

**EXPLORACIÓN DE CARBONES EN LA FORMACIÓN LOS CUERVOS EN LOS
MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SURORIENTE DEL
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

ADRIANA MERCEDES MORENO CHACÓN

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

2011

**EXPLORACIÓN DE CARBONES EN LA FORMACIÓN LOS CUERVOS EN LOS
MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SURORIENTE DEL
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

ADRIANA MERCEDES MORENO CHACÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar título Geóloga

Director

RICARDO MIER UMAÑA

GEÓLOGO

Codirector

NOEL ALIRIO TÉLLEZ IRREÑO

GEÓLOGO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FÍSICO-QUÍMICAS

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA

A mi mamá por ser la luz que guía mi existencia, la persona que más amo y quiero en este mundo, a mis hermanos Nadia, Diego y Andrés, a mi sobrina Tatis que es una personita muy especial para mí, a mi papá, a Jorge que ha sido una gran compañía en mi vida y ahora es un gran amigo muy valioso, del cual he aprendido muchas cosas buenas y malas, a mis amigas Nata, Isa, Gloris, Andru. A mi nonita que me acompaña desde el cielo, y a mis pocos compañeros de la U que también han dejado su huella en mí Julie, Heydy, A mi tía teresa moreno que siempre ha confiado en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la vida por darme la oportunidad de estudiar, a Dios por guiarme y protegerme siempre, a mis hermanos que me ayudaron durante mi carrera.

A los profesores de que con sus enseñanzas cultivaron mi amor a la geología.

A don Noel que ha sido un maestro una guía.

A la empresa INGEANDINA S.A por darme la oportunidad de dar a conocer mis aptitudes y por confiar en mi potencial como profesional y como persona.

A mis familiares y amigos que siempre han estado conmigo.

GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES	17
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo General	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
1.2 LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	18
1.3 HIDROGRAFIA	23
1.4 FISIOGRAFIA	25
1.5 CLIMA Y VEGETACIÓN	27
1.5.1 Clima	27
1.5.1.1 Temperatura	27
1.5.1.2 Precipitación	27
1.5.2 Vegetación	27
1.6 METODOLOGIA	28
1.7 ESTUDIOS ANTERIORES	31
2. GEOLOGIA	33
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	33
2.2 ESTRATIGRAFIA	35
2.2.1 Formación Barco (Pgb)	36
2.2.2 Formación Los Cuervos (Pglc)	36
2.2.3 Formación Mirador (Pgm)	37
2.2.4 Formación Carbonera (Pgc)	38
2.2.5 Depósitos Cuaternarios (Qd)	38

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	39
2.3.1 Estructuras	39
2.3.1.1 Sinclinal La Camacha	39
2.3.1.2 Monoclinal Páramo Tamá	40
2.3.4 Fallas	40
2.3.4.1 Falla El Trapiche.	40
2.3.4.2 Falla Samaria	40
2.3.4.3 Falla de la Quebrada Agua Blanca	41
3. GEOLOGÍA LOCAL	42
3.1 GEOMORFOLOGÍA	42
3.1.1 Zona el Cedral-tierra amarilla (parte baja) GI7-131 Z2	45
3.1.2 Zona Samaria GI7-131 Z2	46
3.1.3 Zona Páramo Tamá GI7-131 Z2	47
3.1.4 Zona Tierra Amarilla-Alto Del Pesebre GI7-131 Z3	49
3.1.5 Zona La Siberia GI7-131 Z4	49
3.2 ESTRATIGRAFÍA	53
3.2.1 Formación Los Cuervos (Pglc)	53
3.2.2 Formación Mirador (Pgm)	56
3.2.3 Formación Carbonera (Pgc)	57
3.3 CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS	58
3.3.1 Sector El Cedral-Tierra Amarilla	60
3.3.1.1 Características de los mantos	65
3.3.2 Sector La Samaria	67
3.3.2.1 Características generales de los respaldos de los mantos.	72
3.3.3 Sector La Siberia	75
3.3.3.1 Características generales de los respaldos	79
4. CÁLCULO DE RECURSOS	82

5. CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema generalizado de la concesión GI7-131.	19
Figura 2. Divisiones del área de la concesión GI7-131.	20
Figura 3. Vías de acceso de la zona GI7-131 zona 4.	23
Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología	29
Figura 5. Ubicación Regional del área trabajada	33
Figura 6. Esquema de provincias tectonoestratigráficas	34
Figura 7. Columna generalizada de las formaciones aflorantes en el área de estudio	35
Figura 8. Aspectos geomorfológicos de la zona El Cedral.	45
Figura 9. Geomorfología flanco E Sinclinal La Camacha.	46
Figura 10. Coluvión de la vereda La Samaria, margen derecho de la quebrada homónima.	47
Figura 11. Superficie estructural del Páramo Tamá.	47
Figura 12. Vista panorámica Páramo Tamá junto con sus aspectos geomorfológicos.	48
Figura 13. Bloques de areniscas localizados hacia la margen izquierda de la quebrada La Samaria.	49
Figura 14. Aspectos geomorfológicos de la vereda La Siberia.	50
Figura 15. Deslizamientos	51
Figura 16. Aspectos geomorfológicos del área explorada, foto tomada desde Páramo La Cabrera.	52
Figura 17. Mapa geológico del polígono GI7-131.	54
Figura 18. Vista panorámica del sector El Cedral flanco W del Sinclinal la Camacha.	57

Figura 19. Vista panorámica del sector La Samaria flanco E del Sinclinal la Camacha.	57
Figura 20. Corte A-A´, entre la Samaria y Páramo Tamá.	60
Figura 21. Mapa de localización de las correlaciones estratigráficas sector El Cedral-Tierra Amarilla.	63
Figura 22. Correlaciones estratigráficas sector El Cedral-Tierra Amarilla.	64
Figura 23. Mapa de localización de la correlación del sector La Samaria.	70
Figura 24. Correlaciones estratigráficas sector La Samaria.	71
Figura 25. Corte B-B´ entre la vereda El Cedral y La Samaria.	74
Figura 26. Mapa de correlaciones sector La Siberia; GI7-131 Z4.	77
Figura 27. Correlaciones estratigráficas sector La Samaria.	78
Figura 28. Corte geológico C-C´ en el sector La Siberia.	81
Figura 29. Sectores Carboníferos del polígono GI7-131.	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coordenadas del polígono de la zona 2 (Z2).	21
Tabla 2 Coordenadas del polígono de la zona 3 (Z3).	21
Tabla 3 Coordenadas del polígono de la Zona 4 (Z4).	22
Tabla 4. Características macroscópicas de los macerales de carbones.	30
Tabla 5. Índices de inclinación de la ladera	43
Tabla 6. Formas de ladera.	43
Tabla 7. Longitud de la ladera.	44
Tabla 8. Zonas Exploradas del polígono GI7-131.	44
Tabla 9. Sitios donde se realizaron levantamientos estratigráficos.	59
Tabla 10. Características generales de los respaldos de cada manto.	65
Tabla 11. Características generales de los respaldos de los mantos en la vereda La Samaria.	72
Tabla 12. Características generales de los respaldos de los mantos sector La Siberia.	79
Tabla 13. Cuantificación de recursos del polígono GI7-131.	84

RESUMEN

TÍTULO: EXPLORACIÓN DE CARBONES EN LA FORMACIÓN LOS CUERVOS EN LOS MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SURORIENTE DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

AUTOR: ADRIANA MERCEDES MORENO CHACÓN**

PALABRAS CLAVES:

Formación Los Cuervos, Correlaciones Estratigráficas, Carbón, Norte de Santander.

DESCRIPCIÓN:

El título de concesión GI7-131 se encuentra ubicado al sureste del Departamento de Norte de Santander dentro de los municipios de Toledo y Herrán, cerca al límite fronterizo con la República de Venezuela. Geológicamente sobre la cuenca del Catatumbo, donde afloran rocas de edad cenozoica; entre éstas la Formación Los Cuervos, siendo la que contiene los mantos de carbón de interés económico.

El desarrollo del proyecto de exploración se ha llevado a cabo por medio del desarrollo de geología de superficie, realizando cartografía geológica a escala 1:25000 de las Formaciones Mirador, Los Cuervos, Carbonera y material no diferenciado como depósitos coluviales del Cuaternario.

En la formación Los Cuervos se elaboraron columnas estratigráficas a escala 1:100, que junto con el análisis e interpretación de la información se efectuaron las correlaciones estratigráficas, las cuales se plasmaron en mapas a escala 1:10000 ampliado partir de la base 1:25000 del IGAC, permitiendo determinar tres sectores carboníferos principales en las que afloran en total 11 mantos de carbón, con espesores entre 0.6 y 2.10 m, los mantos se localizaron en diversos puntos a lo largo del área del polígono, lo que ha permitido concluir su continuidad lateral y estratigráfica.

Los mantos de carbón del polígono GI7-131 se encuentran afectados por fallas como la Samaria, El Trapiche y Aguablanca que los desplazan e interrumpen su continuidad, afectando negativamente el depósito de carbón.

Se calcularon los recursos indicados dando como resultado 60.307.107 t.

* Trabajo de Grado. Modalidad Práctica Empresarial. INGEANDINA S.A.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Geología. Director: Ricardo Mier Umaña (UIS) y Noel Alirio Téllez Irreño (INGEANDINA).

ABSTRACT

TITLE: COALS EXPLORATIONS IN THE LOS CUERVOS FORMATION IN THE TOLEDO AND HERRAN MUNICIPALITIES, SECTOR NORTHEASTERN DEPARTMENT NORTE DE SANTANDER.*

AUTHOR: ADRIANA MERCEDES MORENO CHACÓN**

KEYWORDS: Los Cuervos Formation, Stratigraphic correlations, coal, Norte de Santander.

DESCRIPTION:

The franchise GI7-131 is located southeast of the Department of North Santander within the municipalities of Toledo and Herrán, near the border with the Republic of Venezuela. Geologically on the basin of the Catatumbo, where surface rocks of Cenozoic age; among these Los Cuervos Formation, being the containing coal beds of economic interest.

The development of exploration project has been carried out through the development of surface geology, carrying cartography geological at scale 1:25000 of Mirador, Los Cuervos, Carbonera formations and undifferentiated material as Quaternary coluvial deposits.

Los Cuervos formation develop stratigraphic columns at scale 1:100m, which together with the analysis and interpretation of information stratigraphic correlations were translated into expanded at scale 1:10000, scale maps from the IGAC 1:25000 base, allow to identify three mains areas where outcrop eleven coals beds, with thickness between 0.6 and 2.10 m, the coal layer were located at various points along the area of the polygon, making possible to infer its lateral and stratigraphic continuity.

The area of the polygon GI7-131 coal layers are affected by faults such as the Samaria, El Trapiche and Aguablanca, that displace them and interrupt its continuity, negatively affecting the coal deposit.

Indicated resources were calculated, resulting 60.307.107 t.

* Trabajo de Grado. Modalidad Práctica Empresarial. INGEANDINA S.A.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Geología. Director: Ricardo Mier Umaña (UIS) y Noel Alirio Téllez Irreño (INGEANDINA).

INTRODUCCIÓN

El carbón es el recurso mineral que más ha generado expectativas en la primera década de este siglo, con reservas probadas en más de 50 países del mundo, para el caso colombiano, cuenta con 7000mt aproximadamente de reservas medidas lo que lo convierte en el país latinoamericano con mayor cantidad de recursos y reservas.

En Norte de Santander el área específica al borde de los límites de Venezuela, municipios como Zulia, Tazajero y Toledo se destacan por sus reservas cercanas a los 68mt en carbones bituminosos de contenido medios y altos volátiles y coquizables en su gran mayoría (Ingeominas, UPME 2010). Por lo tanto es importante elaborar estudios actualizados de prospección geológica para determinar las verdaderas reservas y su posible explotación.

Es aquí donde la empresa INGEANDINA S.A. ofrece estudios de diseño, planificación, consultoría, interventoría, estructuración, promoción y operación de proyectos de obras mineras, a través de la cual se desempeña la labor del presente trabajo. El área estudiada se encuentra comprendida geográficamente entre las poblaciones de Toledo y Herrán al sureste del departamento de Norte de Santander enmarcada dentro del contrato de concesión GI7-131 de 3603m², regionalmente ocupa parte de las planchas 111-I-B, 111-II-C y 111-I-D, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Tiene como sus objetivos la elaboración de mapas a escala 1:10000 ampliado a partir de la escala 1:25000, detallando las trazas de los niveles de carbón, la búsqueda, correlación, descripción de los mantos de carbón y cuantificación de los recursos.

Siendo la correlación estratigráfica el objetivo principal del presente trabajo, ya que a partir de ella se pueden establecer parámetros de reconocimiento de los mantos de carbón y ubicar el depósito mineral dentro del sector.

La información geológica básica adquirida sirve como referencia para la elaboración del informe final de exploración, que será la de base para el planeamiento minero teniendo en cuenta los términos solicitados por la autoridad minera.

El presente trabajo se realiza como requisito final para obtener el título de Geóloga, además de que es de gran interés para la empresa INGEANDINA S.A, quien cubre la totalidad de los costos y hará uso directo de esta información.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Identificar, localizar y correlacionar los mantos de carbón dentro de la formación Los Cuervos, en el sector suroriente del departamento Norte de Santander correspondiente al área de 3603m² que abarca los municipios de Toledo y Herrán, del contrato de concesión GI7-131.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar la cartografía geológica de los mantos de carbón a escala 1:10000, ampliado a partir de las planchas 111-I-B, 111-II-C, 111-I-D del IGAC a escala 1:25000.
- Determinar los sectores carboníferos del polígono GI7-131.
- Elaboración de mapas geológicos incluyendo los mantos de carbón y cortes geológicos.
- Cuantificar los recursos de carbón, utilizando el sistema de clasificación establecido por ECOCARBON (1995) y complementada por INGEOMINAS (2010).

1.2 LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

El área se localiza en el vértice formado por la cordillera oriental que continúa en dirección NW y el ramal de la cordillera de Mérida en dirección NE en Venezuela (Royero, J., 2001), al sureste del Departamento de Norte de Santander cerca al límite fronterizo con la República de Venezuela, dentro de los territorios de los municipios de Toledo y Herrán. Según la división político administrativa del municipio de Toledo el área está dentro de la zona de la vereda Samaria en su mayor parte y la vereda El Cedral y Tierra Amarilla, dentro del territorio de Herrán corresponde a la vereda Siberia (Ver figura 1).

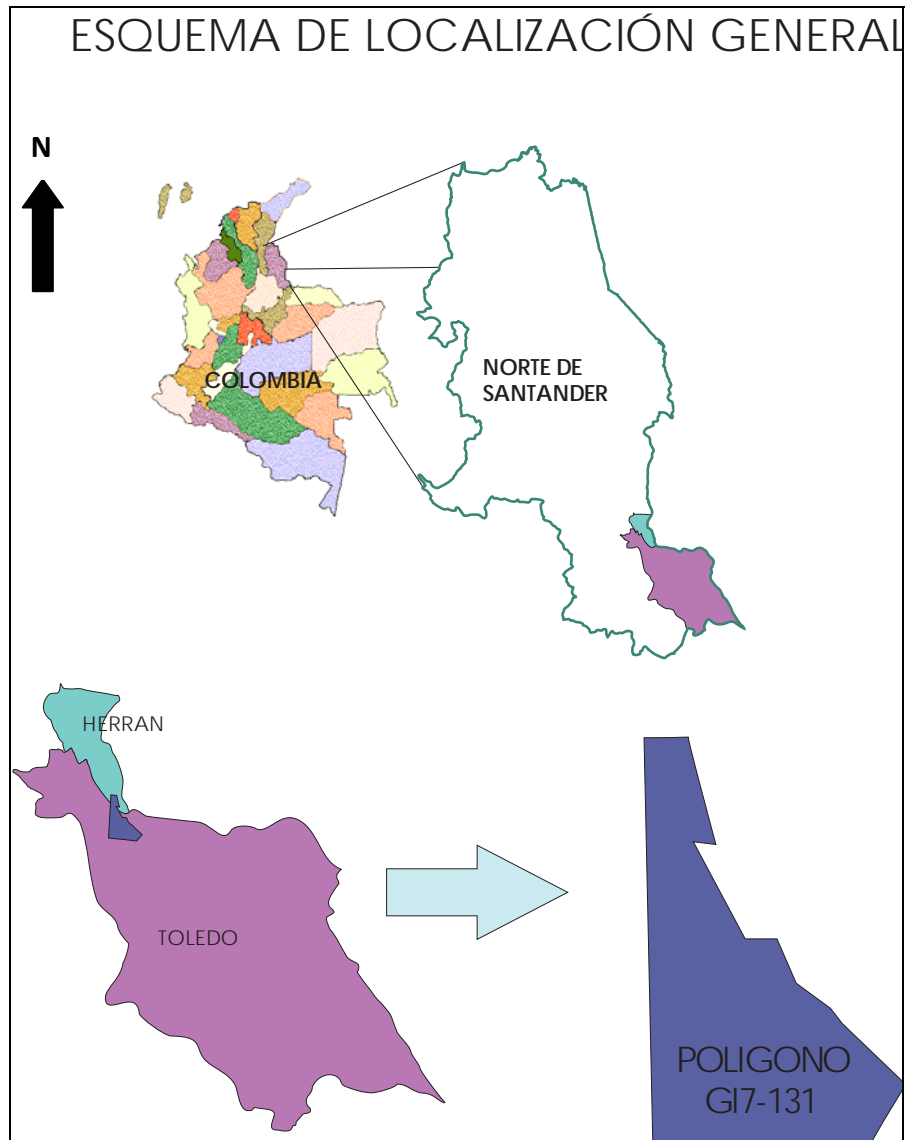
La extensión del área es de 3603m², la cual ha sido dividida en cuatro zonas (Z1, Z2, Z3 y Z4), la Z1 se cedió, quedando tres zonas para el trabajo de exploración, comprende parcialmente áreas de las planchas 111-I-B, 111-II-C y 111-I-D del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (ver figura 2), las coordenadas del polígono se muestran a continuación en las tablas 1, 2 y 3.

La zona 2 corresponde a tierras de las veredas El Cedral y Samaria, dentro de la segunda el área estudiada comprende dos sectores: sobre la margen derecha de la quebrada homónima y margen izquierdo de la misma conocido como páramo Tamá, localizada al sureste de la concesión.

La zona 3 comprende territorio de la vereda Tierra Amarilla y el Alto del Pesebre, localizada en la parte central de la concesión.

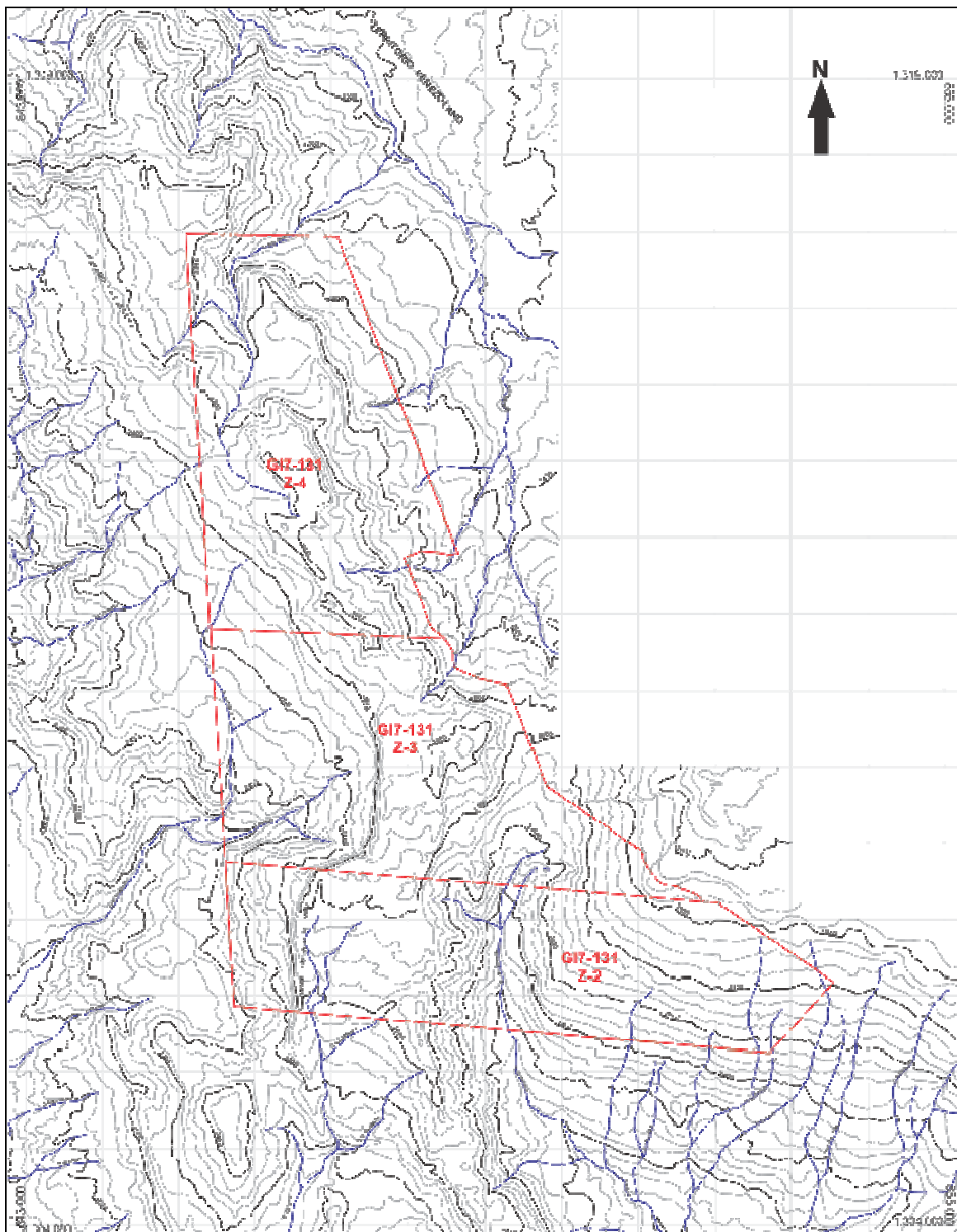
La zona 4 hace parte de la vereda la Siberia perteneciente al municipio de Herrán, ubicada hacia la region norte de la concesión.

Figura 1. Esquema generalizado de la concesión GI7-131.



Tomado y Modificado de Google Maps

Figura 2. Divisiones del área de la concesión GI7-131.



Tomado y modificado de INGEANDINA S.A (2011).

Tabla 1 Coordenadas del polígono de la zona 2 (Z2).

Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,34	845.083,50
2B	1.308.746,96	845.610,49
2	1.306.848	845.732
7 ^a	1.306.238,74	852.750,52
8	1.307.177	853.564
9	1.308.206	852.052
10	1.308.212	851.904
Área	1.388 ha, 1.209 m²	

Tomado de INGEANDINA S.A. (2011).

Tabla 2 Coordenadas del polígono de la zona 3 (Z3).

Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,74	845.083,50
2 ^a	1.311.809,05	845.414,55
2B	1.308.746,96	845.610,49
10	1.308.212	851.904
11	1.308.326	851.747
12	1.308.417	851.541
13	1.308.452	851.336
14	1.308.604	851.173
15	1.308.773	851.072
16	1.308.880	851.064
17	1.309.733	849.810
18	1.311.065	849.305
19	1.311.065	849.255
20	1.311.148	848.910
21	1.311.303	848.592
22	1.311.496	848.603
23	1.311.673	848.501
Área	1.388 ha. 1.343 m²	

Tomado de INGEANDINA S.A. (2011).

Tabla 3 Coordenadas del polígono de la Zona 4 (Z4).

