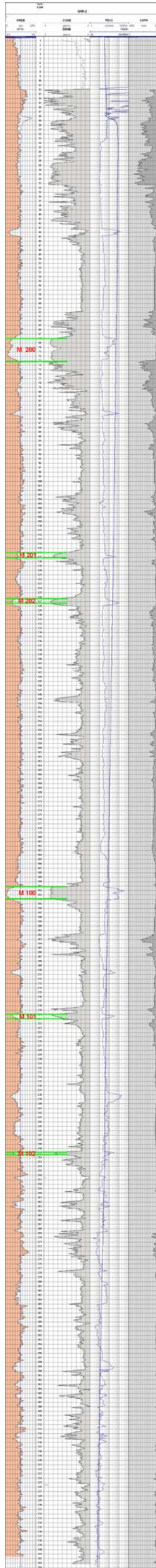
## ANEXO. A

### GAR-1



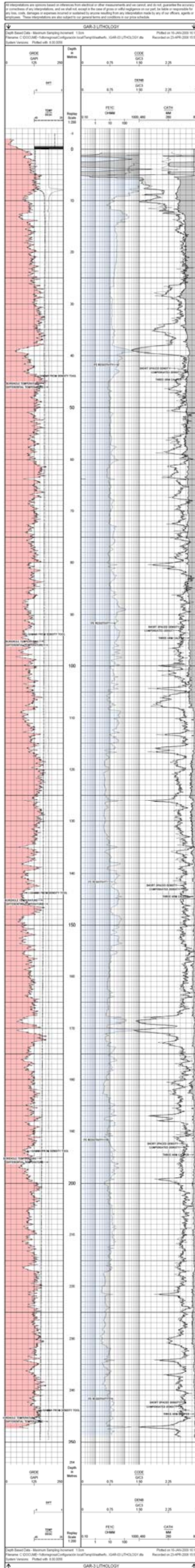
ANEXO. B

GAR-2



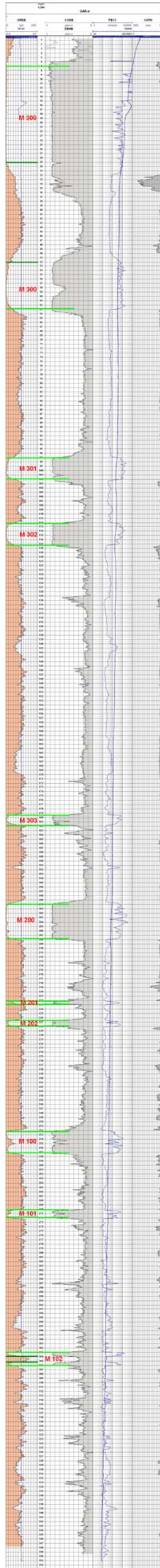
# ANEXO. C

## GAR-3



ANEXO. D

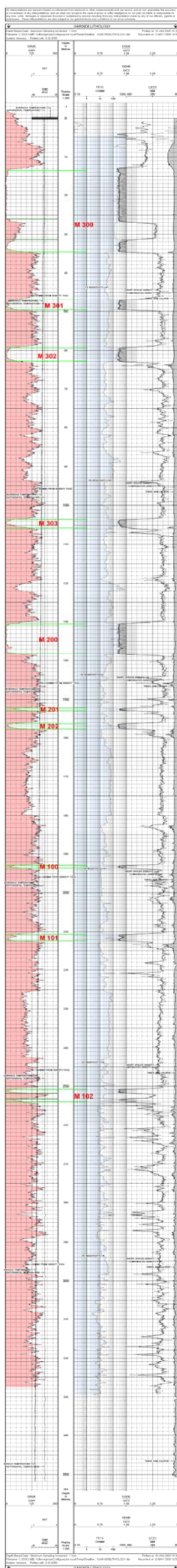
GAR-4