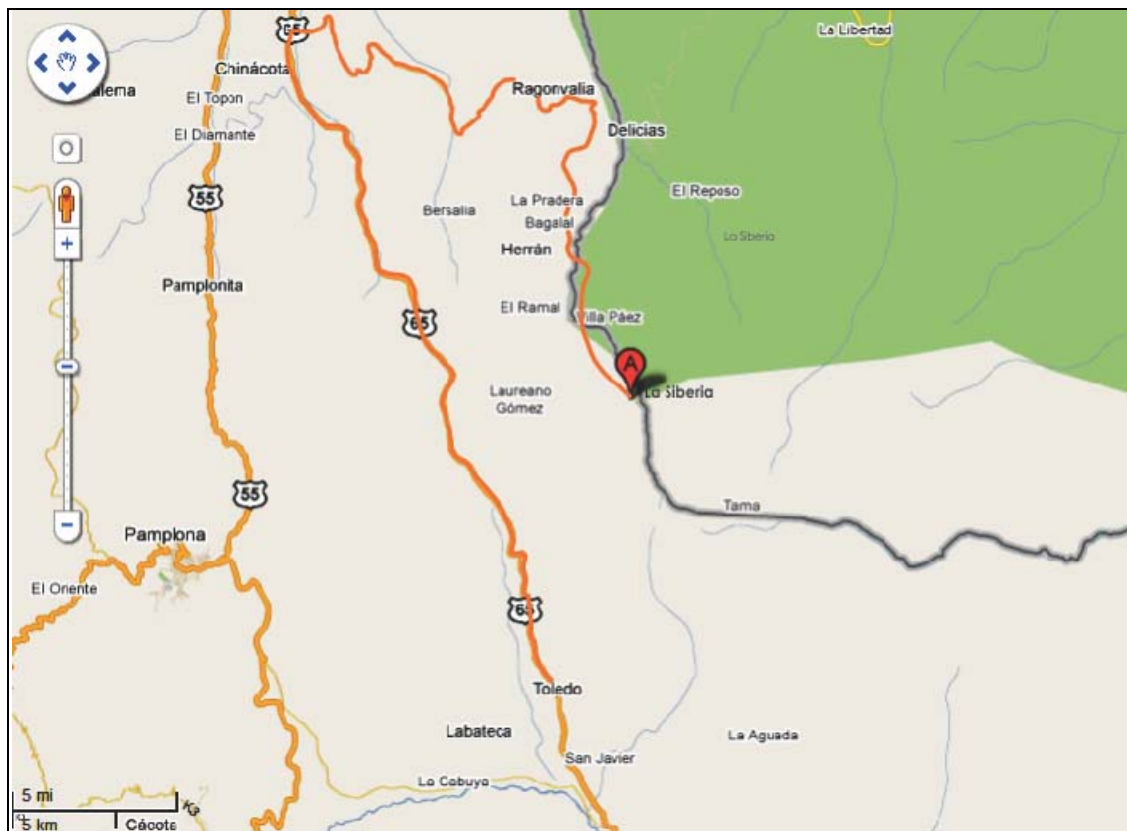
Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,34	845.083,50
1	1.316.975	845.084
2 ^a	1.311.809,05	845.414,55
23	1.311.673	848.501
24	1.311.813	848.310
25	1.312.003	848.243
26	1.312.200	848.185
27	1.312.390	848.082
28	1.312.737	847.955
29	1.312.798,83	848.162,88
30	1.312.794.17	848.372,69
31	1.312.744.98	848.559,44
32	1.312.782,24	848.642,43
33	1.316.870,04	847.048.66
Área	1.388ha. 1.051m²	

Tomado de INGEANDINA S.A. (2011).

Para acceder a la zona norte de la concesión (Z4) que hace parte del municipio de Herrán existe un carretable Toledo-Chinácota-Ragonvalia, hasta llegar al municipio de Herrán, donde se prosigue por una vía que conduce a la escuela La Siberia localizada a 10 Km aproximadamente (Ver figura 3).

La zonas sur y central Z2 y Z3 no posee carretables, para acceder a las veredas El Cedral y Tierra Amarilla (Z2 y Z3 parte occidental) la vía más próxima es la de Toledo-Chinácota donde hacia el kilómetro 10 parte un camino de herradura el cual lleva a la vereda, que es quizás el sitio más próximo a la zona de concesión. Hacia el sector suroriente en la vereda La Samaria se toma la carretera Toledo-Berchite hasta el punto conocido como La Línea, desde donde sigue un camino de herradura que lleva a la escuela La Samaria la cual está ubicada a 1.5 Km aproximadamente al sur del polígono de la concesión.

Figura 3. Vías de acceso de la zona GI7-131 zona 4.



Modificado de Google Maps

1.3 HIDROGRAFIA

Los drenajes que hacen parte del área de concesión, pertenecen a una red que regionalmente alimenta dos cuencas: la del río Táchira y la del río Arauca, las cuales a su vez alimentan las cuencas del Maracaibo y Orinoco respectivamente.

El área norte del polígono de la concesión pertenece a la cuenca del río Táchira, y la conforman afluentes como las quebradas Orocué, Colorada, Agua Blanca y otras sin denominación, las cuales drenan la parte más septentrional.

La Quebrada Agua Blanca: está localizada en la zona cuatro del polígono en el extremo norte, cuyo nacimiento se encuentra dentro de la concesión, abarca gran parte de esta zona con una extensión de 6 km aproximadamente.

La Quebrada Colorada: se encuentra ubicada al noreste de la zona 4, su extensión en el polígono es de 500 metros aproximadamente, cuyo nacimiento se halla dentro del mismo.

La Quebrada Orocué: en el extremo sur oriental de la zona cuatro nace este afluente del río Táchira, cubriendo una longitud cerca de 900 metros dentro de la concesión.

Al occidente la concesión está drenada por las quebradas Lagunera, El Trapiche, Chiquita y La Legía, todas afluentes del río Culagá, el cual alimenta aguas del río Chitagá que desemboca en el río Arauca.

La Quebrada El Trapiche: nace en el suroeste de la zona 4 y se extiende hasta el extremo sur oeste de la zona 3, con una longitud aproximada de 4 km dentro del polígono, presenta afluentes como la quebrada Piletas cuya longitud es de 1.5 km y va en dirección W-E.

La Quebrada Lejía: se encuentra localizada al suroccidente de la zona 2, con una longitud aproximada de 1,2 km dentro del polígono, cuyo nacimiento se halla en el mismo sector, presenta varios afluentes entre ellos la quebrada El Remanso y otros sin denominación que se localizan fuera del área del polígono.

En el sector sur-oriente del polígono en concesión. El área está drenada por la quebrada Samaria y afluentes de ésta como las quebradas Las Lajas, El Cerezo, El Hatico y otras sin denominación, siendo la quebrada Samaria afluente del río

Bochagá, el cual vierte sus aguas en el Chitagá que a su vez desemboca en el Margua para finalmente alimentar las aguas del río Arauca.

La Quebrada Samaria: nace dentro de la concesión y la parte en dos sectores importantes constituyéndose en el caudal principal de esta zona, esta confluyen las corrientes de este sector, abarca una extensión de 2 km aproximadamente dentro del mismo.

Los afluentes que drenan la concesión son de orden menor, si se exceptúa la quebrada Samaria los drenajes son de orden uno es decir son quebradas sin tributarios y se encuentran en sus propias cabeceras. Las escorrentías forman una red hidrográfica paralela a subparalela, característico en pendientes moderadas a altas, en caudales cortos y por control estructural o topográfico.

1.4 FISIOGRAFIA

El área presenta alturas entre 2200 y 3100 m.s.n.m. con manifiesto de morfologías de escarpes, laderas estructurales, suaves colinas, crestas, filos y valles. Los relieves abruptos están controlados por formaciones más competentes como la formación Mirador, mientras que los relieves suaves por las formaciones Los Cuervos, Carbonera y el depósito Cuaternario.

Dentro de los aspectos tectónicos el área hace parte del Sinclinal La Camacha que va desde el suroeste hasta la parte norte de la concesión, la superficie monoclinial que cubre el suroriente de la concesión, fallas de tipo regional como la falla El Trapiche que va desde el sur occidente al noroccidente del polígono, la falla Samaria o Cordillera Santa Isabel que abarca desde el suroriente hasta el norte donde se une con la falla El Trapiche y algunas fallas transversales como la falla Quebrada Agua Blanca en el extremo norte.

Se diferencian relieves de montaña alto, medio, cuesta y de valles.

Relieve de Montaña alto: con altitud mayor a 2500m, desarrollo de pendientes fuertes entre 50-75%, caracterizada por zonas fuertemente escarpadas (Ordoñez, M y Briones, M, 2004), dentro de esta división se encuentra la Loma Peña del Venado la cual presenta un escarpe sub vertical y crestas sin denominación.

Relieve de Montaña medio: con altitudes entre 1300 y 2500m, pendientes entre 35-50%, zonas moderadamente escarpadas, con vegetación densa y morfología variada como agente modelador presenta erosión fluvial, es una zona de transición entre montañas altas y baja escarpadas (Ordoñez, M y Briones, M, 2004), rasgo característico de la mayoría de la fisiografía del área.

Relieve de cuesta: paisaje monoclinal formado por sedimentos suavemente plegados, que se caracteriza por una ladera estructural con buzamientos entre 10° y 25° , lo cual le otorga una mayor estabilidad al paisaje y a sus suelos por la menor incidencia de los procesos erosivos (Villota, H, 1991). A esta unidad pertenece la estructura monoclinal del Páramo Tamá caracterizado por la ladera estructural con pendiente uniforme, la cual es de origen denudacional-estructural (Villota, H, 1991); localizada en el extremo suroriental del polígono.

Relieve de Valles: depresión alargada de origen erosivo, debida a las aguas de un río o arroyo, en su corte transversal puede tener forma de artesa, U o V según los materiales (Tejada, G, 1994). En el área explorada se presenta valles en forma de V.

1.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

1.5.1 Clima

El clima es el estudio estadístico de la interacción sistemática de los elementos temperatura, presión, vientos, humedad, etc., y factores atmosféricos como latitud, altitud, relieve, etc., en una región de la superficie terrestre, considerando una escala de tiempo suficiente para observar y medir su comportamiento medio, así como sus variaciones externas (Romero, et al., 2000).

1.5.1.1 Temperatura. Según los pisos térmicos los sectores que van desde 2200 a 3000 m de altura pertenecen a un clima frío con temperaturas medias anuales entre 12 y 18⁰C, y la correspondientes a superiores de 3000 m y menores de 3800 m hace parte de un clima de páramo con temperaturas entre 12⁰C y 6⁰C (Feo, J, 2005); En la zona las alturas sobre el nivel del mar varían desde 2200 a 3200 m.s.n.m.

1.5.1.2 Precipitación. El régimen pluviométrico varía entre 1200 a 2500 mm que es el régimen del parque Tamá y corresponde a las elevaciones entre 2200 y 2800 m.s.n.m. Los meses de menor precipitación son de enero a abril y septiembre a diciembre, los de mayor precipitación son de mayo a agosto.

1.5.2 Vegetación

En el área de la concesión existen tres tipos de cobertura vegetal: pastos, bosques y páramo.

Bosques subandinos: se ubican a una altitud entre 1900 y 2700 metros, zona de transición entre las especies de la selva andina y alto andina, las especies más características son las lauráceas, musgos, hepáticas, líquenes y helechos,

orquídeas, bromeliáceas y ericáceas (Restrepo, A, 2005); dentro del área se encuentran ubicados en la parte norte de la vereda Siberia, así como en la vereda El Cedral y Samaria al margen derecho e izquierdo de la quebrada homónima.

Páramos: los páramos son formaciones vegetales abiertas, sin árboles, se caracterizan por la presencia de pajonales de gramíneas, arbustillos enanos y plantas arrosetadas (Restrepo, A, 2005); Dentro del polígono estudiado se localizan al oriente de la concesión en el páramo Tamá y en la región más norte de la vereda Siberia.

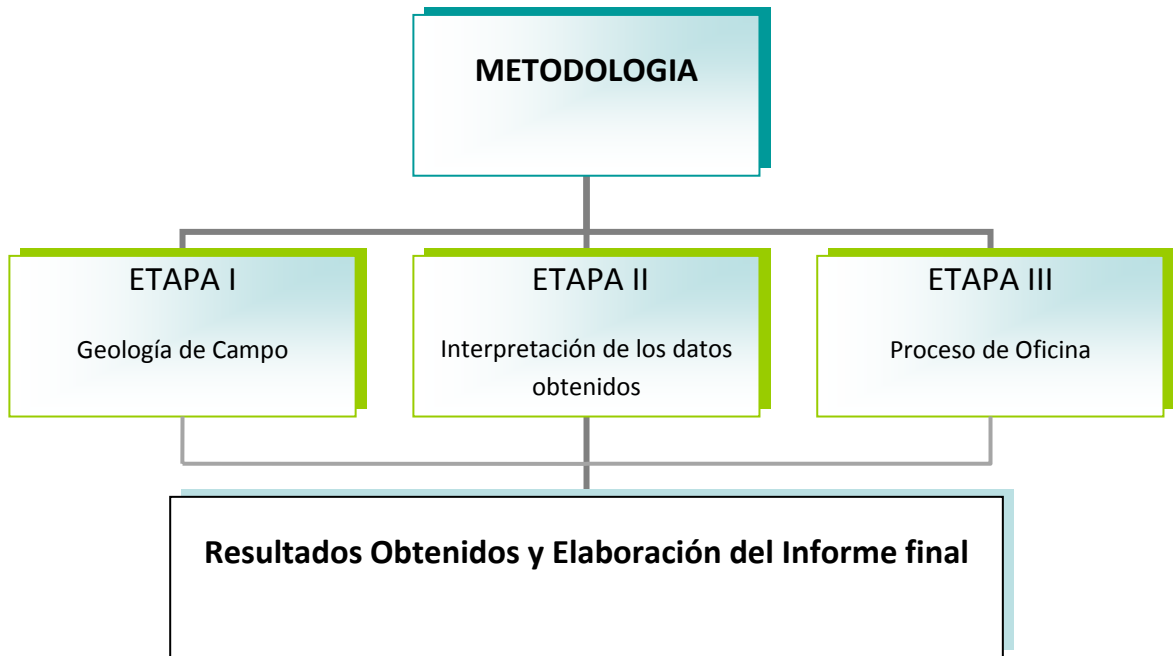
Pastos con rastros: Comprende áreas con cobertura de pastos mezclados con rastrojo, que se pueden observar sobre la parte más baja de la vertiente occidental del área en la cuenca de la quebrada El Trapiche y en la parte baja de la quebrada La Samaria.

Pastizal: Se caracteriza por presentar una altura de 10 a 15 cm, un solo estrato herbáceo con una cobertura del suelo del 100% y una disposición horizontal cerrada, las especies dominantes pertenecen a la familia Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae (Audesirk, T, 2004), en el área explorada este tipo de vegetación está localizado en la zona alta que hace parte del Páramo Tamá.

1.6 METODOLOGIA

Para llevar a cabo los objetivos propuestos en el presente proyecto se contó con el desarrollo de tres etapas fundamentales que permitieron la ejecución de las diferentes actividades de las cuales se obtuvo los resultados preliminares y finales, a continuación se muestra la distribución de flujo de trabajo en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología



Fuente el autor.

ETAPA I: Geología de campo

Se realiza salidas de 15 días donde se hace uso de mapas a escala 1:25000, junto con el material necesario que requiere el trabajo, las zonas exploradas son: GI7-131 Z2 que corresponde a parte de las veredas El Cedral y Tierra Amarilla al occidente de la concesión, vereda La Samaria y Páramo Tamá localizadas hacia los márgenes derecho e izquierdo de la quebrada La Samaria respectivamente, al oriente de la concesión, la segunda zona explorada es GI7-131 Z4 de la vereda La Siberia al norte de la concesión, los trabajos exploratorios en la zona GI7-131 Z3 son pocos debido a las vías de acceso y la inhabitabilidad de la misma.

En general se trabajaron cinco regiones: El Cedral, Tierra Amarilla, Samaria, Páramo Tamá y La Siberia, donde se realizaron trayectos perpendiculares a las estructuras, a través de las escorrentías, carreteables, caminos reales y trochas realizadas por personal de la zona, haciendo controles estructurales, identificando las diferentes litologías, drenajes, cambios de pendientes, cambios

geomorfológicos, fallas, etc., por medio de estaciones de campo donde se registra datos de rumbo y buzamiento, tipos de roca, descripción general del afloramiento, se realizaron columnas estratigráficas parciales y registro fotográfico.

Para la identificación de los carbones se emplea la clasificación macroscópica según sus características macroscópicas de los macerales de acuerdo a la clasificación utilizada para los carbones australianos (ver tabla 4).

Se describieron las características del carbón, su espesor, rumbo, buzamiento, localización con GPS, descripción de respaldos, intercalaciones y características físicas.

Las columnas estratigráficas se levantan a escala 1:100 con el objeto de describir y correlacionar los mantos de carbón, de tal manera que permita tener una evaluación integral de los carbones de la zona.

Tabla 4. Características macroscópicas de los macerales de carbones.

DIVISIÓN	CLASIFICACIÓN UTILIZADA POR LOS CARBONES AUSTRALIANOS	DESCRIPCION
Vitreno	Carbón Brillante	Brillo vítreo a sub-vítreo, fractura concoidal, (10% de constituyentes opacos).
Clareno	Carbón Bandeado Brillante	Carbón brillante predominante con algunas bandas de carbón opaco (10-40% de carbón opaco)
	Carbón Bandeado	Bandas de carbón brillante y opaco en igual proporción (40-50% de carbón opaco)
	Carbón Bandeado Opaco	Carbón con predominio de las bandas opacas, presentan algunas delgadas bandas de carbones brillantes (10-40%) y de carbón brillante.
Dureno	Carbón Opaco	Brillo mate, fractura irregular (10% de constituyentes brillantes).
Fuseno	Carbón Fibroso	Brillo graso, muy friable y tiñe los dedos.

Guillermo B, 2008.

Toda la información colectada en campo se dispone en un mapa general el cual lleva todos los puntos de control resultantes de la exploración en los diferentes sitios incluyendo los mantos descubiertos, fallas, estructuras y litologías.

ETAPA II: Interpretación de datos obtenidos

Se efectúa una evaluación y selección de la información recogida en campo, donde se realiza un informe integrado de ésta, el cual permite tener los datos de una manera más coherente.

A partir de las características individuales de cada manto, junto con las columnas y posición en el mapa, se efectúa las correlaciones estratigráficas de los mantos de carbón en cada área, las cuales permitieron determinar parámetros de reconocimiento de los mantos y ubicar el depósito mineral en el sector.

ETAPA III: Proceso de oficina

Esta etapa consiste en la elaboración de informes preliminares, se digitalizan las columnas estratigráficas de cada sector explorado, digitalización de mapas a escala 1:10000, ampliado a partir de las planchas utilizadas a escala 1:25000 donde se ubican las trazas de los niveles de los mantos de carbón, además se realiza el mapa geológico a escala 1:25000 junto con los cortes geológicos, luego se realiza el proceso de redacción para la elaboración del informe final.

1.7 ESTUDIOS ANTERIORES

Los estudios realizados en la plancha 111 de Toledo son relativamente escasos están relacionados a estudios locales y regionales sobre la cartografía geológica; es así como a continuación se describen del más antiguo al más reciente los trabajos relacionados.

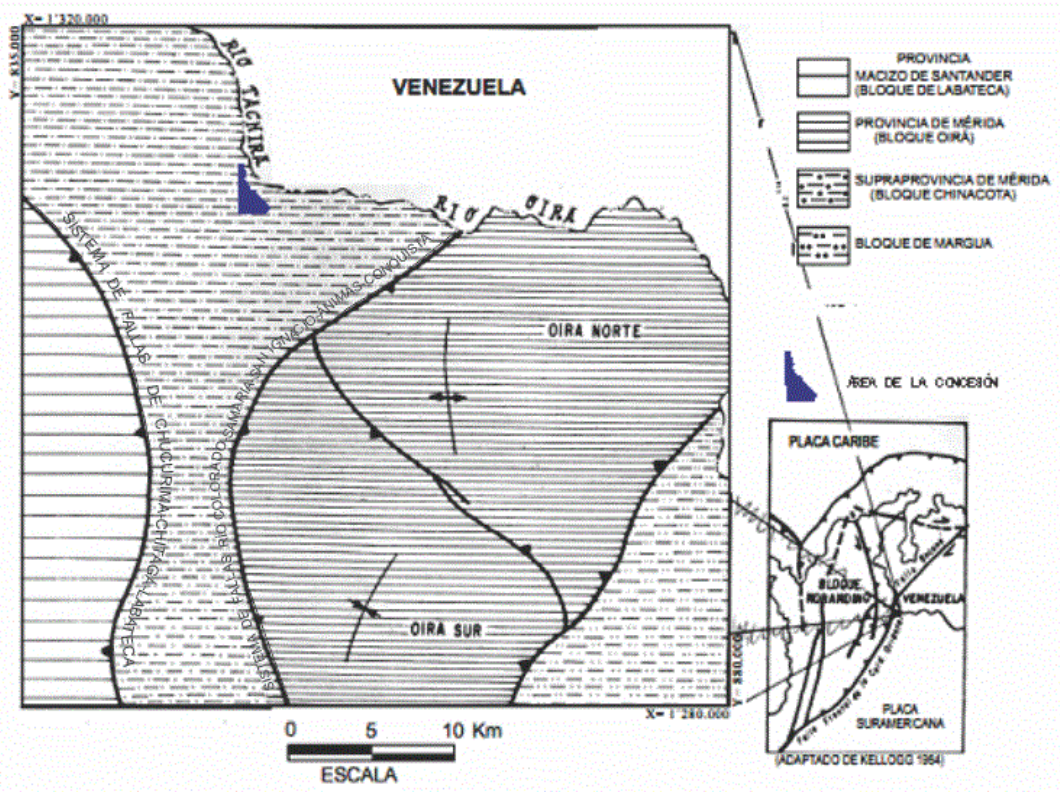
Mapa geológico de la Plancha 111 de Toledo, escala 1:100.000 publicado por el INGEOMINAS 1999, elaborado por ROYERO, J et al, donde se muestra la cartografía, estructuras de manera regional, la memoria explicativa del INGEOMINAS 2001, elaborada por ROYERO, J et al, constituye la fuente de mayor interés ya que sintetiza toda la información de trabajos anteriormente existentes como los de Trumphy 1943 Precretaceo de Colombia donde da a conocer una sucesión sedimentaria aflorante al oeste de Labateca, de 2400 m de espesor, con edad del Devónico al Carbonífero, Aya 1972 describe una sucesión estratigráfica aflorante en la quebrada La Balsa, Carrillo 1972 realiza censo de minas de carbón de Norte de Santander, proporciona información de las minas Carbonera, Venagá y Alto de Buenavista existentes en el municipio de Toledo, Ward et al 1973, informe del cuadrángulo H-12 de Bucaramanga y H-13 Pamplona, describen las unidades litológicas que se presentan en la plancha 111 y dan pautas sobre la evolución del Macizo de Santander, Téllez y Mejía 1980 al efectuar la cartografía geológica regional de partes de la plancha 111, presentan interpretaciones con base en trabajos fotogeológicos, Salina y Daconte 1982 levantamiento de la cartografía geológica de la plancha 122 Río Cubugón, estudian la sucesión estratigráfica que corresponde a la prolongación norte de la unidades de la plancha 111 y Boinet et al 1982 presentan estudio de evolución tectónico estructural de la región de Pamplona y Labateca.

El Carbón Colombiano publicado por el INGEOMINAS 2004 documento el cual expone información sobre el estado de los carbones colombianos, a partir de una visión del recurso carbonífero de Colombia por zonas, áreas y sectores, incluyendo el desarrollo de la industria en todas sus etapas, desde la exploración, explotación infraestructura de transporte y embarque, aspectos ambientales y sociales.

Según la memoria explicativa de la plancha 111 de Toledo, el área se sitúa al oriente y próxima del límite oriental de una miniplaca tectónica, dinámicamente compleja, llamada Bloque Norandino y Placa Suramericana (Kellogg, 1985; Durham, 1985 y Boinet 1985).

De acuerdo a la división tectonoestratigráfica establecida por ROYERO, J, et al (2001), para la plancha en mención, la zona se enmarca dentro del Bloque Chinácota, el cual está afectado por las fallas inversas de dirección NNE a NNW y se encuentra limitado al oeste por el sistema de fallas de Chucurima-Chitagá-Labateca. El bloque consta de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas, con un estilo estructural de plegamientos y fallamientos en bloques menores (Figura 6).

Figura 6. Esquema de provincias tectonoestratigráficas

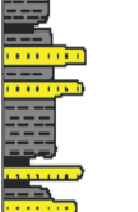
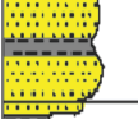
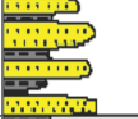



Modificado de la plancha 111-Toledo (ROYERO, J, et al 2001).

2.2 ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía está constituida por rocas sedimentarias cenozoicas denominadas como formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera, siendo la formación Los Cuervos la que contiene los mantos de carbón. Las formaciones se denominan con la nomenclatura de la cuenca del Catatumbo (figura 7).

Figura 7. Columna generalizada de las formaciones aflorantes en el área de estudio

EDAD		M.a.	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN	AMBIENTE DE DEPÓSITO
CENOZOICO	OLIGOCENO	30	Carbonera (Pgc)		410 a 560 m	Areniscas de grano muy fino y limolita gris clara a gris verdosa, con cintas de carbón hacia la base.	Transicional deltaico
		40					
	EOCENO	50	Mirador (Pgm)		256 m	Areniscas blancas, cuarzosas de grano medio a grueso, mal cementadas, hacia la base hay areniscas de grano medio con niveles de limolitas grises.	Transicional
		PALEOCENO	60	Los Cuervos (Pglc)		340 m	Areniscas de grano fino gris a gris verdosa intercalada con limolitas y arcillolita gris verdosa. Areniscas de grano muy fino y arcillolitas intercaladas con limolitas gris claro a gris oscuro y mantos de carbón.
	60		Barco (Pgc)		225 m	Areniscas cuarzosas blancas a crema claro, grano medio, bien cementadas, intercalada con areniscas ligeramente conglomeráticas.	deltaico subcontinental

Modificado de ARIAS Y CARDONA, 2001.

De la más antigua a la más reciente siguiendo la nomenclatura utilizada por Royero et al (2001) se describen las formaciones que afloran en esta área: Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera, por fuera de éstas se definen los depósitos Cuaternarios indiferenciados, principalmente de origen coluvial. Los coluviones

son generados por desprendimientos de la formación Mirador, cubriendo parte de la formación Los Cuervos (figura 7).

2.2.1 Formación Barco (Pgb)

Definida por Notestein et al (1944), establecen la sección tipo en el anticlinal de Petrólea, donde consta de 215m de espesor de areniscas cuarcíticas y delgadas intercalaciones de lodolitas. Según estudios palinológicos de Van der Hammen (1958) le asigna una edad del Paleoceno inferior.

En la plancha 111 Toledo, la región centro-occidental, al oriente de la falla Labateca, la formación barco está constituida por areniscas de cuarzo grises a gris amarillentas, bien calibradas, de grano medio, grueso a ligeramente conglomeráticas, en capas planas entre 0.5 y 5 m de espesor, con estratificación delgada. Hacia el techo se presentan arenas arcillosas de grano fino a medio, en capas de 15 a 30 cm, con delgadas intercalaciones de lodolitas grises a negras, laminación paralela y subparalela, con restos carbonosos. Hacia la base de la unidad la estratificación se hace más delgada y el grano más fino, en el tope también las capas son menos espesas y las intercalaciones de lodolitas y de areniscas de grano fino son más abundantes. El ambiente de depositación varía de fluvial a deltaico subcontinental. Los contactos inferior con la formación Colón-Mitú Juan y superior con la formación Mirador son concordantes, el espesor de la unidad es de 225m (Royero et al 2001).

2.2.2 Formación Los Cuervos (Pglc)

Definida por Notestein et al (1944) en la Concesión Barco para denominar una alternancia de arcillolitas y lodolitas, capas de areniscas y carbón, su edad establecida por Van der Hammen (1958) del Paleoceno-Eoceno inferior.

En el área de la plancha 111 la formación está constituida en la parte inferior por una sucesión de lodolitas grises, muy carbonosas con delgadas intercalaciones de areniscas gris a gris clara, en el nivel medio está compuesta por arenas lodolitas grises amarillentas, cuarzosas de grano fino con intercalaciones de lodolitas carbonosas y capas de carbón entre 0.20 a 1.50 m de espesor, la parte superior consta de lodolitas grises, ligeramente micáceas, con fragmentos carbonosos y óxidos de hierro. El ambiente de depositación es transicional deltaico. Presenta un contacto inferior concordante y neto con la formación Barco, su contacto superior es aparentemente concordante con la formación Mirador, con un espesor aproximado de 340m (Royero et al 2001).

2.2.3 Formación Mirador (Pgm)

Definida por Notestein et al (1994), en la Concesión Barco donde la unidad está constituida por areniscas con intercalaciones de lutitas carbonosas, su edad estimada con base en estudios palinológicos efectuados por Van der Hammen (1958) es del Eoceno inferior a medio.

En la plancha 111, está constituida en su parte inferior por areniscas de cuarzo, blancas, gris clara a blanco amarillentas, de grano medio a grueso y en parte conglomeráticas, separadas por niveles de lodolitas grises carbonosas, en la parte media alta se presenta un nivel de lodolitas grises con algunas intercalaciones de areniscas de cuarzo, de grano fino, la parte superior consta de areniscas blancas de grano medio ligeramente conglomeráticas, feldespáticas y ferruginosas. El ambiente de depositación es transicional, que representa un posible delta. El espesor de esta unidad es de 256m, presenta aparentemente continuidad estratigráfica con la infrayacente formación Los Cuervos y suprayacente formación Carbonera (Royero et al 2001).

2.2.4 Formación Carbonera (Pgc)

Definida por Notestein et al (1944), en la quebrada Carbonera, afluente del río Zulia, en el flanco oriental del Anticlinal de Petrólea de la Concesión Barco, consiste en una secuencia de lodolitas grises a gris verdosas con intercalaciones de areniscas arcillosas, presenta capas de carbón en las partes inferior y superior. Con base en estudios palinológicos de gasterópodos y lamelibranquios Notestein (1944) le asigna edad del Eoceno superior a Oligoceno inferior.

En el área de la plancha 111 la formación está conformada por lodolitas grises, gris amarillentas a gris rojizas, micáceas, con nódulos ferruginosos aplanados en capas generalmente gruesas, las intercalaciones son de areniscas de cuarzo, blancas y grises, de grano fino y medio, ligeramente lodosas, micáceas, con óxidos de hierro, restos carbonosos e intraclastos de lodolitas en capas medianas y gruesas, en la parte inferior presenta capas de carbón entre 40 y 80 cm de espesor, esta unidad se depositó en un ambiente transicional (deltaico) sus contactos es aparentemente concordante con la formación Mirador mientras que su contacto superior no aflora en la plancha 111 (Royero et al 2001). Su espesor varía entre 410 y 560m (De Porta et al 1974).

2.2.5 Depósitos Cuaternarios (Qd)

En la plancha 111 se presentan pequeños sectores coluviales y de derrubios, los cuales están agrupados en la unidas cuaternaria más antigua, considerada de edad Pleistocénica.

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La tectónica del área está relacionada con fallas inversas de tipo regional como lo son la falla Samaria o Loma Cordillera-Santa Isabel, la falla El Trapiche y algunas fallas transversales como la falla Quebrada Aguablanca, hace parte de estructuras como el Sinclinal La Camacha y el monoclinial Páramo Tamá (ver mapa geológico figura 17).

En esta región el estilo estructural es de plegamiento y fallamiento, siendo la estructura más sobresaliente el Sinclinal La Camacha sus flancos E y W están afectados por las fallas de tipo regional inversa Samaria y El Trapiche respectivamente.

2.3.1 Estructuras

2.3.1.1 Sinclinal La Camacha. Se halla al oriente del Sinclinal Culagá, con el que limita por medio de la falla El Trapiche-Loma Buena Vista, de dirección aproximada norte-sur. Es una estructura alargada de 28 km de longitud, asimétrica, con su eje orientado norte-sur y desplazado por varias fallas transversales, se encuentra afectado por fallas de diferentes direcciones y sus flancos están limitados por las fallas El Trapiche-Loma Buenavista y Samaria-Loma Cordillera Santa Isabel, su núcleo lo conforma la formación Carbonera (Pgc), y sus flancos por las formaciones Mirador (Pgm) y Los Cuervos (Pglc) (Royero et al 2001).

En la zona explorada hacia el flanco W en la vereda El Cedral y Tierra Amarilla las capas presentan una inclinación promedio de 20° , en el flanco E en la vereda La Samaria las capas se encuentran más inclinadas y levantadas con respecto al otro flanco con buzamientos entre 35 y 50° , hacia el norte del polígono en la zona 4 (GI7-131 Z4) el sinclinal se cierra estrechamente deformado por la unión entre

las fallas Samaria, El Trapiche y la falla transversal Quebrada Agua Blanca, su eje cambia ligeramente de dirección al oriente justo sobre el área de interés. Esta estructura abarca gran parte del polígono en concesión explorado.

2.3.1.2 Monoclinal Páramo Tamá. Superficie estructural con inclinación hacia el suroeste con ángulos que van desde 25 a 40 grados, constituida por la formación los cuervos, localizado al margen izquierdo de la quebrada La Samaria al suroriente del polígono GI7-131.

2.3.4 Fallas

2.3.4.1 Falla El Trapiche. Falla inversa con dirección norte sur que va desde la quebrada Legía hasta la unión con la falla Samaria, esta falla pone en contacto sedimentos paleógenos de las formaciones Los Cuervos y Barco con rocas del cretácico superior como la formación Colón Mito Juan.

Esta falla en el área va desde el noroccidente hasta el borde suroccidente de la zona 3 (GI7-131 Z3), y se localiza en el flanco W del Sinclinal la Camacha, esta falla corta la formación Los Cuervos y afecta los mantos de carbón negativamente.

2.3.4.2 Falla Samaria. Se denomina también Cordillera Santa Isabel, es una falla inversa alto ángulo, se extiende 34 km en dirección SE-NW presenta una forma ondulada describiendo varias curvas, hacia el sur está desplazada por varias fallas de dirección SW-NE y se prolonga hasta encontrar la falla Quebrada Grande, presenta un movimiento lateral derecho, que desplaza las fallas Río Talco y Ánimas-La Conquista, , esta falla afecta rocas metamórficas precámbricas y sedimentarias cretácicas y cenozoicas (Royero et al 2001).

En el área se localiza en el flanco E del Sinclinal La Camacha, hacia el norte corta el Sinclinal donde se une con la falla El Trapiche al sur de la quebrada Agua Blanca la cual marca el límite norte de la concesión, esta falla va desde el suroriente hasta el norte del polígono en concesión.

2.3.4.3 Falla de la Quebrada Agua Blanca. Es una falla menor transversal, de dirección SW-NE que desplaza las fallas El Trapiche y Samaria antes de su convergencia, marca el curso de la quebrada Agua Blanca, limita el área de la concesión y la continuidad de los mantos de carbón hacia el norte.

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es una ciencia que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que influyen sobre esta y la modifican. Dentro de los procesos que originan las formas del terreno se hallan dos tipos exógenos y endógenos.

Las geoformas resultantes en el área, son producto de procesos exógenos de origen denudativo y agradacional. Siendo el primero el que afecta la totalidad de las rocas plegadas del área.

Las unidades geomorfológicas están definidas por medio de criterios morfogenéticos, morfométricos, morfográficos y morfoestructurales.

Morfogénesis: involucra los procesos que dieron origen a las geoformas endógenos y exógenos.

Morfografía: involucra aspectos relacionados con la geometría de las geoformas con adjetivos representativos por ejemplo: escarpes, superficie estructural, etc.

Morfometría: trata aspectos de las geoformas relacionados con la inclinación, forma, longitud (ver tablas 5, 6 y 7).

Morfoestructura o litología de la unidad: relaciona la litología con la respectiva topografía del terreno.

Tabla 5. Índices de inclinación de la ladera

Inclinación	Descripción
<5 ⁰	Plana o suavemente inclinada
6-10 ⁰	Inclinada
11-15 ⁰	Muy inclinada
16-20 ⁰	Abrupta
21-30 ⁰	Muy abrupta
31-45 ⁰	Escarpada
>45 ⁰	Muy escarpada

Tomado de Zuidam V et al., 1985 En: Ingeominas, 2005.

Tabla 6. Formas de ladera.

Clase	Características Material	Fenómenos De Remoción En Masa Asociados
RECTA	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento traslacional
CÓNCAVA	Material blando y disposición estructural no diferenciado	Deslizamiento rotacional
CONVEXA	Material blando y disposición estructural casi horizontal	Predomina meteorización y erosión. Pequeños movimientos rotacionales.
IRREGULAR O ESCALONADA	Material con resistencia variada y disposición estructural en contra de la pendiente	Caída de bloques. Erosión diferencial
COMPLEJA	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida	Deslizamientos complejos

Tomado de Zuidam V et al., 1985 En: Ingeominas, 2005.

Tabla 7. Longitud de la ladera.

Longitud En Metros	Descripción
< 50	Muy corta
50 – 250	Corta
250 – 500	Moderadamente larga
500 – 1.000	Larga
1.0 – 2.500	Muy larga
>2.500	Extremadamente larga

Tomado de Zuidam V et al., 1985 En: Ingeominas, 2005.

Dentro del área que hace parte del proyecto se identifican unidades de origen estructural-denudacional, agradacional, superficies estructurales, escarpes, colinas y laderas denudacionales.

A continuación se dan a conocer estos aspectos geomorfológicos de acuerdo a las zonas estudiadas del polígono GI7-131 (ver Tabla 8).

Tabla 8. Zonas Exploradas del polígono GI7-131.

Localización	Zona
El Cedral-Tierra Amarilla (parte baja).	Subzona 2, al occidente del polígono
Samaria	subzona 2, margen derecho de la quebrada Samaria
Páramo Tamá	subzona 2, margen izquierdo de la quebrada Samaria, al suroriente del polígono
Tierra Amarilla-Alto del pesebre	subzona 3, parte central del polígono
La Siberia	subzona 4, al norte del polígono

3.1.1 Zona el Cedral-tierra amarilla (parte baja) GI7-131 Z2

Esta zona se caracteriza por presentar un relieve montañoso y colinado estructural-plegado, son geoformas de origen denudativo con desarrollo de morfologías de laderas muy escarpada, muy inclinada y abrupta.

Escarpe: presenta ladera escarpada a muy escarpada, localizado en la Loma Peña del Venado, hacia el flanco W del Sinclinal La Camacha, está asociado a rocas competentes de la formación Mirador, se prolonga linealmente siguiendo un rumbo sinuoso, con una longitud aproximada de 3 km, sin ramificaciones laterales, con una dirección predominante N-S.

El desarrollo de laderas muy inclinadas a abruptas, convexas y largas, localizado en la parte baja de la Loma Peña del Venado, donde se alternan colinas y topografía suaves debido a la alternancia de materiales competentes e incompetentes, correspondientes a litologías de la formación Los Cuervos (ver figura 8).

Figura 8. Aspectos geomorfológicos de la zona El Cedral.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

3.1.2 Zona Samaria GI7-131 Z2

Se diferencian unidades de tipo montañoso colinado estructural conformado por laderas y colinas, y una reducida zona coluvial hacia el margen derecho de la quebrada La Samaria. En este sector las geoformas presentes son tipo denudativo y agradacional.

Montañas plegadas que conforman un relieve de crestas que se prolongan linealmente siguiendo la dirección del rumbo, presentan ladera irregular y muy abrupta, localizado en el flanco E del Sinclinal La Camacha, asociado a rocas competentes de la formación Mirador; y laderas muy inclinadas a abruptas, convexas, largas, asociado a litologías de la formación Los Cuervos. Este tipo de geoformas son de origen denudativo (Ver figura 9).

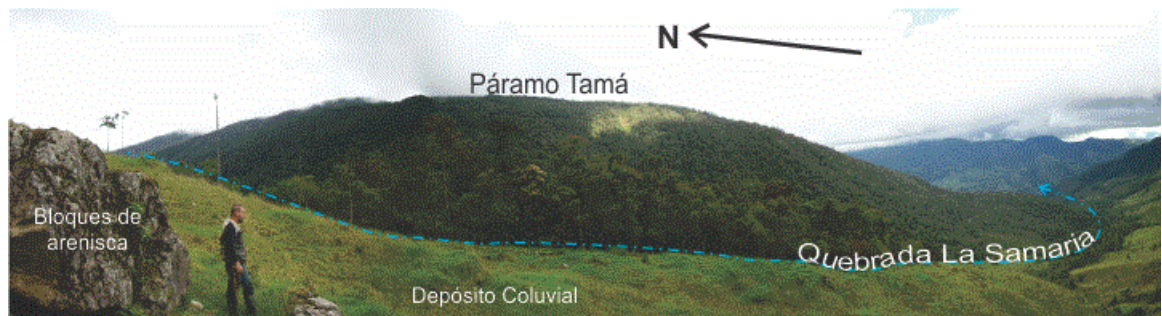
Figura 9. Geomorfología flanco E Sinclinal La Camacha.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Los procesos agradacionales dependen de la fuerza del desplazamiento de los materiales sólidos desprendidos por denudación de los relieves montañosos y del medio de transporte como el agua, el viento, etc., han formado coluviones cuyo agente de transporte es el agua, de material detrítico en el pie de las laderas, caracterizado por fragmentos de roca, angulosos, de areniscas blancas, principalmente de la formación Mirador, este tipo de geoforma cubre extensiones de la parte baja de la formación Los Cuervos (ver figura 10).

Figura 10. Coluvión de la vereda La Samaria, margen derecho de la quebrada homónima.



Fuente Fotografía tomada por el autor.

3.1.3 Zona Páramo Tamá GI7-131 Z2

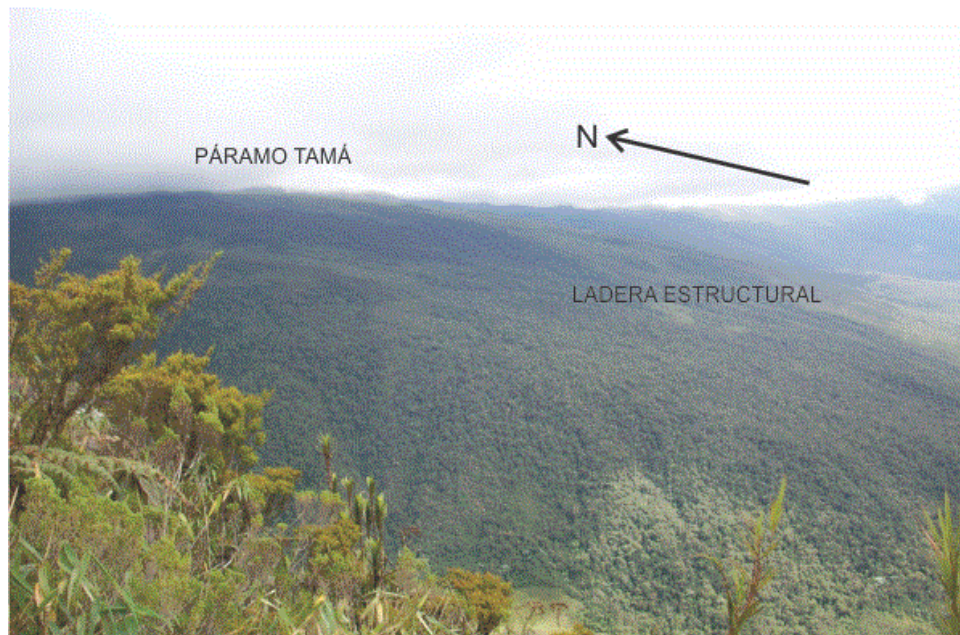
Geoforma de origen estructural-denudacional, resultante de la degradación parcial de estratos suavemente plegados, morfología colinada por el buzamiento suave de capas resistentes y blandas, se constituye por una ladera estructural con buzamientos que varían entre 10° y 30° , de longitud larga, de formas rectas e irregulares y con pendientes muy inclinadas a abruptas. Está constituida por rocas competentes e incompetentes del nivel medio alto de la formación Los Cuervos (figuras 11 y 12).

Figura 11. Superficie estructural del Páramo Tamá.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

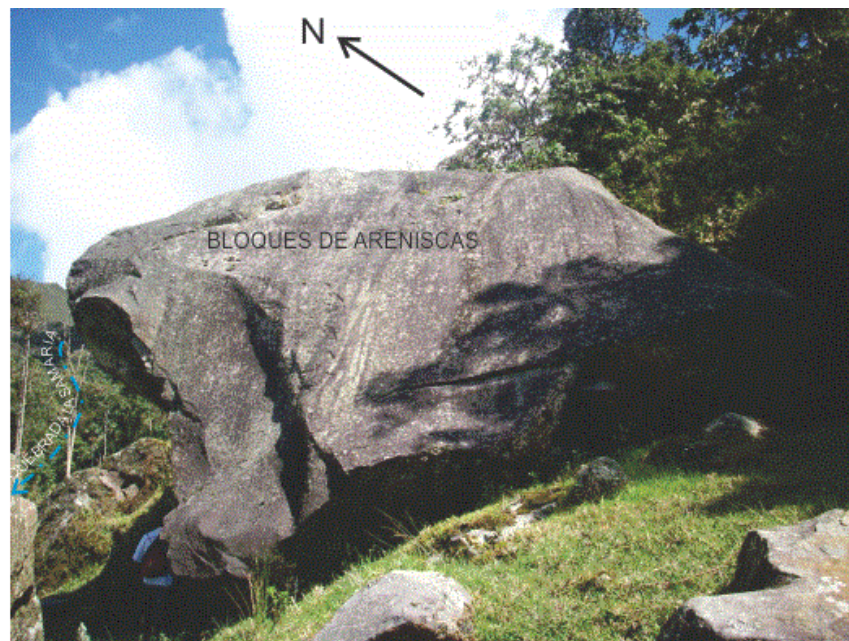
Figura 12. Vista panorámica Páramo Tamá junto con sus aspectos geomorfológicos.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Geformas de origen agradacional, han generado depósito de coluvión con presencia de bloques muy grandes, de arenisca de grano medio a grueso, blancas, están localizados hacia el margen izquierdo de la quebrada La Samaria (figura 13).

Figura 13. Bloques de areniscas localizados hacia la margen izquierda de la quebrada La Samaria.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

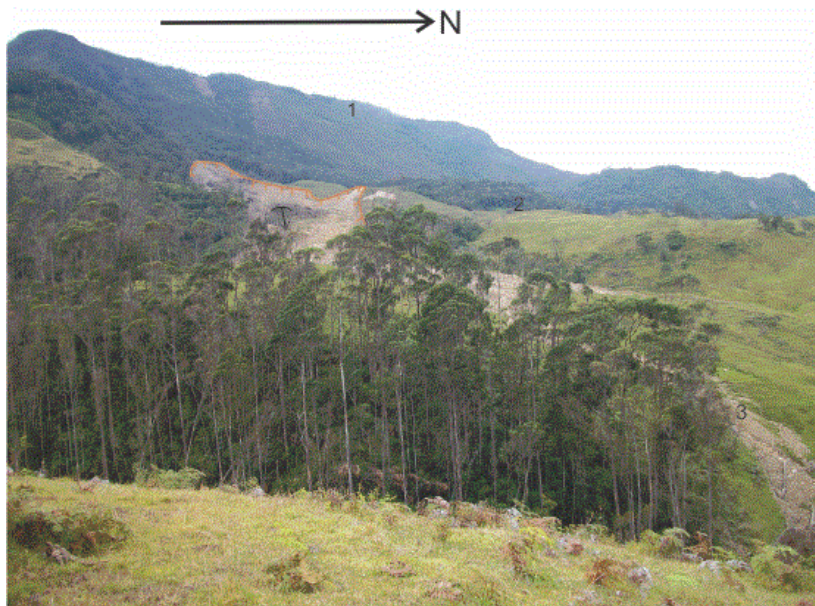
3.1.4 Zona Tierra Amarilla-Alto Del Pesebre GI7-131 Z3

Esta zona presenta trabajos muy escasos de exploración por lo tanto no se obtiene información geomorfológica.