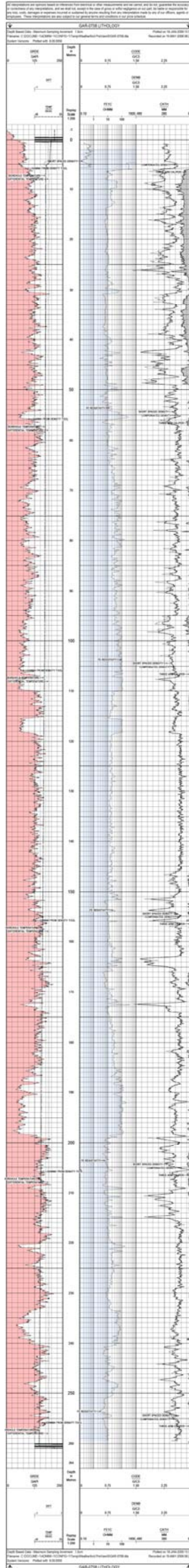
ANEXO. F

GAR-6



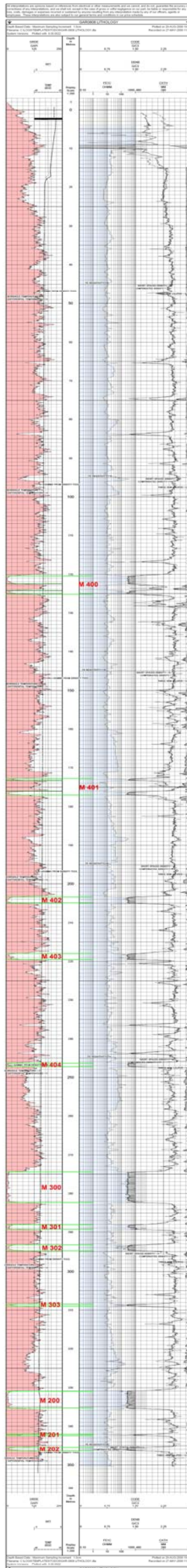
# ANEXO. G

## GAR-7



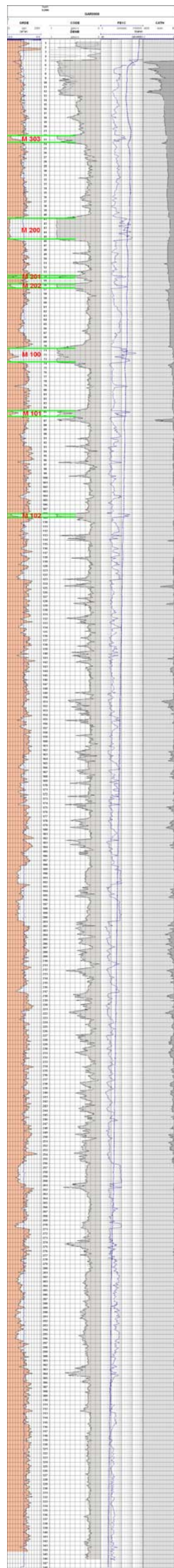
# ANEXO. H

## GAR-8



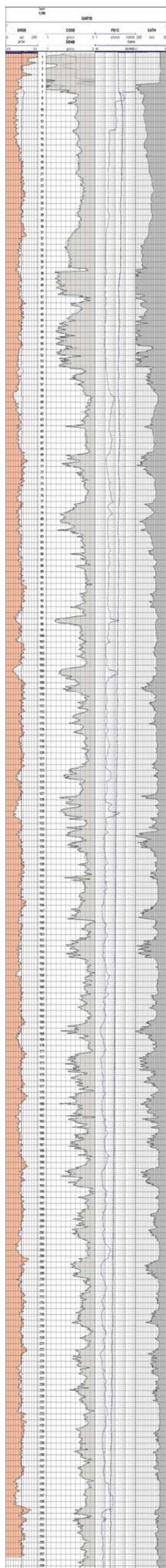
ANEXO. I

GAR-9



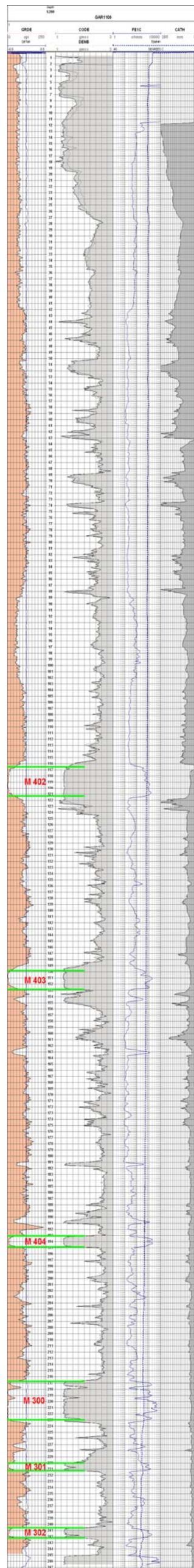