3.1.5 Zona La Siberia GI7-131 Z4

Se identifica un sector montañoso conformado por laderas y colinas. En el sistema montañoso con pendientes muy abruptas a escarpadas, conformadas principalmente por areniscas de la formación Mirador y areniscas y lodolitas de la formación Los Cuervos (ver figura 14).

Figura 14. Aspectos geomorfológicos de la vereda La Siberia.



1. Ladera muy inclinada-abrupta
2. Colinas inclinadas-muy inclinadas
3. Deslizamientos

Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Deslizamientos: La sucesión de capas de material de areniscas y lodolitas, donde el accionar del agua infiltrada sobre las capas blandas han formado procesos erosivos por escurrimientos difusos y movimientos en masa (ver figura 15).

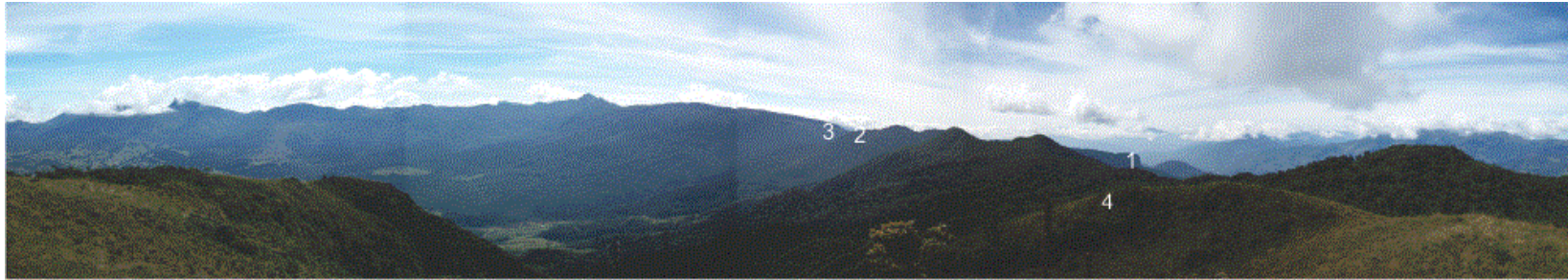
Figura 15. Deslizamientos



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

En general la morfología del área del polígono GI7-131 es montañoso y ondulado, con abundante cobertura vegetal, los problemas de erosión son puntuales localizados principalmente a lo largo de la quebrada Aguablanca en la vereda La Siberia, los drenajes tienen pendientes menores por lo cual no generan valles profundos, los escarpes mayores son formados por el afloramiento de grandes paquetes de areniscas como el de la formación Mirador.

Figura 16. Aspectos geomorfológicos del área explorada, foto tomada desde Páramo La Cabrera.



1. Escarpe; vereda El Cedral (GI7-131 Z2)
2. Crestas: vereda La samaria (GI7-131 Z2)
3. Momoclinal: Páramo Tamá (GI7-131 Z2)
4. Crestas: vereda La Siberia (GI7-131 Z4)

Fuente: Fotografía tomada por el autor.

3.2 ESTRATIGRAFÍA

A continuación se describe de la más antigua a la más reciente las formaciones aflorantes en el área de la concesión: Los Cuervos, Mirador, Carbonera, y depósitos cuaternarios, la formación Barco aflora hacia el borde occidental por fuera del polígono por lo tanto no se nombra a continuación, en la figura 17 se muestra las formaciones geológicas aflorantes en el área.

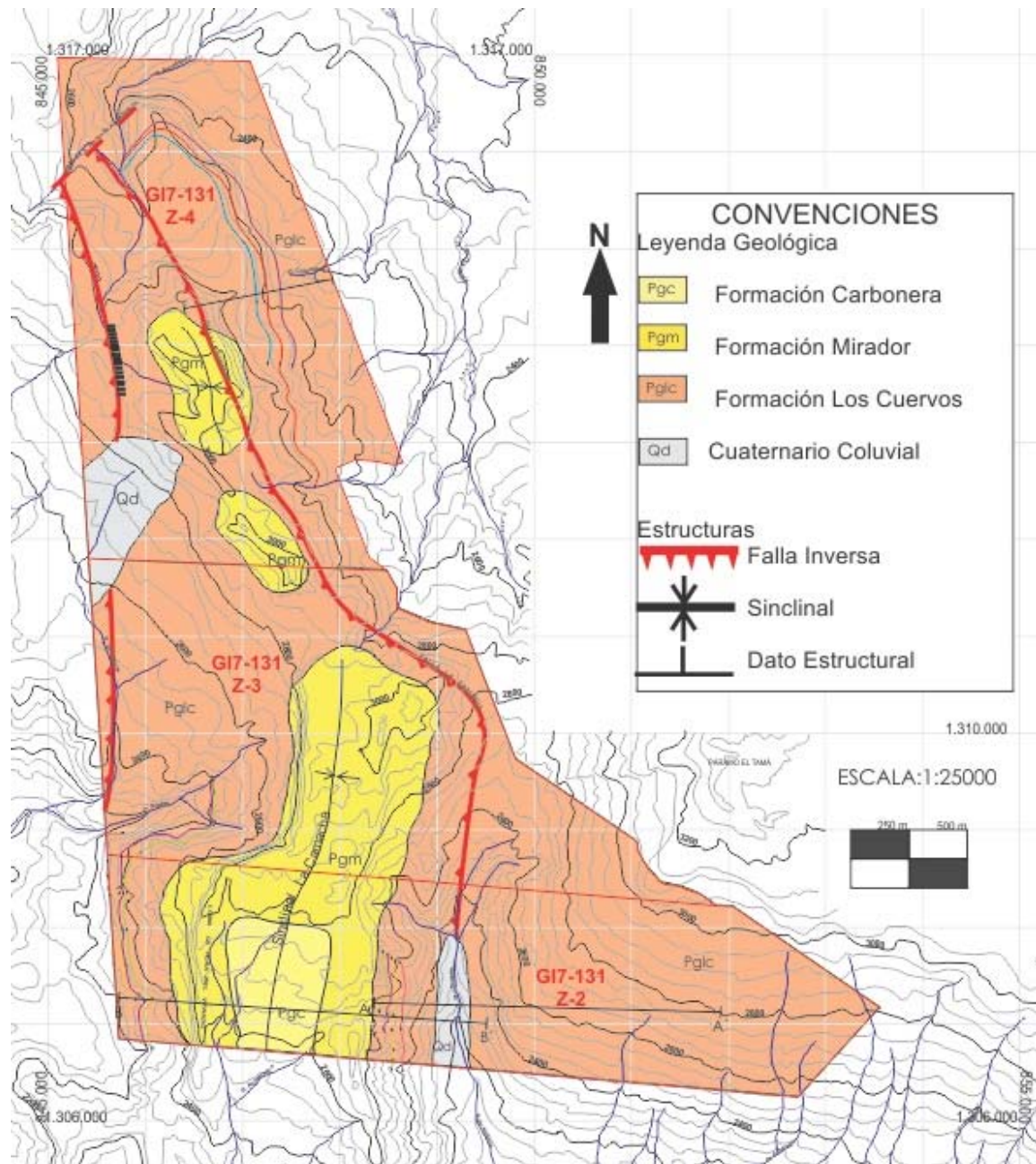
3.2.1 Formación Los Cuervos (Pglc)

En el área aflora en los dos flancos del Sinclinal La Camacha, Páramo Tamá y hacia el E de la falla Samaria en la zona norte del polígono.

Hacia el flanco W del Sinclinal La Camacha la parte inferior está constituida por intercalaciones de paquetes de areniscas de grano muy fino de color amarillo gris claro menor a 10 m de espesor, laminación plana ondulosa, con limolitas carbonosas y esporádicos niveles de cintas de carbón < 25 cm, siendo más frecuentes la presencia de limolitas hacia la parte media la cual presenta intercalaciones de limolitas y arcillolitas carbonosas y grises, con niveles esporádicos de areniscas de grano muy fino, 7 m de espesor, color gris verdoso claro con restos de material carbonoso, moscovita como mineral accesorio, presenta niveles de carbón entre 1,7 y 0,9 m, los mantos de carbón presentan variaciones de espesor y algunos contienen intercalaciones de lodolitas muy carbonosas entre 5 y 15 cm, óxidos de hierro y pirita, además cintas de carbón entre 20 y 50 cm, en la parte superior presenta intercalaciones de limolitas carbonosas y grises con niveles de areniscas de grano muy fino a fino de color amarillo claro y algunas cintas de carbón <30 cm de espesor, estos niveles de cintas se hacen cada vez más delgados hacia el contacto con la formación Mirador, así como se observa también el aumento de los paquetes de areniscas

de grano fino a medio, con estratificación cruzada de bajo ángulo y contactos ondulados netos .

Figura 17. Mapa geológico del polígono GI7-131.



Modificado de Royero J, et al., 1999.

Hacia el flanco E del Sinclinal La Camacha inicialmente presenta intercalaciones entre paquetes de areniscas de grano muy fino a fino de 6 metros de espesor, color amarillo claro con arcillolitas grises de 0,4 m y limolitas carbonosas con espesores entre 0,5 y 3 m se presentan niveles de cintas de carbón de 0,3 m, seguido de intercalaciones de limolitas y arcillolitas grises y carbonosas, en algunos sectores éstas intercalaciones se presentan con niveles más frecuentes de areniscas de grano muy fino de color amarillo claro, bien cementadas, seleccionadas, con laminación cruzada, restos de material carbonoso algunas presentan moscovita como mineral accesorio, en este nivel se hallan mantos y cintas de carbón, variando entre 1,6 a 0,7 m y 0,3 a 0,5 m respectivamente, el espesor de los mantos varia lateralmente, algunos presentan intercalaciones de lodolitas carbonosas de 15 cm; en la parte superior se hallan intercalaciones de areniscas de grano fino con limolitas grises y carbonosas, y cintas de carbón menores a 0,2 m de espesor, los paquetes de areniscas se hacen más potentes y texturalmente más gruesos a medida que se asciende, presenta contactos ondulados netos, estratificación cruzada de bajo ángulo.

En el sector del Páramo Tamá localizado hacia el margen izquierdo de la quebrada La Samaria, se presenta intercalaciones entre areniscas grises amarillas de grano fino, subredondeados, bien calibradas, masivas, con espesores entre 7 y 10 metros con niveles de lodolitas grises amarillas de 1,5 m, arcillolitas grises y esporádicos niveles de lodolitas grises oscuras con óxidos de hierro y material carbonoso, se presentan niveles de cintas de carbón entre 0,3 y 0,6 m entre éstas intercalaciones, hacia la parte superior presenta areniscas de grano fino a medio con granos subredondeados, masivas, bien seleccionadas, compuestas principalmente de cuarzo, color gris amarillo claro, disminuyendo la presencia de lodolitas grises con espesores entre 5 y 20 cm; esta secuencia presenta estratificación cruzada de bajo ángulo, con contactos netos paralelos y ondulados.

Al E de la falla Samaria sector NE de la concesión, presenta intercalaciones de areniscas de grano fino de color amarillo claro con limolitas y arcillolitas grises y mantos de carbón con espesores entre 1,6 y 0,9 el cual varia lateralmente, presenta óxidos de hierro, algunos con intercalaciones de lodolitas carbonosas de 10 cm; hacia la parte superior disminuye el espesor de las cintas de carbón entre 0,5 y 0,2 m, aumenta el contenido de areniscas de grano fino a medio compuestas principalmente de cuarzo, con estratificación cruzada, contactos netos planos y ondulados.

3.2.2 Formación Mirador (Pgm)

En el área aflora hacia los flancos del Sinclinal La Camacha, presenta areniscas blancas, de grano medio a grueso, subangulares, mal cementadas, compuestas principalmente de cuarzo, en algunos sectores conglomeráticas, desarrolla morfologías escarpadas y cuevas prominentes.

En la figuras 18 y 19 se observan Panorámicas de las formaciones aflorantes en los flancos del Sinclinal La Camacha.

Figura 18. Vista panorámica del sector El Cedral flanco W del Sinclinal la Camacha.



Fuente: fotografía modificada por el autor.

Figura 19. Vista panorámica del sector La Samaria flanco E del Sinclinal la Camacha.



Fuente: fotografía modificada por el autor.

3.2.3 Formación Carbonera (Pgc)

Aflora en el núcleo de Sinclinal La Camacha, hacia el borde suroccidental en una franja pequeña.

3.3 CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

La correlación estratigráfica permite comparar dos o más secciones estratigráficas, de un intervalo de tiempo semejante, estableciendo equivalencia entre niveles o superficies de estratificación reconocibles en cada una de ellas, es decir una relación lateral entre las diferentes unidades estratigráficas; por medio del empleo de criterios físicos o biológicos. Dentro del primero se encuentra el método litológico a partir del cual se realiza la presente correlación de los mantos de carbón aflorantes en el área.

El levantamiento de las columnas estratigráficas en superficie se realiza por medio de cinta métrica, midiendo perpendicularmente a las superficies de estratificación y a escala 1:100, sus localizaciones son muy cercanas entre sí lo que permite la elaboración de correlaciones locales, donde se reconocen cambios laterales (ver anexo).

Se elaboraron columnas estratigráficas locales y parciales en las regiones exploradas El Cedral-Tierra Amarilla, Samaria y La Siberia, que a su vez hacen parte de las zonas GI7-131 Z2 y Z4; siendo la Z4 la única que pertenece la vereda La Siberia, en la tabla 9 se muestra las zonas exploradas junto con la cantidad de columnas levantadas en cada una de ellas.

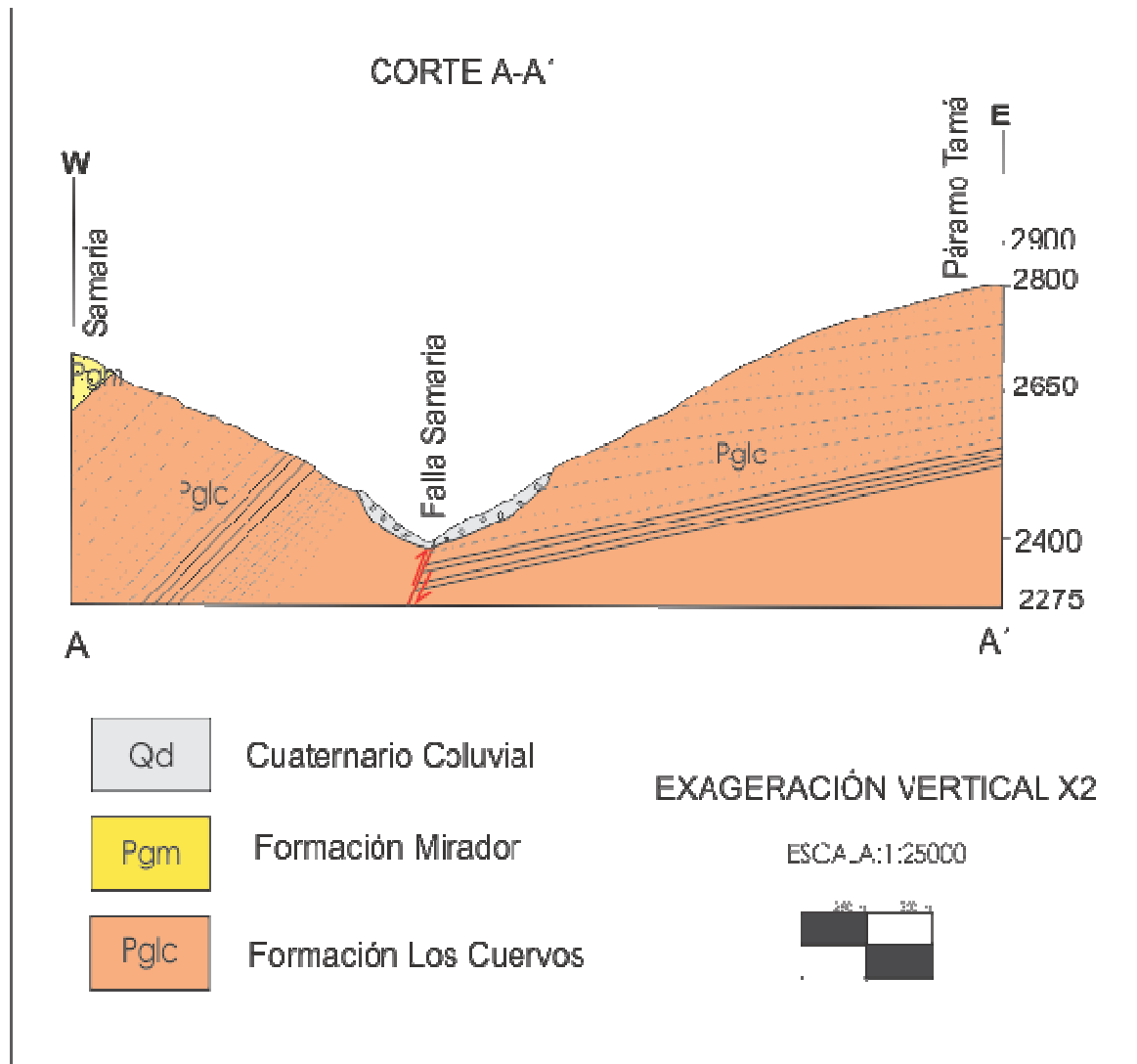
Tabla 9. Sitios donde se realizaron levantamientos estratigráficos.

Secciones Estratigráficas E 1:100			
Sector	Zona	Sección	
		Local	Parcial
El Cedral –Tierra Amarilla	GI7-131 Z2 (flanco W sinclinal la Camacha)	5	13
La Samaria	GI7-131 Z2 (flanco E Sinclinal la Camacha)	4	2
Páramo Tamá	GI7-131 Z2 (margen izquierdo quebrada La Samaria)	-	-
La Siberia	GI7-131 Z4 (al E de la falla Samaria)	2	3

Fuente el autor.

El sector del Páramo Tamá localizado hacia el margen izquierdo de la quebrada La Samaria, se caracteriza por presentar una superficie estructural con buzamientos hacia el suroeste entre 15 y 30 grados, una ladera recta e irregular, en el corte A-A' (Figura 20) entre La Samaria y Páramo Tamá se muestra la distribución y disposición de las litologías aflorantes, las cuales están afectadas por la falla inversa Samaria. Hacia el bloque colgante la secuencia inicia con niveles de lodolitas intercalados con areniscas, seguido por limolitas y mantos carbón, y finaliza con intercalaciones entre limolitas y areniscas, en el bloque yacente la secuencia aflorante inicia con una intercalación entre limolitas y areniscas con escasos niveles de cintas de carbón; de acuerdo a la descripción realiza por Royero J (2001) en la memoria explicativa de la plancha 111 de Toledo de la formación Los Cuervos y según las litologías encontradas en este sector indican niveles medio alto y alto de la formación, por lo tanto no afloran mantos de carbón, sin embargo debe contenerlos ya que se observaron mantos en sitios muy próximos como en el plan del oso y según su dirección indica que éstos se encuentren muy posiblemente por debajo, en el caso de que no existieran estructuras que los desplacen.

Figura 20. Corte A-A', entre la Samaria y Páramo Tamá.



Para cada una de las tres zonas donde se efectuaron los levantamientos estratigráficos se elaboró un mapa escala 1:10000 ampliado a partir de la base tomada del Igac 1:25000, donde se trazaron los niveles de los mantos de carbón.

3.3.1 Sector El Cedral-Tierra Amarilla

Localizada hacia el borde suroccidental del polígono, hacia el flanco W del Sinclinal La Camacha, limita al sur y oeste con el borde del polígono, al norte con

un tributario de la quebrada El Trapiche llamado quebrada Piletas y al este con el Loma Peña del Venado (ver figura 21).

Para el efecto de esta correlación se realizaron 5 columnas locales y 13 parciales; en éstas últimas se describe la sección de un solo manto ya que por el terreno o la no continuidad de la misma no permite el levamiento de una sección más completa, cada una de las columnas levantadas se localizaron con GPS. En este sector se correlacionaron cuatro mantos de carbón con espesor mayor a 0.6 metros, los cuales han sido numerados de 10 hasta 40 de 10 en 10, de acuerdo a su posición estratigráfica.

En la figura 22 se presenta la correlación estratigráfica correspondiente a ésta área, la columna RD 83 expone la secuencia más completa de los mantos del sector a partir de la cual se toma como referencia para la correlación, a continuación se dan a conocer los criterios tenidos en cuenta para la realización de la correlación de los mantos de carbón de este sector.

El criterio fundamental para esta correlación es basado en los aspectos litológicos, donde se considera que los cambios litológicos reconocibles en dos o más secciones estratigráficas diferentes son debidos a un mismo fenómeno, así mismo la simultaneidad de un fenómeno que quede reflejado en dos o más secciones será más probable cuando se trate de correlaciones locales como es el caso, donde las secciones estratigráficas están muy cercanas entre sí.

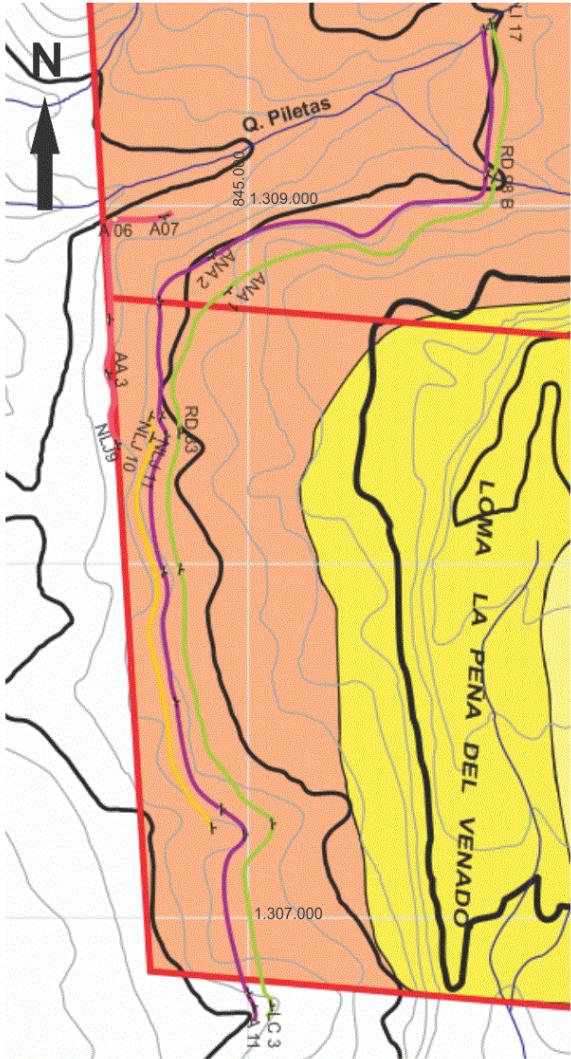
Teniendo en cuenta esto el manto 10 o inferior se correlacionó haciendo corresponder los límites netos entre las litologías superpuestas, que son reconocibles en las demás secciones que se compararon, presentando hacia el techo niveles duros de limolitas y areniscas de grano muy fino de color gris verdoso, hacia la base niveles blandos de lodolita carbonosa, el manto tiene una continuidad de 895 metros, su espesor presenta pocas variaciones, siendo menor

hacia la parte de la columna RD 83, así mismo el espesor de sus respaldos varía, hacia los extremos el techo es de mayor espesor, la base presenta pocas variaciones en su espesor. Para el manto 20 la correlación se realiza teniendo en cuenta la correspondencia litológica de los respaldos y la cercanía muy próxima entre secciones, esto se observa entre las columnas LR1 y RD 83 que están muy cercanas entre sí, entre las secciones RI002 y la RD 83 se considera la equivalencia entre sus litologías siendo la inferior arenisca de grano fino de color gris verdoso y la superior lodolita carbonosa, el carbón es brillante y con fractura concoidea, presenta óxidos de hierro y pirita, sus respaldos presentan variaciones en el espesor, con una continuidad de 1170 m. El manto 30 se correlaciona teniendo en cuenta los respaldos del manto, presentando hacia la base lodolita carbonosa y en el techo niveles de arcillolita gris hacia la parte central y lodolita carbonosa en los extremos del sector, el espesor del manto permanece constante a lo largo del sector solo presenta disminución en la parte norte, su continuidad estimada es de 2750 m; para el manto 40 o superior aparte de tener en cuenta los cambios litológicos a través de las columnas levantadas, se considera también que a partir de éste se inicia un cambio fuerte de pendiente con desarrollo de escarpes característico de la formación Mirador, así como el aumento de la ocurrencia de areniscas blancas cuarzosas, lo cual permite determinar el contacto gradual entre las dos formaciones, el espesor del manto presenta pocas variaciones siendo menor hacia la parte norte, sus respaldos si varían en espesor, hacia el techo presenta niveles duros de areniscas de grano fino grises y en la base lodolitas, es el manto que presenta mayor continuidad con una longitud aproximada de 3257 m.

Este sector constituye una franja longitudinal aproximada de 3,2 Km, los mantos presentan una dirección aproximada de N17.8W, siendo NS hacia la parte central, los datos de buzamientos varían en promedio entre 5,9° y 21,6°.

Figura 21. Mapa de localización de las correlaciones estratigráficas sector El Cedral-Tierra Amarilla.

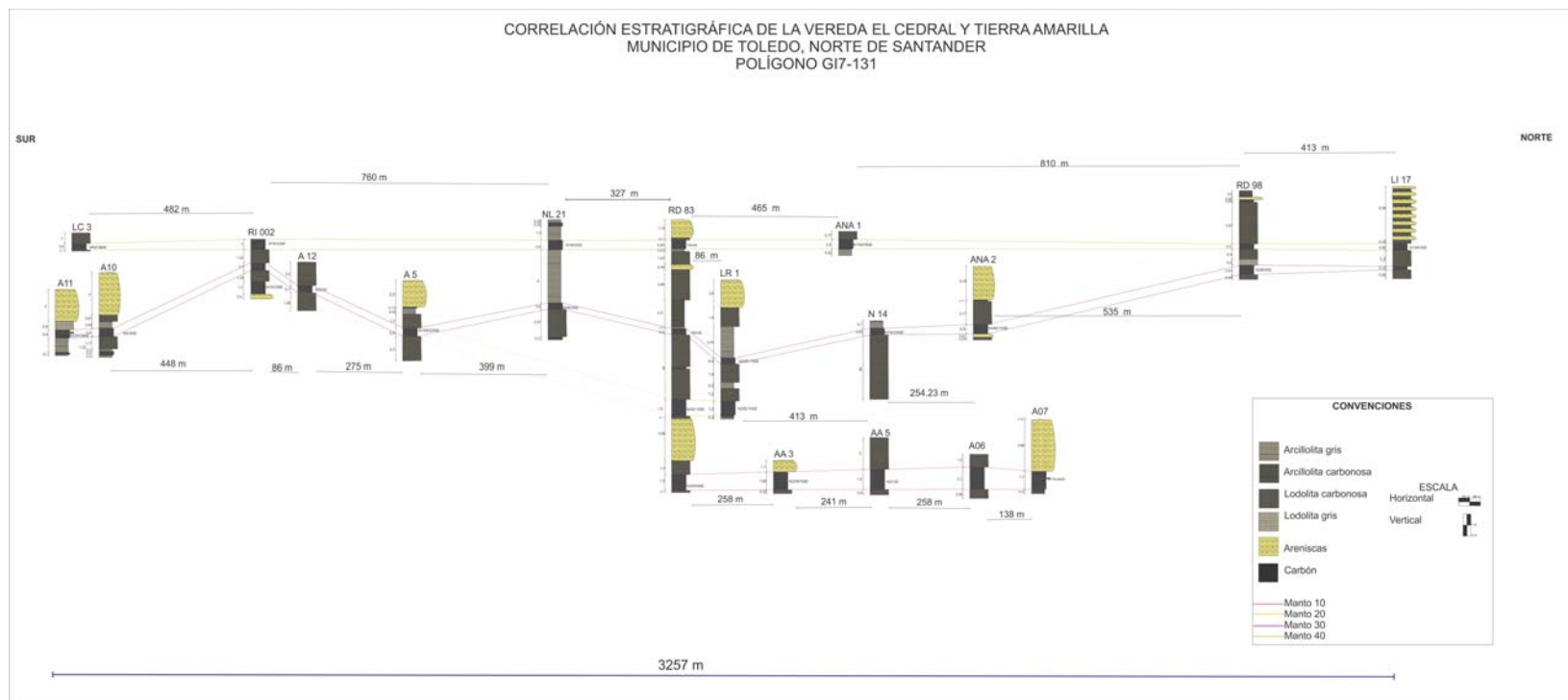
MAPA DE CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS SECTOR
EL CEDRAL-TIERRA AMARILLA, FLANCO E DEL SINCLINAL LA CAMACHA
ESCALA 1:10000



CONVENCIONES			
Pgm	Formación Mirador		Dato Estructural
Pglc	Formación Los Cuervos		Manto 10
			Manto 20
			Manto 30
			Manto 40

Fuente el autor.

Figura 22. Correlaciones estratigráficas sector El Cedral-Tierra Amarilla.



Fuente el autor.

3.3.1.1 Características de los mantos. De acuerdo a los mantos encontrados en el área explorada a continuación en la siguiente tabla se mencionan algunas características generales de los respaldos cada manto.

Tabla 10. Características generales de los respaldos de cada manto.

MANTO	ESPESOR (m)	RESPALDO INFERIOR	ESPESOR (m)	RESPALDO SUPERIOR	ESPESOR (m)
10	1,77	Lodolita carbonosa	0,46	Lodolita carbonosa dura a arenisca	2,1
20	0,92	Lodolita carbonosa	0,97	Lodolita carbonosa.	1
30	0,6	Lodolita carbonosa	1,76	Lodolita carbonosa	1,8
40	0,8	Arcillolita gris	1,5	Lodolita carbonosa	1,3

Fuente el autor.

De acuerdo a las características mencionadas en la tabla 10 y a las correlaciones realizadas (ver figura 22) se procede a realizar la descripción de cada manto.

Manto 10

Estratigráficamente es el manto más inferior, situado aproximadamente a 200 metros por debajo del contacto con la formación Mirador, con un espesor promedio de 1,77 metros, el cual se mantiene prácticamente constante y una continuidad de 895 m, es un carbón brillante con fractura concoide y planar, presenta óxidos de hierro, mantiene un buzamiento menor a 10 grados, presenta una intercalación de lodolita carbonosa de 0,15 m hacia la parte norte pero sin continuidad, su respaldo inferior es lodolita carbonosa manteniéndose constante en espesor y el respaldo superior varía desde arenisca de grano muy fino de color gris verdosa a lodolita carbonosa presenta variación en su espesor siendo mayor hacia el norte.

Manto 20

Se encuentra estratigráficamente a 5,5 metros aproximadamente por encima del manto 10, su espesor promedio es de 0,92 metros presentando pocas variaciones en su espesor hacia el sur presenta una disminución en su espesor de 0,2 metros, carbón de tipo vitreño, brillante, con fractura concoide presenta óxidos de hierro y pirita, su buzamiento promedio es de 20° sin embargo hacia la parte central sus buzamientos son horizontales de 4° , se evidencia en superficie por una longitud aproximada de 1170 metros, su respaldo inferior consta de lodolita carbonosa y en algunos sectores arcillolita gris su espesor es constante, en la parte superior se presenta lodolita carbonosa.

Manto 30

Se encuentra estratigráficamente encima del manto 20, presenta un espesor de 0,6 metros sin embargo hacia la parte norte el espesor disminuye a 0.3 metros, carbón de tipo vitreño con fractura planar y concoidea, su buzamiento en promedio es de 17° , siendo horizontales hacia la parte central entre 4 y 6 grados, con una longitud aproximada de 2750 metros, su respaldo inferior es lodolita carbonosa, el superior es lodolita carbonosa y en la parte central se presenta arcillolita gris.

Manto 40

Se encuentra estratigráficamente a 7,4 metros del manto 30, su espesor promedio es de 0,8 m, su continuidad se determinó por una longitud aproximada de 3257 metros, carbón de tipo vitreño, su buzamiento es menor a 10 grados variando solo hacia la parte norte a 23° , sus respaldos varían desde lodolita carbonosa a arcillolita gris.

De acuerdo a la correlación estratigráfica realizada se tiene una superficie aproximada de 3257 m de longitud que abarca la continuidad más extensa correspondiente al manto 40 o superior y 895 metros para la continuidad

correspondiente al manto 10 el cual no se identificó hacia el sur convirtiéndola en la continuidad de menor longitud, los buzamientos hacia el sur varían entre 20 y 23 grados, hacia la parte central y norte entre 4 y 8 grados, los espesores de los mantos no presentan variaciones significativas entre sí a lo largo del sector, sin embargo hacia la parte norte tienen a ser más delgados, los respaldos de los diferentes mantos presentan variaciones de espesor y litología, no obstante esas variaciones solo se observan en alguna que otro sector por lo tanto no afectó la ejecución de la correlación de la zona El Cedral-Tierra Amarilla.

3.3.2 Sector La Samaria

Localizada hacia el margen izquierdo de la quebrada La Samaria, al flanco E del Sinclinal La Camacha, limita al sur con el borde del polígono, al norte con un tributario de la quebrada La Samaria, al oeste con una loma sin denominación, y al este con la quebrada homónima (ver figura 23).

En la figura 24 se encuentra la correlación estratigráfica correspondiente al área, realizada a partir de geología de superficie por medio de la ejecución de 4 columnas estratigráficas a escala 1:100 levantadas y 2 columnas parciales correspondientes a estaciones de control. La correlación se realiza teniendo en cuenta los cambios litológicos comparando las litologías de las diferentes secciones haciendo coincidir los límites de las mismas.

Los mantos correlacionados son de espesor mayor a 0,6 metros, numerados de 10 hasta 40 de 10 en 10 según su posición estratigráfica, este sector abarca una franja de 1086 metros aproximadamente. La columna levantada en el caño 3 muestra la secuencia más completa de los mantos, para la correlación del manto 10 se considera la secuencia granodecreciente que lo infrayace de arenisca de grano muy fino intercalada con arcillolita gris, ya que dicha secuencia se presenta en los cuatro caños levantados, hacia la base el manto presenta arcillolita gris y

en el techo lodolita, el manto cuenta con una continuidad de 1087 m, el espesor presenta variaciones siendo menor hacia el caño 3, hacia el norte aumenta su espesor y presenta intercalaciones de lodolita carbonosa. El manto 20 se correlaciona de acuerdo a sus respaldos presentado hacia la base limolita carbonosa y arcillolita hacia el techo, así como se considera la secuencia que lo suprayace e infrayace de arenisca de grano fino presentándose a lo largo de las columnas levantadas, el manto presenta una continuidad de 1151 m, el espesor del manto no varía significativamente, el manto 30 su correlación se basa en los cambios litológicos hacia el techo presenta niveles duros de areniscas y limolitas, y hacia la base lodolitas, junto con este manto se correlacionaron dos estaciones de campo SMS 001 y SMS 004, teniendo en cuenta las similitudes de los respaldos, para el caso de la estación SMS 004 se considera la presencia de una cinta de carbón que suprayace el manto y es evidenciada en los caños 1 y 3, el espesor del nivel de carbón disminuye hacia el norte, presenta una continuidad de 1152 m, el manto 40 o superior según sus características litológicas hacia la base presenta lodolitas y en el techo arcillolita gris, aparte de tener en cuenta las equivalencias litológicas a lo largo de las columnas levantadas, para este manto se considera también que por encima de éste se inicia la secuencia monótona de areniscas de grano medio de color blancas grisáceas, el manto presenta una continuidad de 543.47 m, su espesor permanece constante.

Las secuencias estratigráficas levantadas corresponden a niveles litológicos pertenecientes a la formación Los Cuervos la cual se constituye de intercalaciones de arcillolitas grises a grises verdosas con pocas intercalaciones de areniscas cuarzosas; los miembros medio e inferior se caracterizan por presentar mantos de Carbón intercalándose con arcillolitas grises y limolitas carbonosas con presencia de micas y areniscas de grano fino a muy fino con matriz arcillosa.

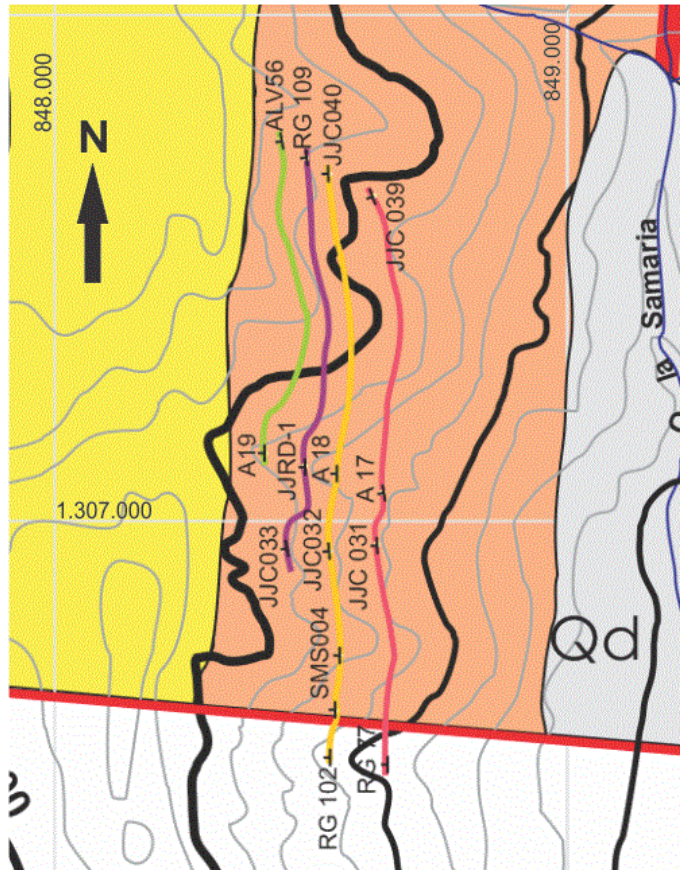
En el límite superior de la formación Los Cuervos se halla la formación Mirador, presentando zonas de escarpe pronunciadas como característica geomorfológica

principal, además del cambio en la litología; observando niveles potentes de areniscas cuarzosas, blancas a gris claro, de grano medio a grueso.

Este sector constituye una franja longitudinal de 1152 m, los mantos presentan una dirección de rumbo aproximada N10W, los datos de buzamiento varían desde 30 a 55 grados.

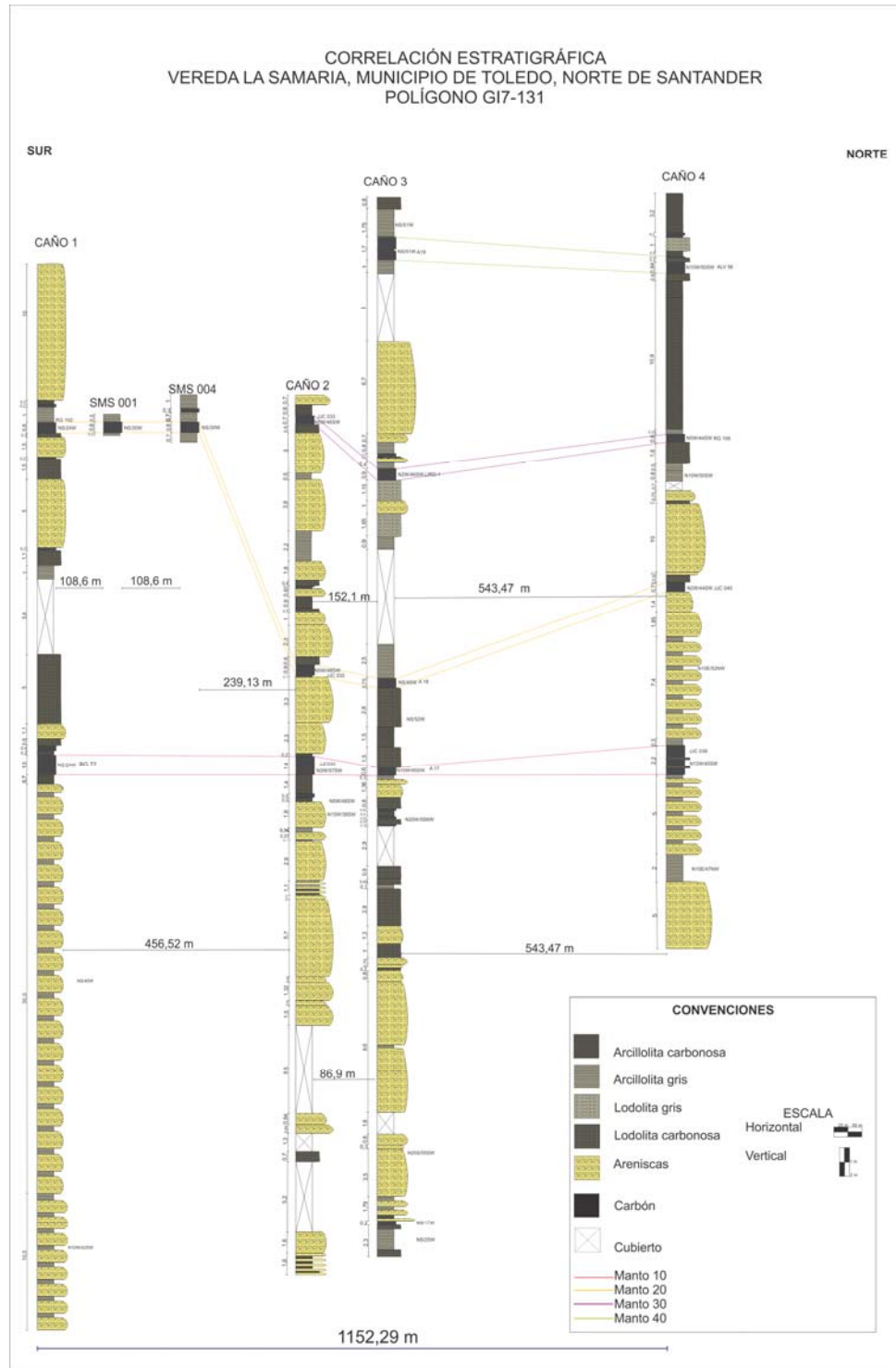
Figura 23. Mapa de localización de la correlación del sector La Samaria.

MAPA DE CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS SECTOR
LA SAMARIA, FLANCO W DEL SINCLINAL LA CAMACHA
ESCALA 1:10000



Fuente el autor.

Figura 24. Correlaciones estratigráficas sector La Samaria.



Fuente el autor.

3.3.2.1 Características generales de los respaldos de los mantos. Según los mantos encontrados en el sector La Samaria, a continuación se nombran en la tabla 11 algunas de las características generales de los respaldos de los mantos.

Tabla 11. Características generales de los respaldos de los mantos en la vereda La Samaria.

MANTO	ESPESOR (m)	RESPALDO INFERIOR	ESPESOR (m)	RESPALDO SUPERIOR	ESPESOR (m)
10	1,5	Arcillolita	0,8	Arcillolita	0,55
20	0,94	Lodolita	0,9	Arcillolita	0,9
30	0,8	Lodolita	1,1	Arcillolita	0,6
40	1,2	Arcillolita	0,8	Lodolita	1

Fuente el autor.

De acuerdo a las correlaciones realizadas en la figura 24 y las características generalizadas de los mantos se dan a conocer los rasgos característicos de cada manto.

Manto 10

Estratigráficamente es el manto más inferior, carbón brillante, con fractura concoidea, con un espesor promedio de 1,5 metros, presenta una longitud de 1087 metros aproximadamente, el buzamiento de este manto es de 45⁰ siendo diferente solamente en el extremo sur de 24⁰, sus respaldos constan de arcillolitas.

Manto 20

Se encuentra estratigráficamente por encima del manto 10, su espesor promedio es de 0,94 m, carbón bandeado brillante, los buzamientos varían hacia el sur son menores a 30⁰ y hacia el norte de 45 y 48 grados, presenta una longitud aproximada de 1151,9 metros.

Manto 30

Se encuentra estratigráficamente a 14 metros por encima del manto 20, su espesor promedio es de 1,1m, carbón con brillo vítreo, fractura concoide y planar, con una longitud 695,6 m aproximada, está dispuesto con un buzamiento de 48° con poca variación a lo largo de este, su respaldo inferior es lodolita mientras que el superior es arcillolita gris.

Manto 40

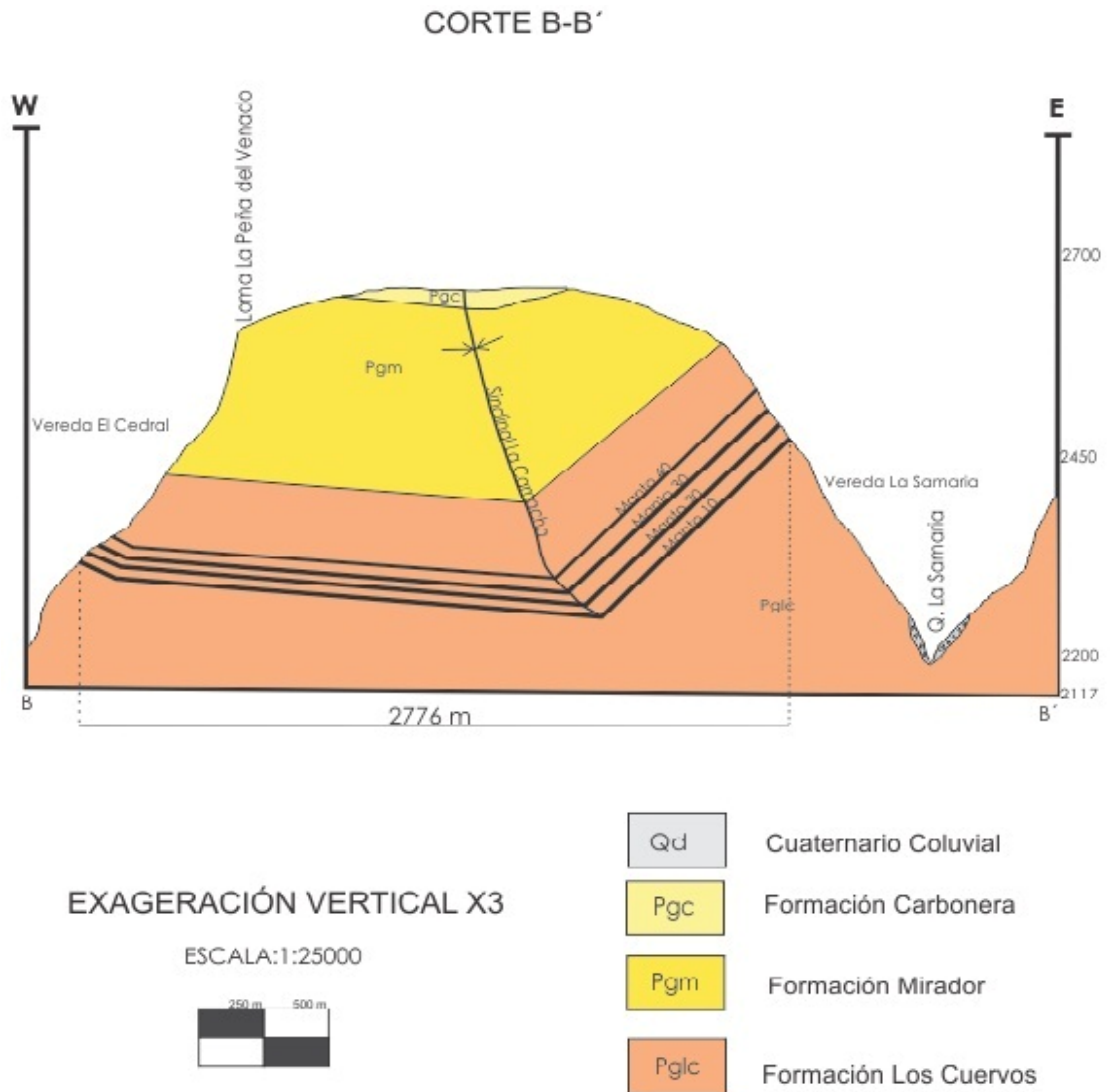
Localizado a 15 metros por encima del manto 30, su espesor promedio es de 1,2 m, carbón con bandas brillantes y opacas, fractura planar, su continuidad se determinó por una longitud aproximada de 543,47 metros, su buzamiento prácticamente no varía de 50 a 51 grados, presenta un respaldo inferior de arcillolita gris y hacia la parte superior presenta una variación de lodolita carbonosa a arcillolita gris.