ANEXO. J

GAR-10



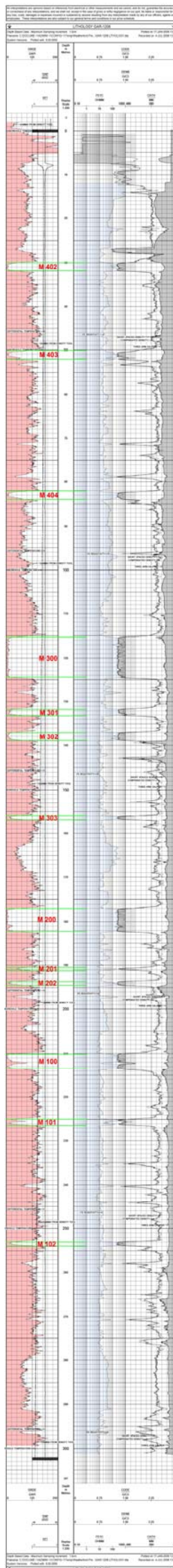
# ANEXO. K

## GAR-11



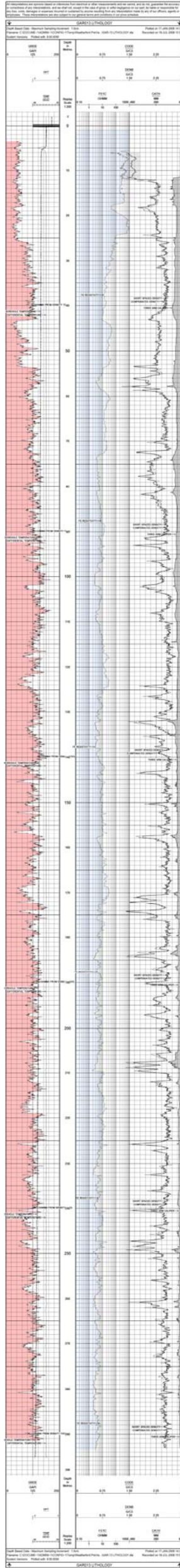
# ANEXO. L

## GAR-12



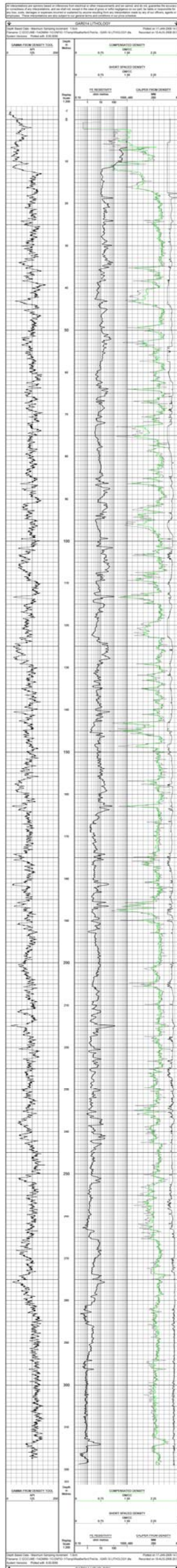
ANEXO. M

GAR-13

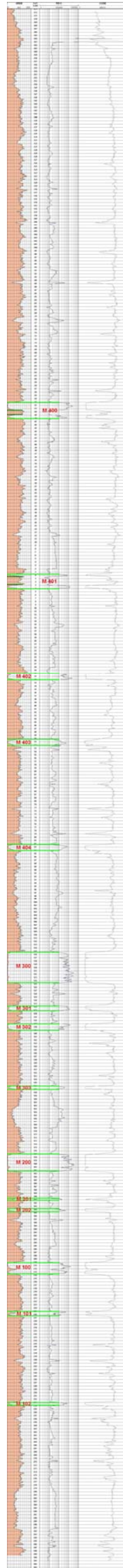