De acuerdo a la correlación estratigráfica realizada se tiene una superficie de continuidad aproximada de 1152 m para los mantos 10 y 30 siendo estos los que presentan una mayor continuidad en el área, el manto 40 cuenta con una continuidad de 543 m que corresponde al de menor continuidad lateral encontrada, la dirección predominante de las capas es NS, siendo los buzamientos menores a 30 grados hacia el sur y de 45 grados hacia la parte norte, los espesores de los mantos presentan variaciones a lo largo de la franja correlacionada, así mismo hay variaciones en los respaldos de los mantos pero en forma general se mantienen.

Los mantos hallados en la vereda la Samaria corresponden al flanco E del sinclinal La Camacha los cuales están más inclinados y levantados con respecto a los del flanco W en la vereda El Cedral-Tierra Amarilla, debido a que es un sinclinal asimétrico como se observa en la figura 25 donde se aprecia la disposición de los mantos en las dos áreas, los mantos del flanco E están afectados por la falla

Samaria la cual los levanta e inclina, Las áreas de El Cedral y Samaria tienen posición estructural semejante localizadas sobre los flancos del Sinclinal La Camacha, obviamente con inclinación opuesta de los mantos de carbón.

Figura 25. Corte B-B' entre la vereda El Cedral y La Samaria.



Fuente el autor.

3.3.3 Sector La Siberia

Localizada al E de la falla La Samaria en la región norte del polígono zona 4, limita al sur con la quebrada Orocué, al este con el borde del polígono, norte con la falla Quebrada Aguablanca y al oeste con la Falla Samaria (ver figura 26).

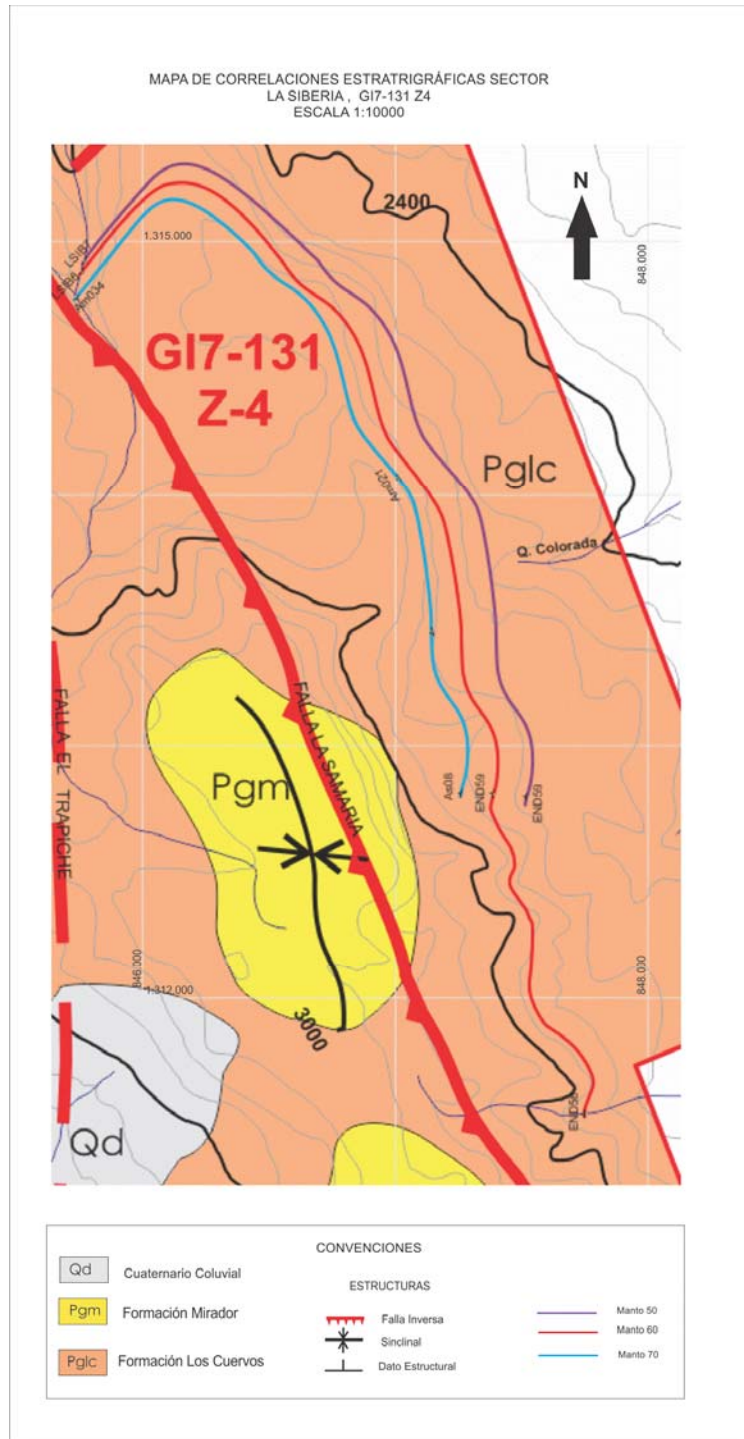
En figura 27 se presenta la correlación estratigráfica del área, realizada a partir de 5 columnas levantadas a escala 1:100, dos de ellas corresponden a secciones hechas en estaciones de campo donde solo muestran la sección de un manto de carbón, las columnas de las quebradas aguablanca y colorada exponen la secuencia más completa de los mantos encontrados en esta área por lo cual a partir de éstas y teniendo en cuenta los cambios litológicos a través de las mismas se realizan las correlaciones de los mantos de este sector, donde aflora la formación Los Cuervos cuervos la cual está constituida por intercalaciones de lodolitas grises con niveles esporádicos de areniscas de grano muy fino de color gris, presenta cintas y mantos de carbón.

Se correlacionaron tres mantos con espesor mayor a 0.6 metros los cuales se denominaron según la posición estratigráfica y el consecutivo 50 hasta 70 de 10 en 10. El manto 50 se correlaciona considerando los límites litológicos el cual presenta hacia la base niveles duros de areniscas de grano fino grises, hacia el tope limolitas y areniscas grises, dentro del mismo se logra identificar dos tipos de macerales hacia la base clareno y en la parte superior vitreño, dicha división se observa a lo largo del manto correlacionado en una relación de 50:50, presenta una continuidad de 4100 m aproximadamente, por encima de éste se evidencia una secuencia de cintas de carbón intercalada con areniscas y lodolitas grises, dicha sucesión se aprecia claramente en las tres columnas, dato que corrobora la continuidad lateral de este manto, el espesor disminuye hacia norte, para el manto 60 se cuenta solo con la información de las columnas Aguablanca y colorada las cuales se separan en una distancia de 2800 m aproximadamente,

por lo tanto la interpretación de la correlación de este manto se basa en la equivalencia de los respaldos los cuales constan de lodolitas carbonosas y en la distribución de los macerales dentro del mismo presentado un alternancia entre vitreno-clareno-vitreño, lo cual se observa en los dos mantos de las secciones levantadas, su espesor disminuye hacia el norte, el manto 70 se correlacionó con base en las dos columnas de las quebradas Aguablanca y colorada y por medio de estaciones de campo, haciendo coincidir los límites litológicos hacia el techo presenta arenisca de grano muy fino de color gris oscuro con niveles de oxidación y concreciones ferruginosas y hacia la base lodolita, el manto presenta una distribución de maceral clareno-vitreño, clareno hacia la parte superior y vitreño la inferior, el manto disminuye su espesor hacia el sur, presenta una continuidad de 2836 m.

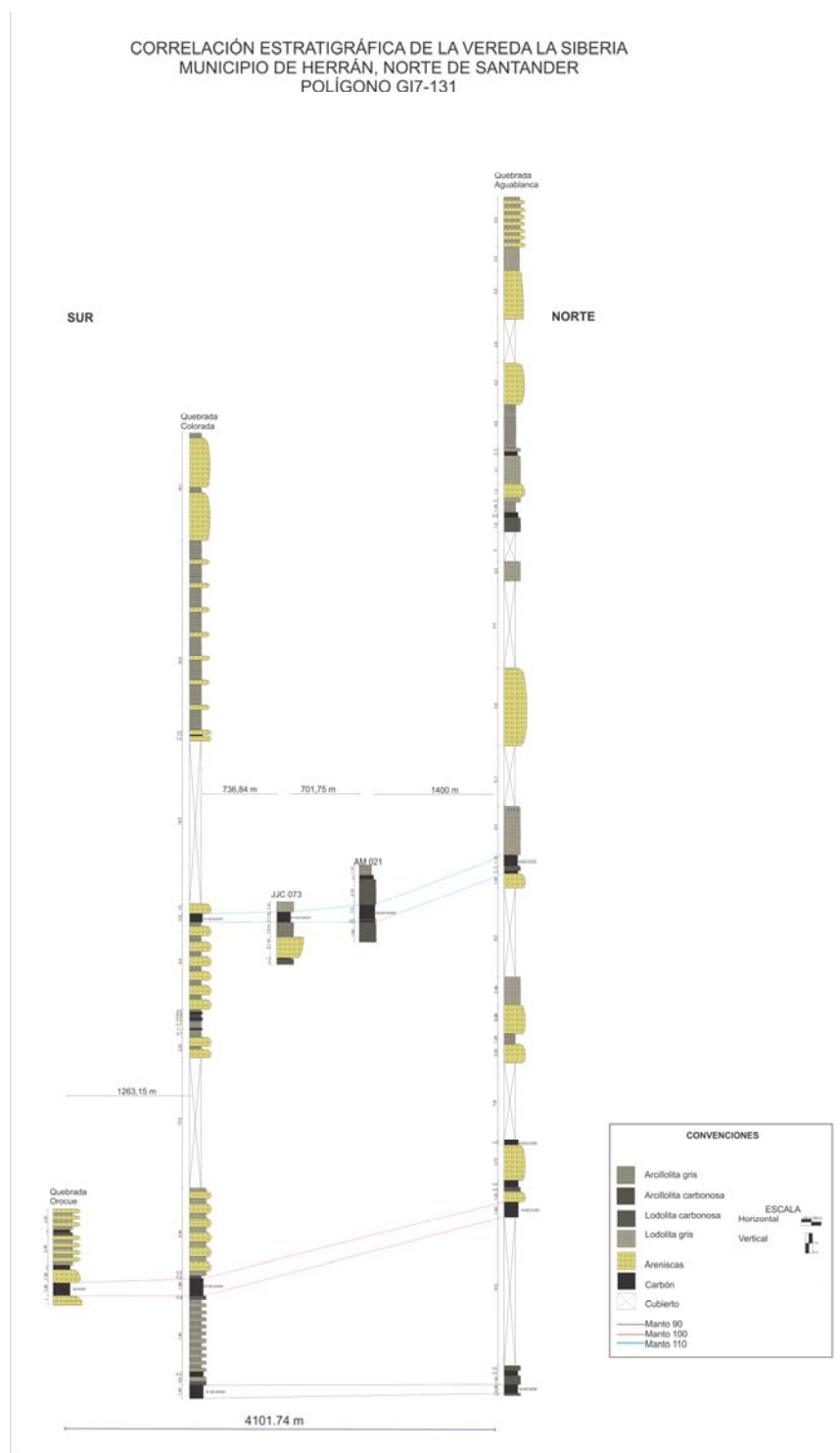
El contacto con mirador no se observa en esta área, se presenta hacia el oeste de la falla Samaria donde se presenta areniscas de grano grueso blancas conglomeráticas, dicha la secuencia se encuentra levantada y desplaza los mantos de carbón los cuales ocurren a alturas cercanas a los 3000m sin presentar continuidad de los mismos.

Figura 26. Mapa de correlaciones sector La Siberia; GI7-131 Z4.



Fuente el autor.

Figura 27. Correlaciones estratigráficas sector La Samaria.



Fuente el autor.

3.3.3.1 Características generales de los respaldos. Teniendo en cuenta lo observado en campo, y las correlaciones estratigráficas de los mantos de carbón realizadas en la figura 27, a continuación en la tabla 12 se dan los rasgos generales de los respaldos de cada manto y la descripción de los mismos.

Tabla 12. Características generales de los respaldos de los mantos sector La Siberia.

MANTO	ESPESOR (m)	RESPALDO INFERIOR	ESPESOR (m)	RESPALDO SUPERIOR	ESPESOR (m)
50	1.15	Areniscas	0.20	Areniscas y limolitas	0.5
60	1.6	Lodolita	0.5	Lodolita	0.8
70	1.2	Lodolita carbonosa	1.3	Lodolita y arenisca de grano muy fino	2.4

Fuente el autor.

Manto 50

Estratigráficamente es el manto más inferior, con un espesor promedio de 1.15 metros, presenta una longitud de 4100 metros aproximadamente, el buzamiento de este manto es de 39⁰, es un carbón semibrillante con fractura planar y concoidea hacia la base se presenta vitreño y en la parte superior clareno, hacia la base presenta areniscas y en el tope limolitas y areniscas.

Manto 60

Se encuentra estratigráficamente por encima del manto 50, su espesor promedio es de 1.6 m, es un carbón brillante, con fractura planar y concoidea, presenta una distribución dentro del mismo de vitreño-clareno-vitreño, los buzamientos hacia el sur son de 40⁰ siendo hacia el norte de 24⁰, presenta una longitud aproximada de 2800 metros, sus respaldos constan de lodolitas carbonosas duras.

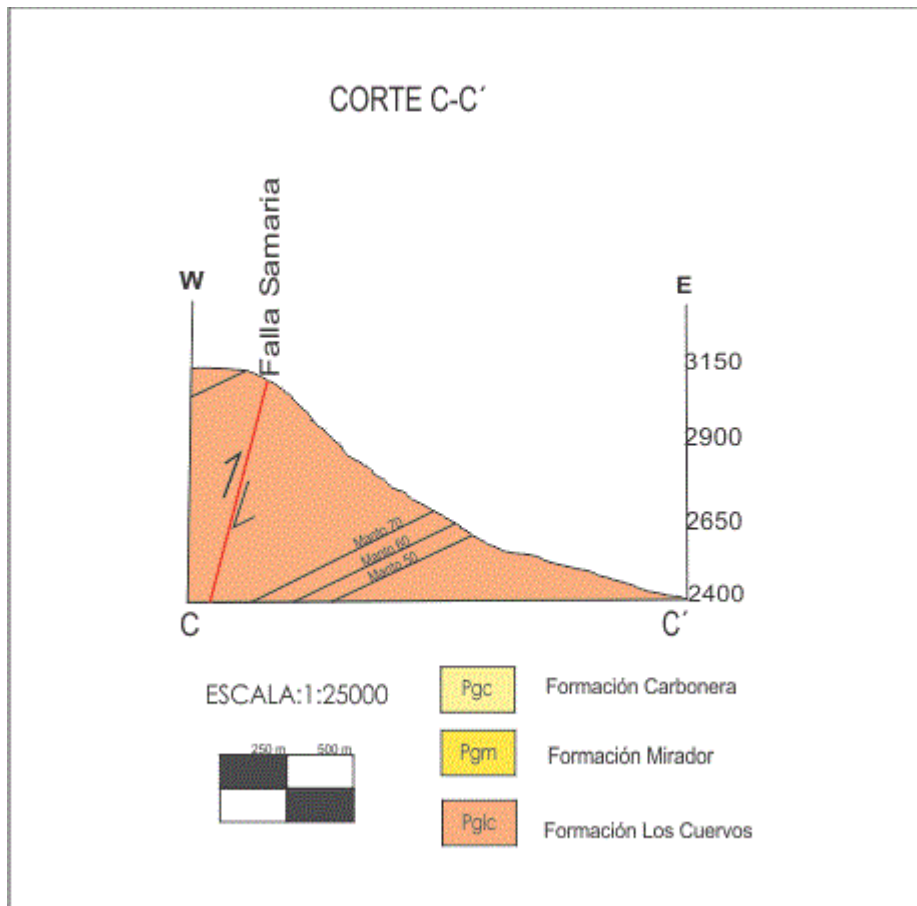
Manto 70

Se encuentra estratigráficamente encima del manto 60, su espesor promedio es de 1,2 m, con una longitud 2836 m aproximada, es un carbón brillante con fractura concoide y planar, la disposición de los macerales dentro del mismo es clareno en parte superior y vitreño en la inferior, hacia la parte norte sus buzamientos varían entre 30° y 32° , siendo de 42° en el sur, su respaldo inferior consta de lodolita carbonosa y el superior varía desde arenisca de grano muy fino a limolitas grises con concreciones ferruginosas.

De acuerdo a la correlación estratigráfica realizada se tiene una superficie de continuidad aproximada de 4101m siendo el manto 50 el que presenta mayor continuidad, los mantos se adelgazan hacia la parte norte en la quebrada Aguablanca posiblemente debido a la cercanía de la convergencia entre la falla Samaria y la falla Quebrada Aguablanca, también se presentan pocas variaciones en los respaldos de los mantos en general éstos se mantienen a lo largo de la franja correlacionada.

La zona de la Siberia está afectada por la falla inversa regional Samaria la cual tiene una dirección SE-NW, en la figura 28 se observa el corte C-C' donde se puede observar la disposición de los niveles de carbón hacia el E, los cuales según las correlaciones realizadas presentan continuidad lateral en una franja de 4000 m aproximadamente, al oeste de la falla samaria la secuencia se levanta y desplaza los mantos de carbón, los cuales no se logra establecer una continuidad.

Figura 28. Corte geológico C-C' en el sector La Siberia.



Fuente el autor.

4. CÁLCULO DE RECURSOS

Según la correlación estratigráfica de los mantos de carbón realizada a partir de puntos de control y medición, indica que éstos presentan una continuidad dentro del área a partir de la cual se pueden hacer cálculos de recursos para las capas de carbón sobre la totalidad del área.

La exploración geológica permitió reconocer tres sectores carboníferos los cuales se muestran a continuación en la figura 32, la determinación de estos sectores se basa en aspectos geológicos donde las correlaciones son más claras y los rasgos estructurales permiten la delimitación de dichos sectores.

EN el sector (A) El Cedral hacia el flanco W del Sinclinal La Camacha se identificaron 4 mantos de carbón con espesores entre 0.6 y 1.77 metros, y cintas de carbón con espesores desde 0.13 a 0.4 metros, en una franja aproximada de 3200 m.

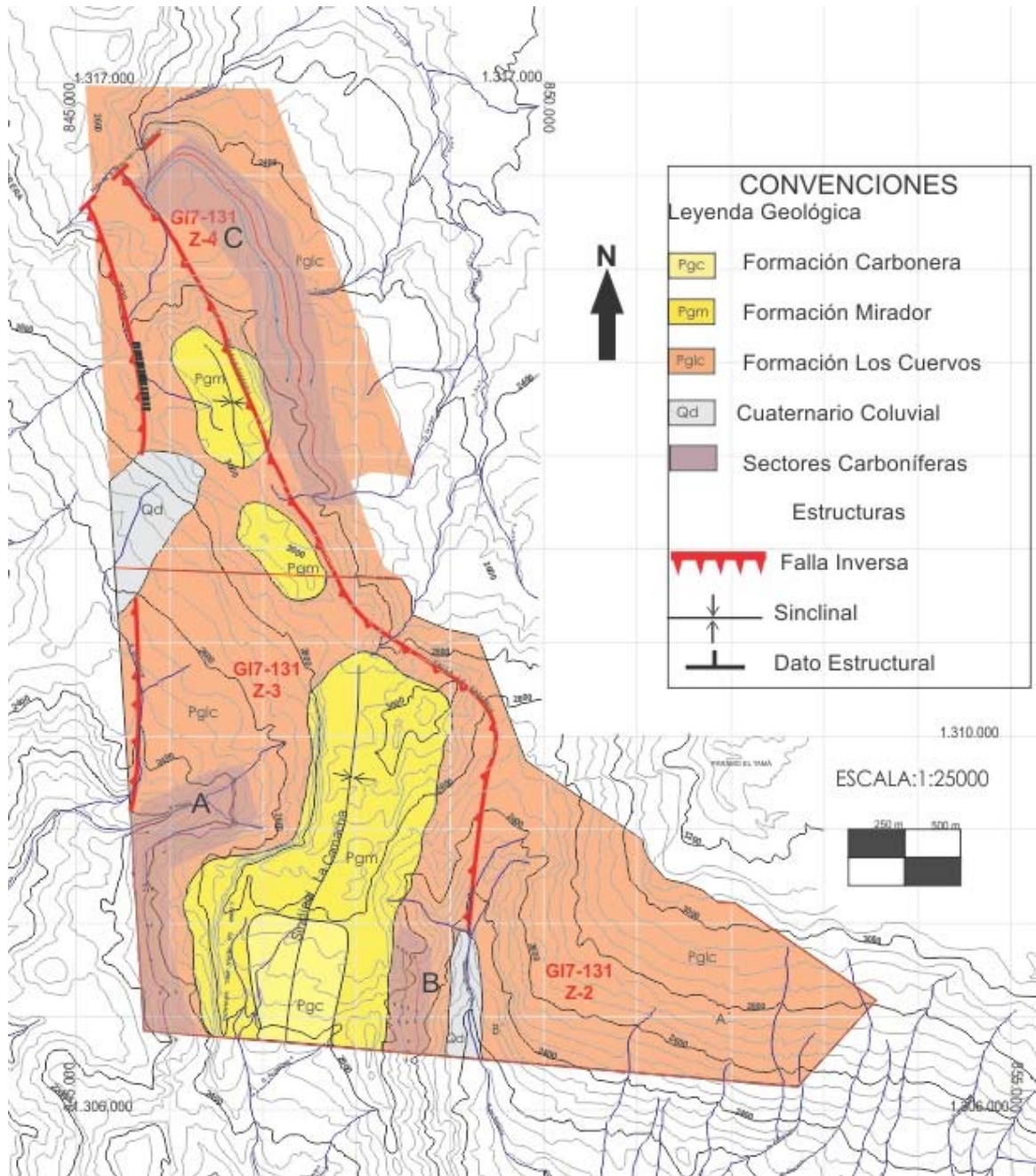
En el sector (B) La Samaria hacia el flanco E del Sinclinal La Camacha se identificaron 4 mantos de carbón con espesores entre 0.8 y 1.5 metros y cintas entre 0.1 y 0.5 metros, abarca una extensión aproximada de 1100 m.