ANEXO. N

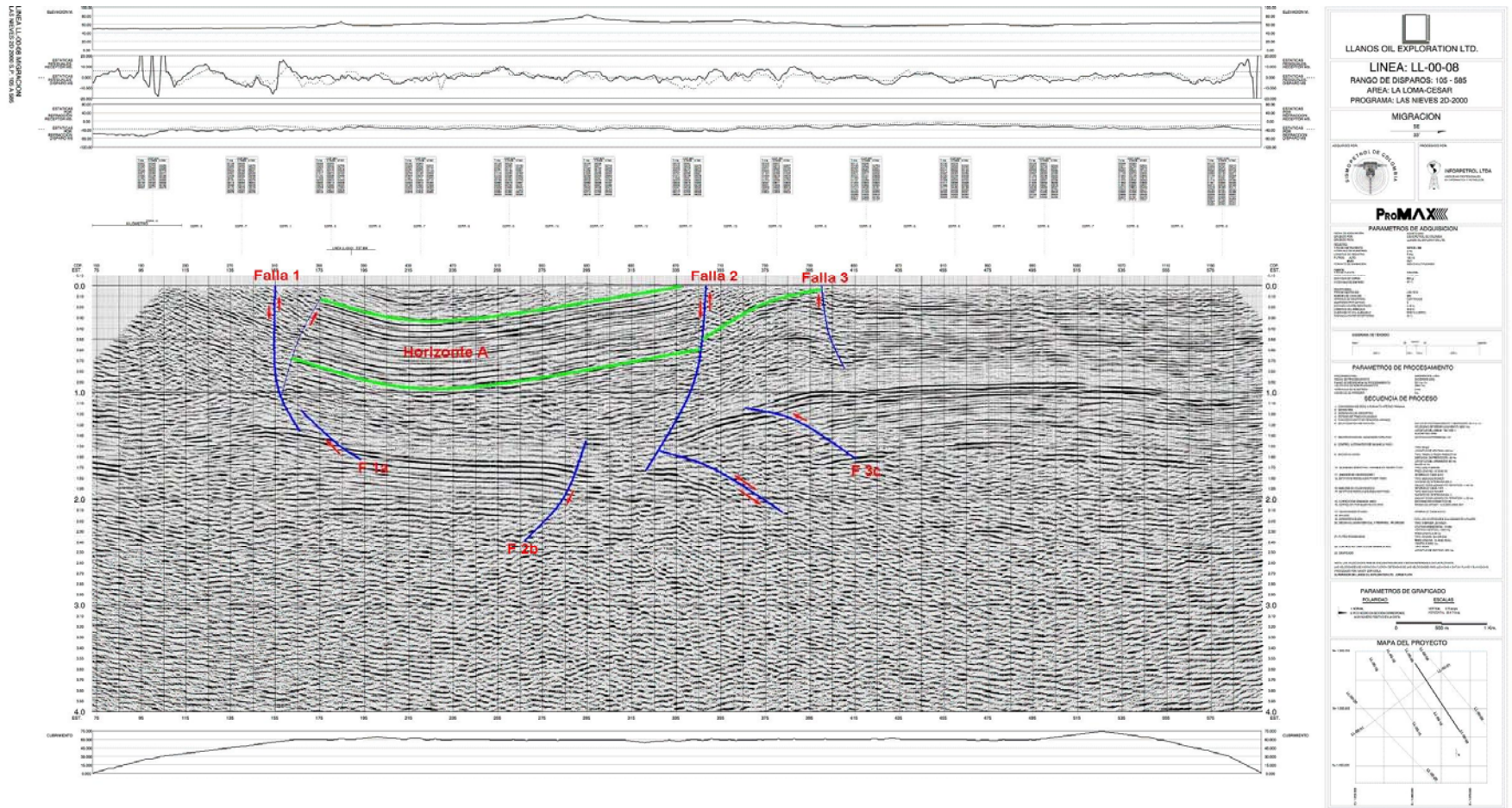
GAR-14



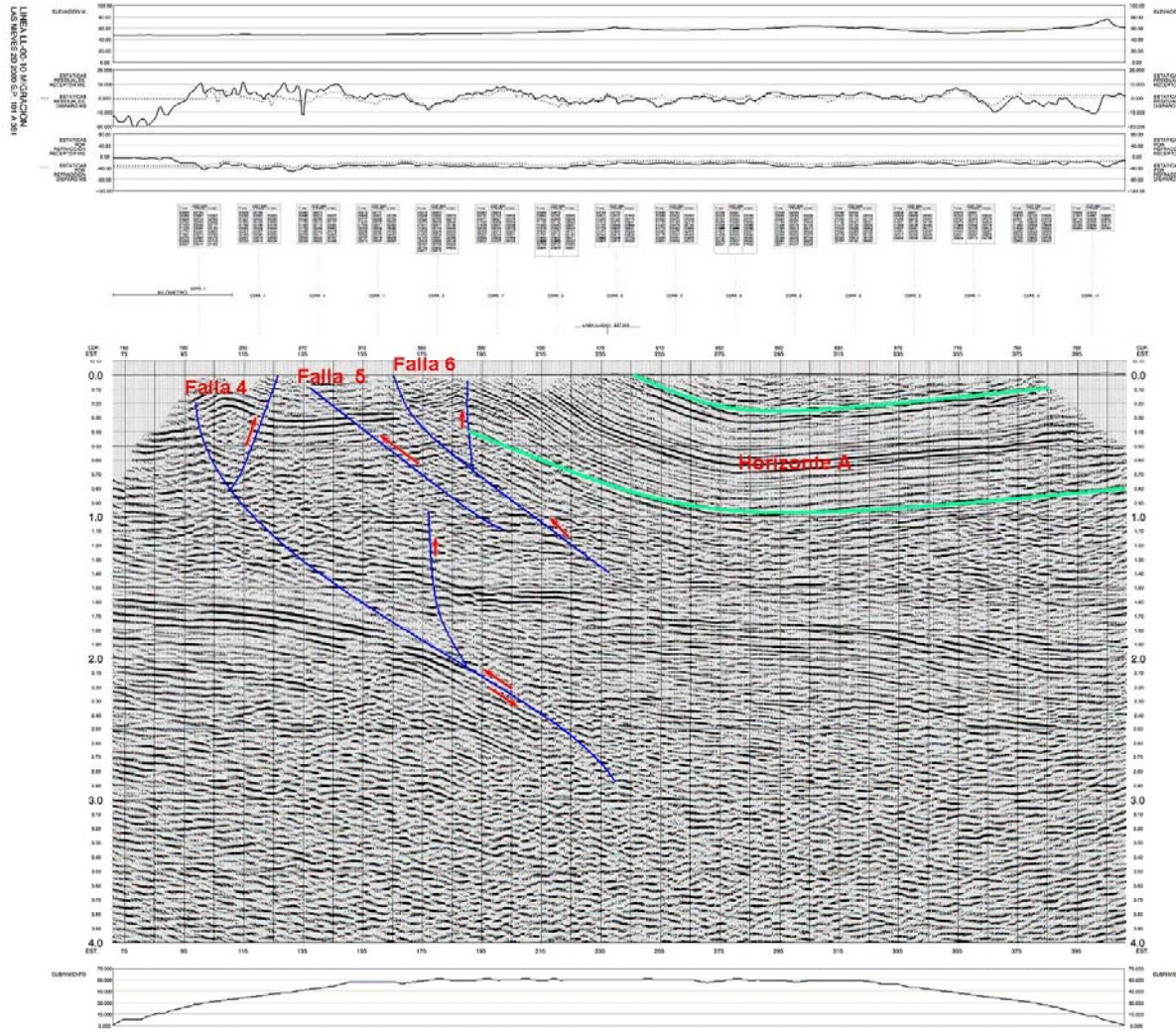
ANEXO. O  
COLUMNA ELECTROESTRATIGRAFICA



# ANEXO P. LL-00-08



# ANEXO. Q. LL-00-10



LLANOS OIL EXPLORATION LTD.

**LINEA: LL-00-10**  
 RANGO DE DISPAROS: 101 - 381  
 AREA: LA LOMA-CESAR  
 PROGRAMA: LAS NIEVES 2D-2000

MIGRACION

SE  
 SW

MINISTERIO DE ORO  
 PIPORPETROL LTD.

**PROMAX**  
 PARAMETROS DE ADQUISICION

PARAMETROS DE PROCESAMIENTO

SECUENCIA DE PROCESO

PARAMETROS DE GRAFICADO

MAPA DEL PROYECTO