En el sector (C) La Siberia hacia el E de la falla Samaria están presentes tres mantos de carbón entre 1.15 y 1.6 m de espesor y cintas entre 0.150 y 0.5 m, con una extensión de 4100 m aproximadamente.

Para el cálculo de recursos se emplea la metodología utilizada por el Ingeominas 2010, según el grado de certeza geológica se estima las categorías del recurso, que de acuerdo a la información geológica se pueden clasificar como recursos

indicados donde los puntos de información distan entre 500 y 1500 m el uno del otro, para la estimación de los recursos es necesario definir el área carbonífera, espesor promedio de un manto y densidad del carbón.

Figura 29. Sectores Carboníferos del polígono GI7-131.



Fuente el autor.

En la tabla 13 se muestran los valores del cálculo de recursos de los diferentes sectores.

Tabla 13. Cuantificación de recursos del polígono GI7-131.

Estimación de Recursos					
Sector A		Sector B		Sector C	
Flanco W Sinclinal La Camacha		Flanco E Sinclinal La Camacha		E de la Falla Samaria	
Manto 10	1.1541.476	Manto 10	4.141.937	Manto 50	7.370.314
Manto 20	5.567.636	Manto 20	1.484.762	Manto 60	10.632.993
Manto 30	4.122.572	Manto 30	1.984.885	Manto 70	6.110.882
Manto 40	4.818.267	Manto 40	1.443.597		
Total	26.049.995	Total	10.142.967	Total	24.114.184

Fuente el autor.

Recurso total= recursos sector A + recursos sector B + recursos sector C

Recurso total= 60.307.107 t.

Parámetros utilizados para la cuantificación de recursos del proyecto carbonífero Norte de Santander

1. Continuidad lateral de las capas de carbón.
2. Densidad del carbón 1.32 ton/m³

El tonelaje se obtiene de la siguiente manera:

$$t = a \cdot e \cdot d / \cos \alpha$$

Dónde:

t: Toneladas

a: área carbonífera

e: espesor promedio de los mantos (>0,60m)

d: densidad del carbón

α : inclinación promedio de los mantos de carbón.

Consideraciones:

Se asume la continuidad lateral de los niveles de carbón identificados.

El cálculo de recursos se hace teniendo en cuenta la inclinación promedio de los niveles de carbón.

Para el cálculo de recursos se tuvo en cuenta niveles cuyos espesores son mayores o iguales a 0,6 m.

Se considera una sumatoria de espesores para cada nivel o manto de carbón.

Se asume ángulo de buzamiento promedio para cada manto o nivel.

5. CONCLUSIONES

Según la cartografía geológica desarrollada a escala 1:25000 y a la expuesta por el Ingeominas para la plancha 111 de Toledo, en comparación se presenta cambios con respecto a los contactos entre las formaciones Mirador y Los Cuervos, la formación Barco no aflora dentro del área explorada y la cartografía de un depósito coluvión localizado al sureste del polígono a lo largo de la quebrada La Samaria, son algunos de los aportes que se destacan de la cartografía realizada en esta área.

Las correlaciones estratigráficas permitieron ver la continuidad de los mantos de carbón, y ubicar el depósito en el área, así como determinar los tres sectores carboníferos.

El sector A El Cedral no se encuentra afectado por fallas, siendo los mantos de este sector los que presentan menos variaciones en espesor, el maceral predominante es vitreño, en el sector B La Samaria, la falla homónima levanta e inclina los mantos de carbón pero no afecta la continuidad de éstos y el sector C La Siberia, donde la falla Quebrada Aguablanca limita tanto el área de la concesión como la continuidad de los mantos de carbón, presentando predominantemente intercalaciones entre los macerales vitreño y clareño.

La falla Samaria afecta los mantos de carbón en la zona 4 en el cierre del Sinclinal donde los desplaza y limita su continuidad, así mismo la falla El Trapiche afecta negativamente los mantos de carbón.

Se correlacionaron en total 11 mantos de carbón en los tres sectores, a partir de los cuales se calcularon recursos indicados, dando como resultado 60.307.107 t en total.

Se recomienda realizar perforación en la zona del Páramo Tamá para determinar la presencia de los niveles carboníferos, ya que según las litologías encontradas en superficie estaría en el nivel medio alto de la Formación Los Cuervos, así como en la zona 3 donde los trabajos de exploración son muy escasos y permitiría establecer la continuidad de los mantos encontrados al sur en la zona 2.

BIBLIOGRAFIA

BLANCO V, Vladimir, et al. Un sistema petrolífero de edad terciaria en la cuenca Catatumbo-Colombia: evidencias de una roca generadora desconocida de paleoceno. En: X simposio bolivariano exploración petrolífera en cuencas subandinas (julio: Cartagena, Bolívar).Artículo. Bogotá D.C., 2009. p. 1-10.

GUILLERMO B. Conferencias sobre macerales de los carbones. Colminas S.A., 2008.

INGEOMINAS. El carbón Colombiano. Recursos, reservas y calidad. Bogotá D.C., 2004. p 391-448.

ROYERO, J, et al. Geología de la plancha 111 Toledo. Escala 1:100.000. Bogotá D.C.: Ingeominas, 1999.1 mapa.

ROYERO, J, et al. Geología y Geoquímica de la plancha 111 Toledo-Norte de Santander. Memoria explicativa. Bogotá D.C.: Ingeominas 2001.

VILLOTA, H. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Primera parte: geomorfología de zonas montañosas colinadas y onduladas. Bogotá D.C.: Igac, 1991. p 69-122.

RECURSOS ELECTRONICOS

GOOGLE EARTH, 2009.

IGAC. Mapa físico-político [recursos electrónicos en línea].
http://190.254.22.44/mapas_de_colombia/IGAC/Matis_Colombia.pdf.

ORDOÑEZ, M y BRIONES, M. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, 2004. [Recursos Electrónicos en Línea]. http://books.google.com.co/books?id=TQfX0cL3ieQC&pg=PA52&dq=relieve+de+monta%C3%B1as&hl=es&ei=tPv5TcnMO4qo0AHn-LWHAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CD0Q6AEwAw#v=onepage&q=relieve%20de%20monta%C3%B1as&f=false

TEJADA, G. Vocabulario geomorfológico. Akal, S.A., 1994. [Recursos Electrónicos en Línea]. http://books.google.com.co/books?id=TQ7xkErT4zcC&pg=PA63&dq=relieve+de+valles&hl=es&ei=G__5Tcv6IKuq0AGzyty0Aw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=relieve%20de%20valles&f=false

ROMERO, A et al. Espacio Geográfico. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma de México, 2000. [Recursos Electrónicos en Línea]. http://books.google.com.co/books?id=cKisALkZmuoC&pg=PA139&dq=definicion+de+clima&hl=es&ei=mvT5Tc29MMPo0QGSwtCIAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&sqi=2&ved=0CEMQ6AEwBQ#v=onepage&q&f=false.

FEO, J. Geografía de América. Norma S.A., 2005. [Recursos Electrónicos en Línea]. http://books.google.com.co/books?id=Yd6-iQDWzEMC&pg=PA28&dq=pisos+t%C3%A9rmicos&hl=es&ei=ngP6TYHuOobh0QHmqeihAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=pisos%20t%C3%A9rmicos&f=false

RESTREPO, A. Los sedimentos el río magdalena: reflejo de la crisis ambiental. Colciencias, 2005. [Recursos Electrónicos En Línea]. http://books.google.com.co/books?id=HKV1j3wKT2wC&pg=PA82&dq=bosques+subandinos&hl=es&ei=jAf6TaSGE8XZ0QGZmpTHAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q=bosques%20subandinos&f=false

AUDESIRK, T. Ciencia y Naturaleza. Pearson, 2004. [Recursos Electrónicos en Línea].

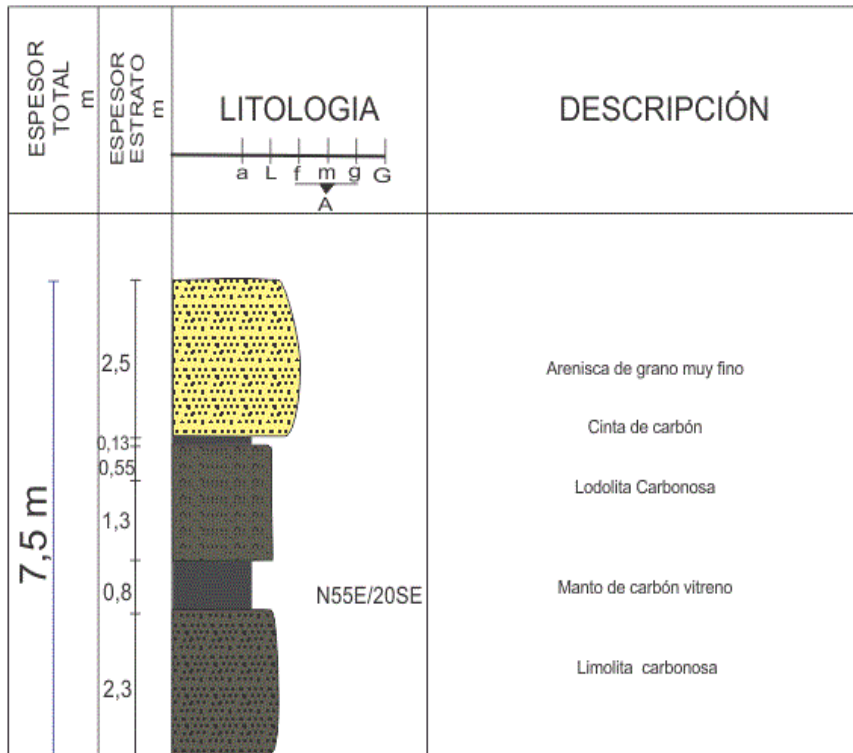
http://books.google.com.co/books?id=YNxwYAkhaqsC&pg=PA534&dq=tipos+de+vegetacion+segun+altitud&hl=es&ei=vwf6TYWiFOfo0QGtwvDbAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CFcQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false

ANEXOS

INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A 5
POLÍGONO G17-131
Vereda El Cedral , Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
Escala 1:100

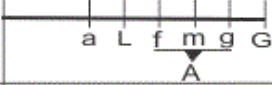

Punto de Inicio: E:845.822 N:1.307.614
Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A 06
POLÍGONO GI7-131 Z2
Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
Escala 1:100

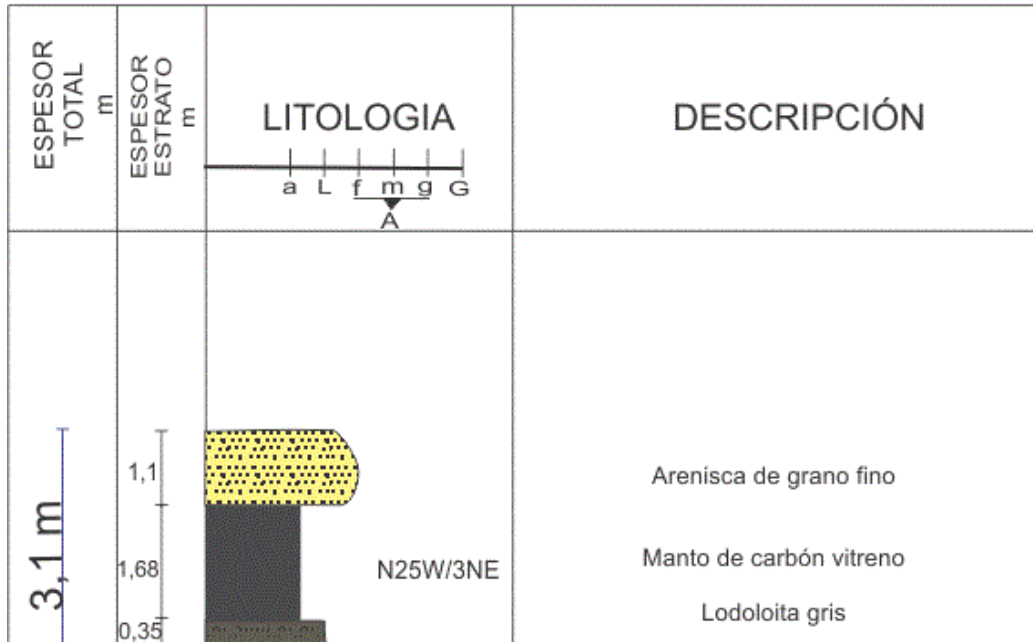
Punto de Inicio: E:845.459 N:1.308.680
Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

ESPESOR TOTAL m	ESPESOR ESTRATO m	LITOLOGIA 	DESCRIPCIÓN
8 m	1,2 2,1 0,85		Limolita Carbonosa Manto de carbón vitreno Lodolita carbonosa

INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA AA3
POLÍGONO GI7-131
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

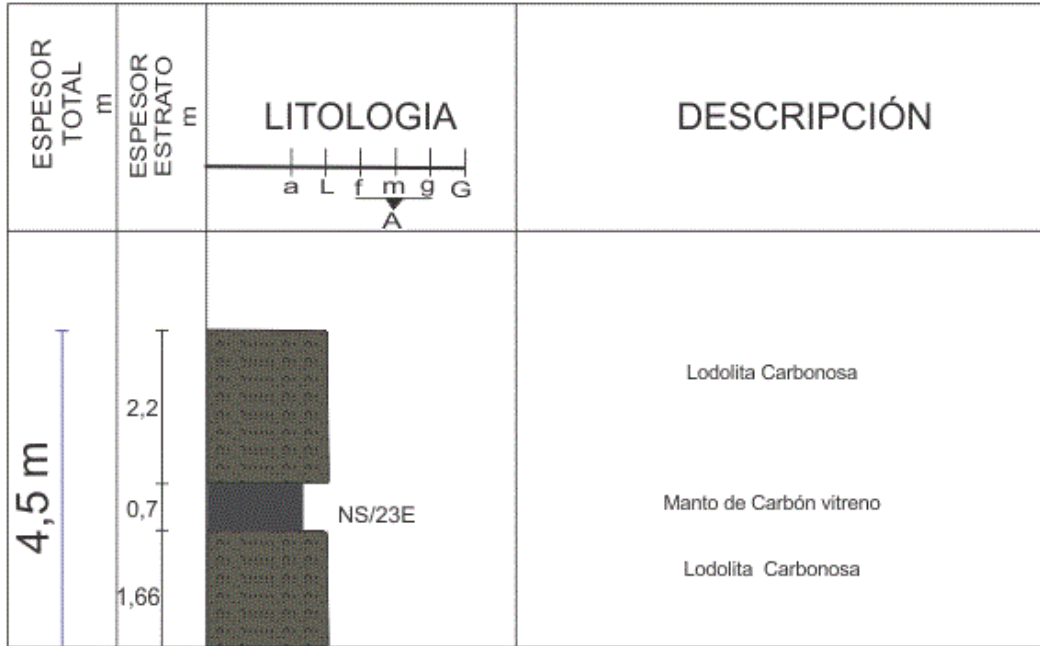
Punto de Inicio: E:845.629 N:1.3308.873
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A 12
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

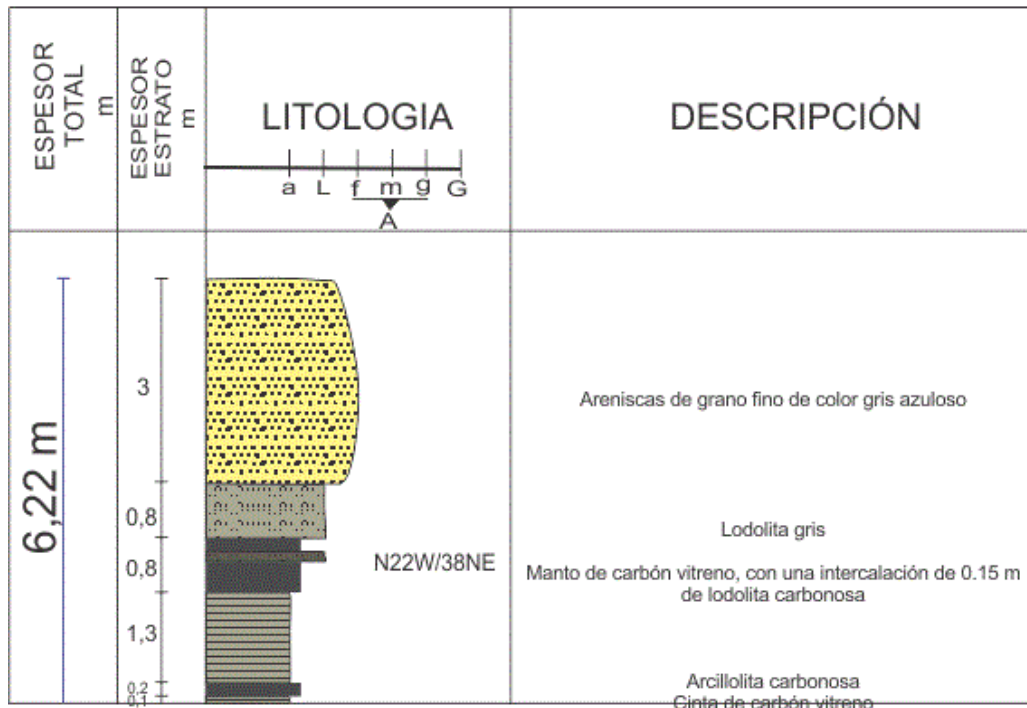
Punto de Inicio: E:845.992 N:1.307.335
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A 11
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborada por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

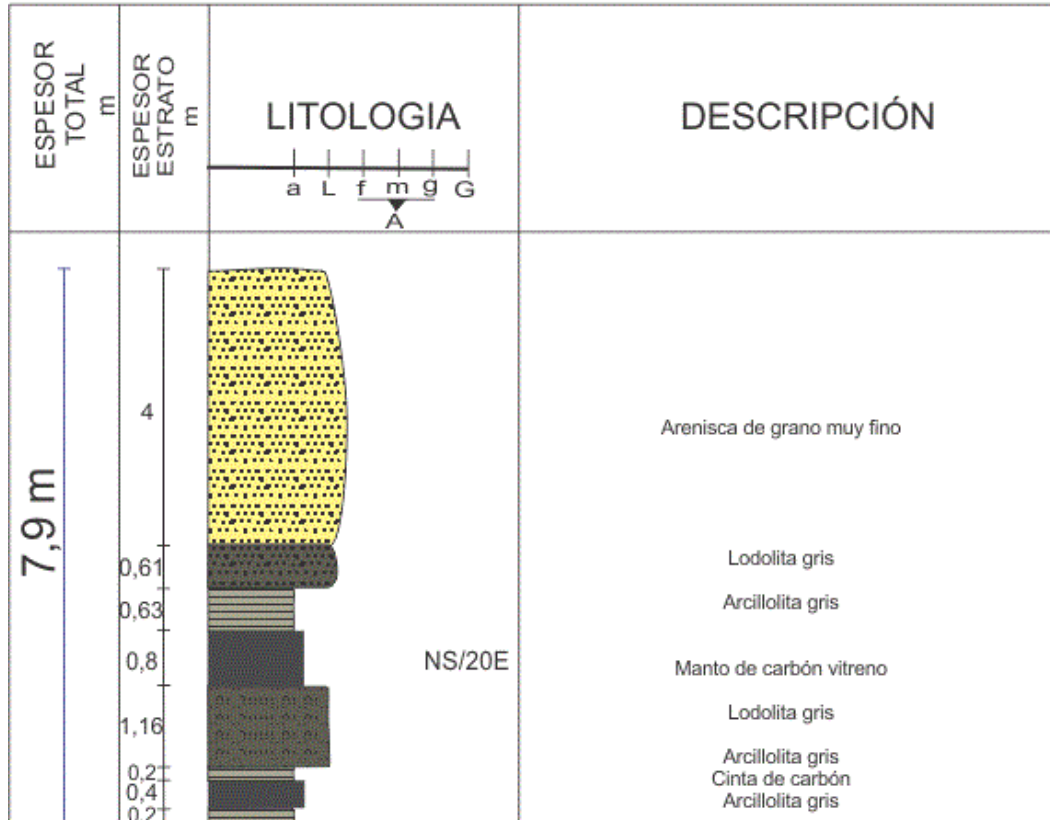
P unto de Inicio: E:846.081 N:1.306.748
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A 10
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

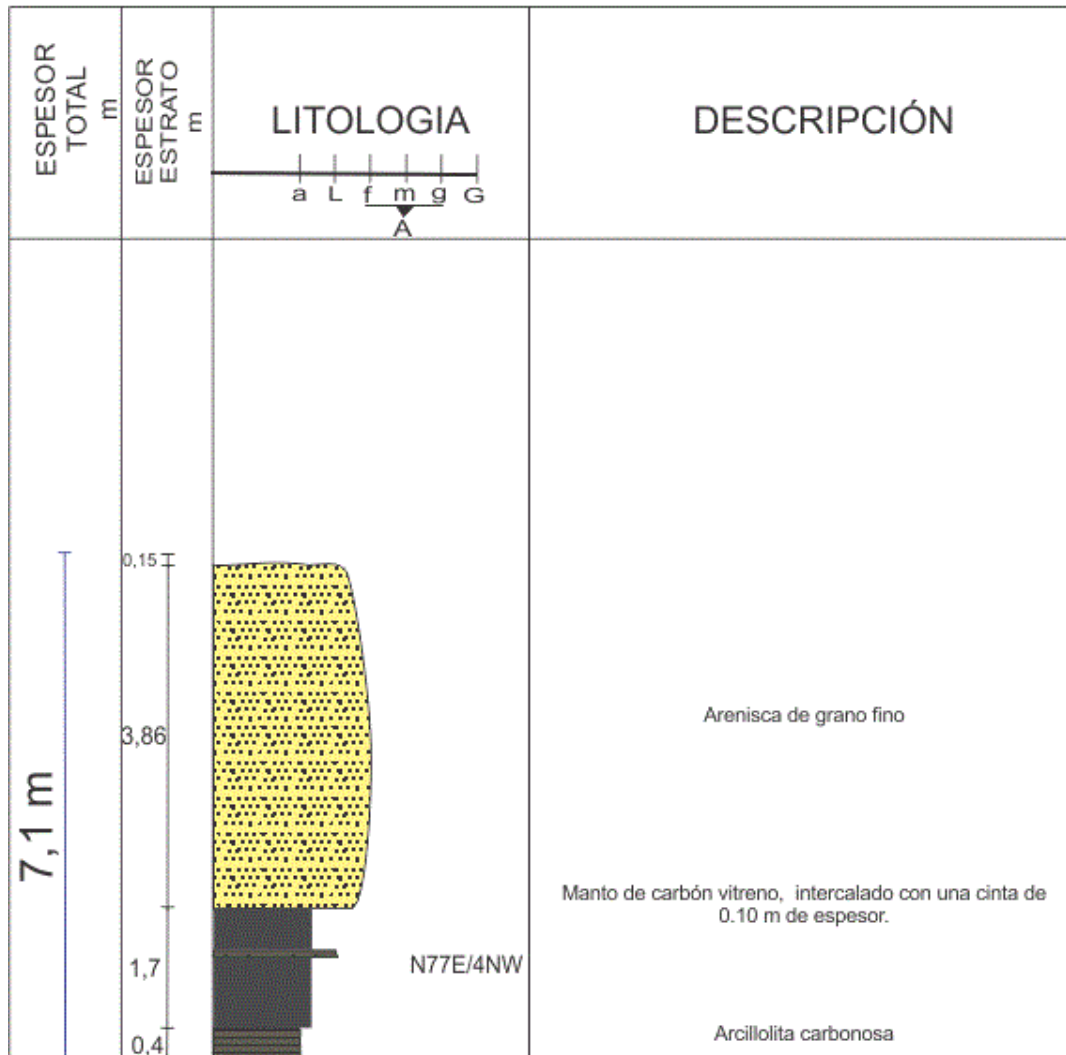
Punto de Inicio: E:846062 N:1.306.67
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A07
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.807 N:1.308.953
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA AA5
POLÍGONO GI7-131

Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.646 N:1.309.073
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

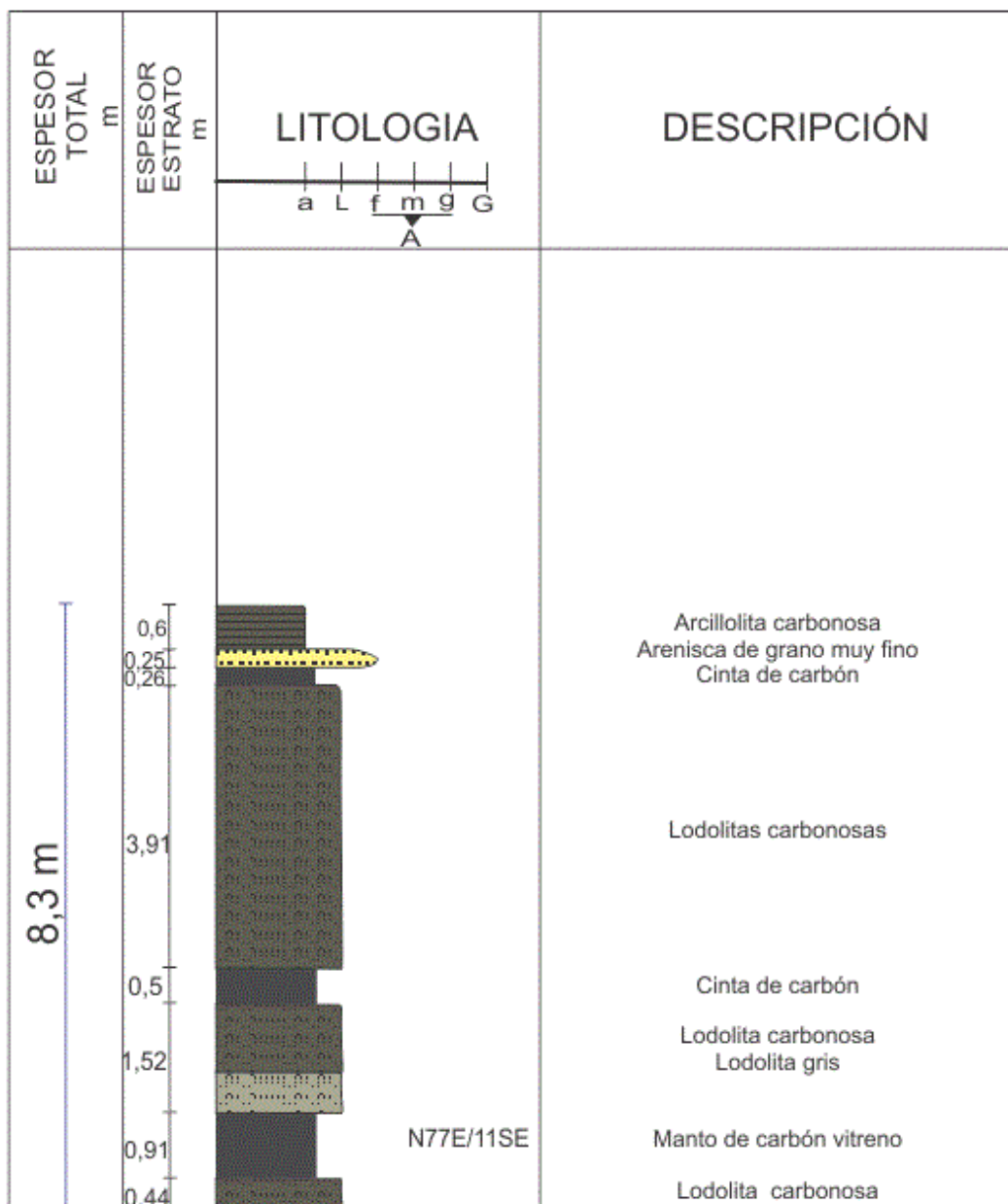


INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA RD 98
POLÍGONO GI7-131 Z2

Vereda El Cedral, Municipio de Toledo , Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

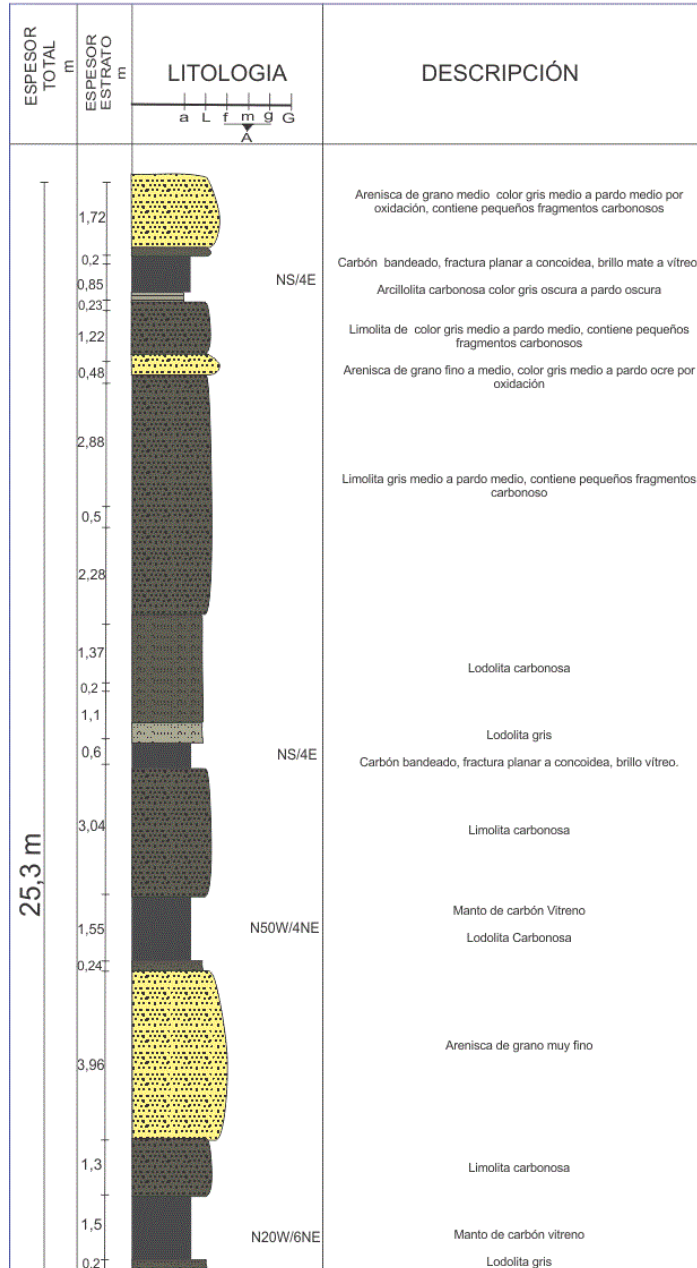
Punto de Inicio: E:847.035 N:1.315.123
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA RD 83
POLÍGONO GI7-131
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala : 1:100

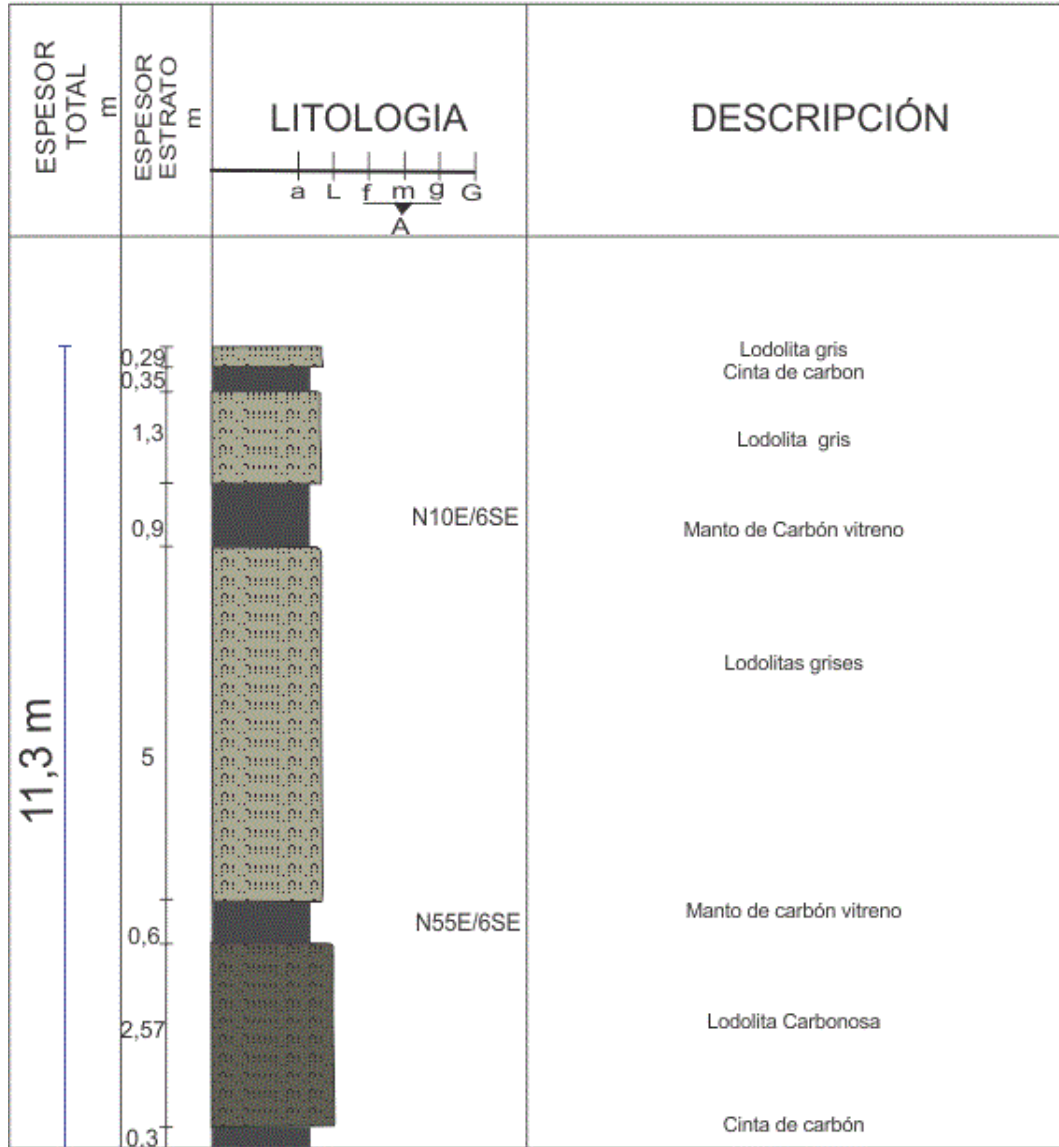
Punto de Inicio: E: 845.691 N: 1.308.644
 Punto final: E: 845.817 N: 1.308.347
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA NL 21
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborada por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.838 N:1.308.304
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

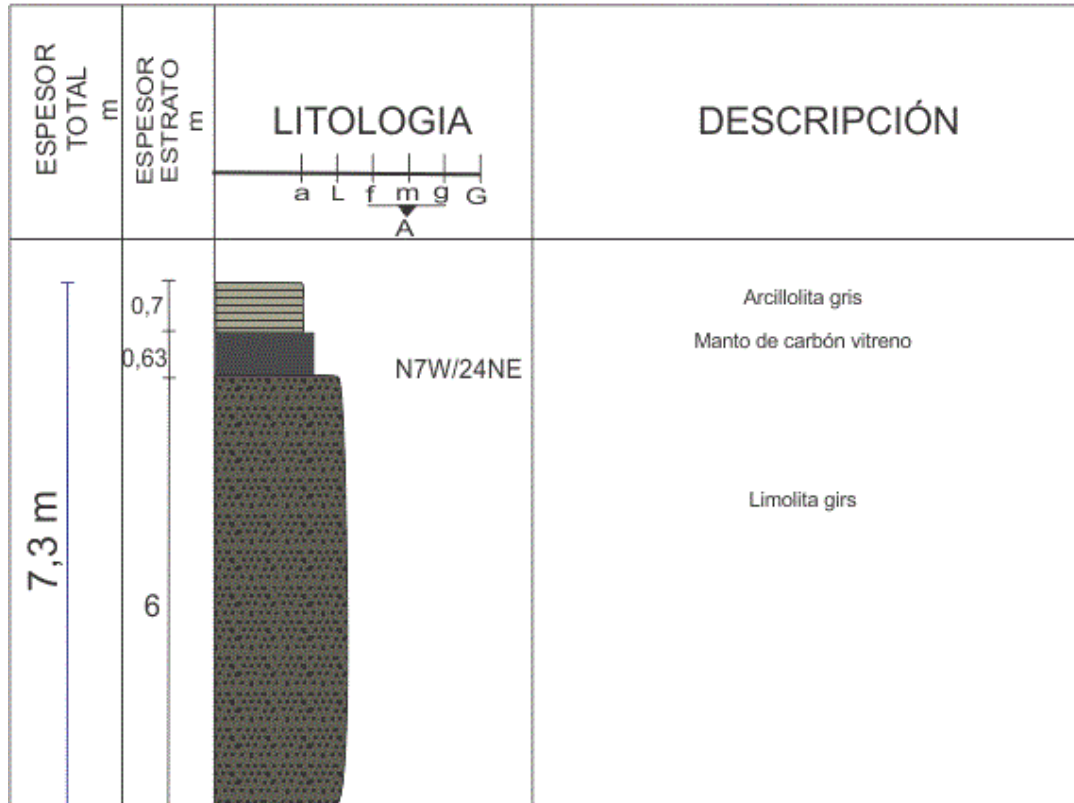


INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N14
POLÍGONO GI7-131

Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

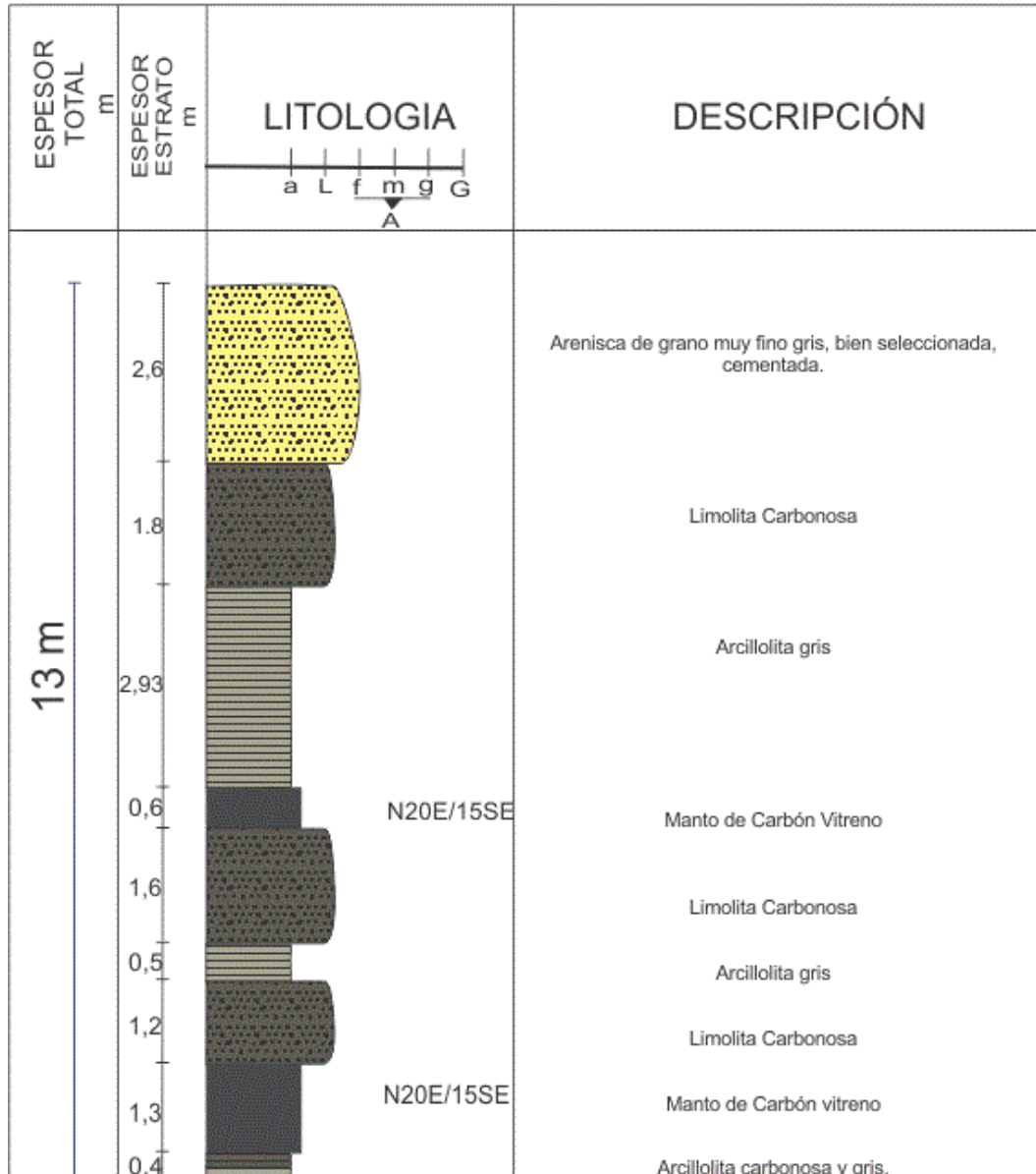
Punto de Inicio: E:845.741 N:1.308.728
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LR 1
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.792 N:1.308.368
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

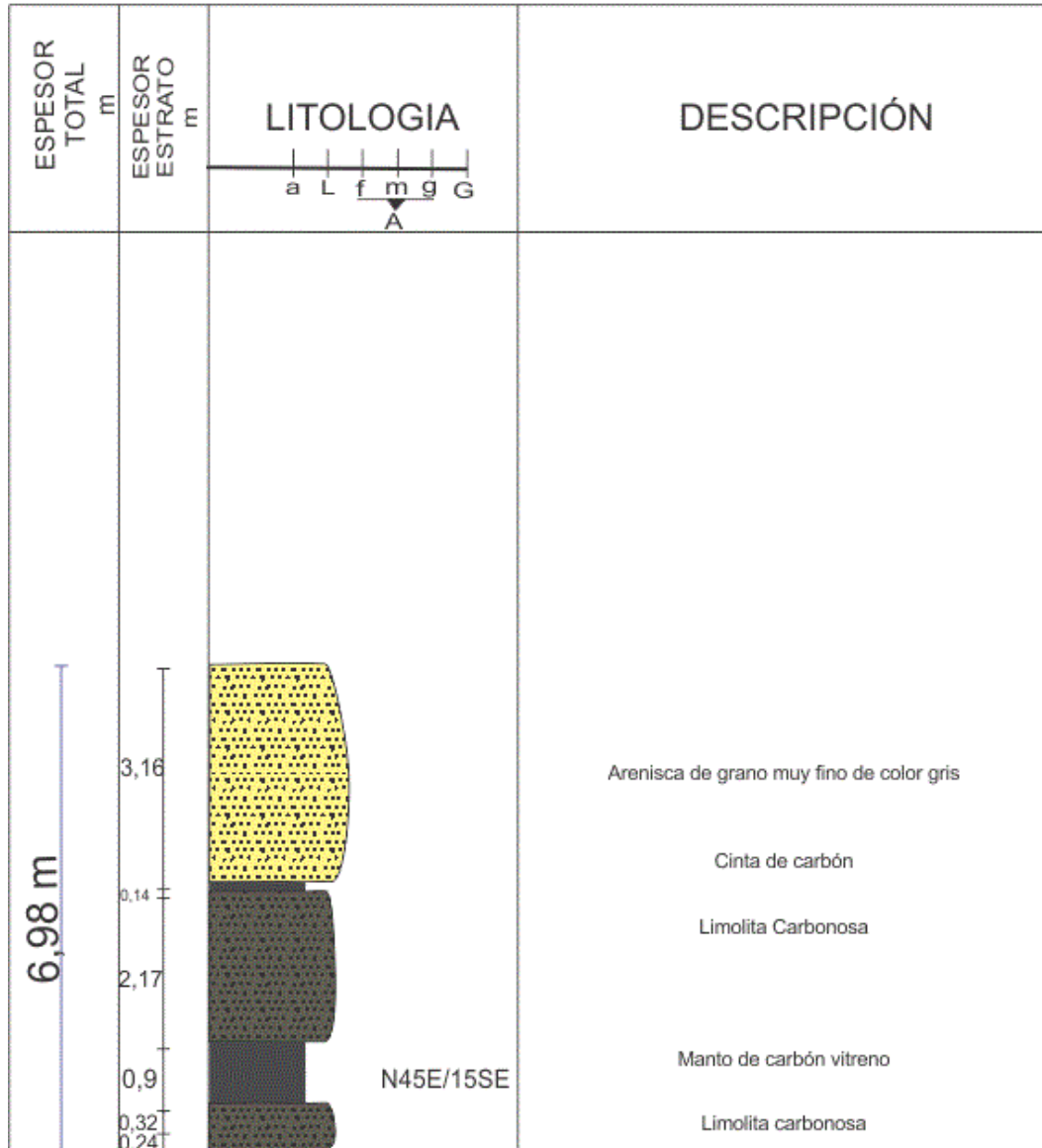


INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA ANA 2
POLÍGONO GI7-131

Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.903 N:1.309.209
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

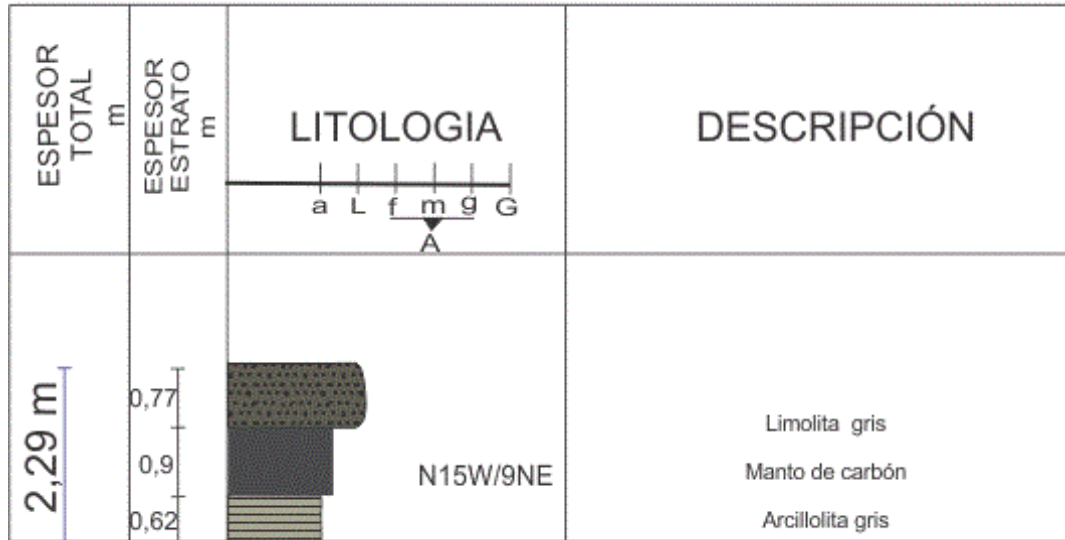


INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA ANA 1
POLÍGONO GI7-131

Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

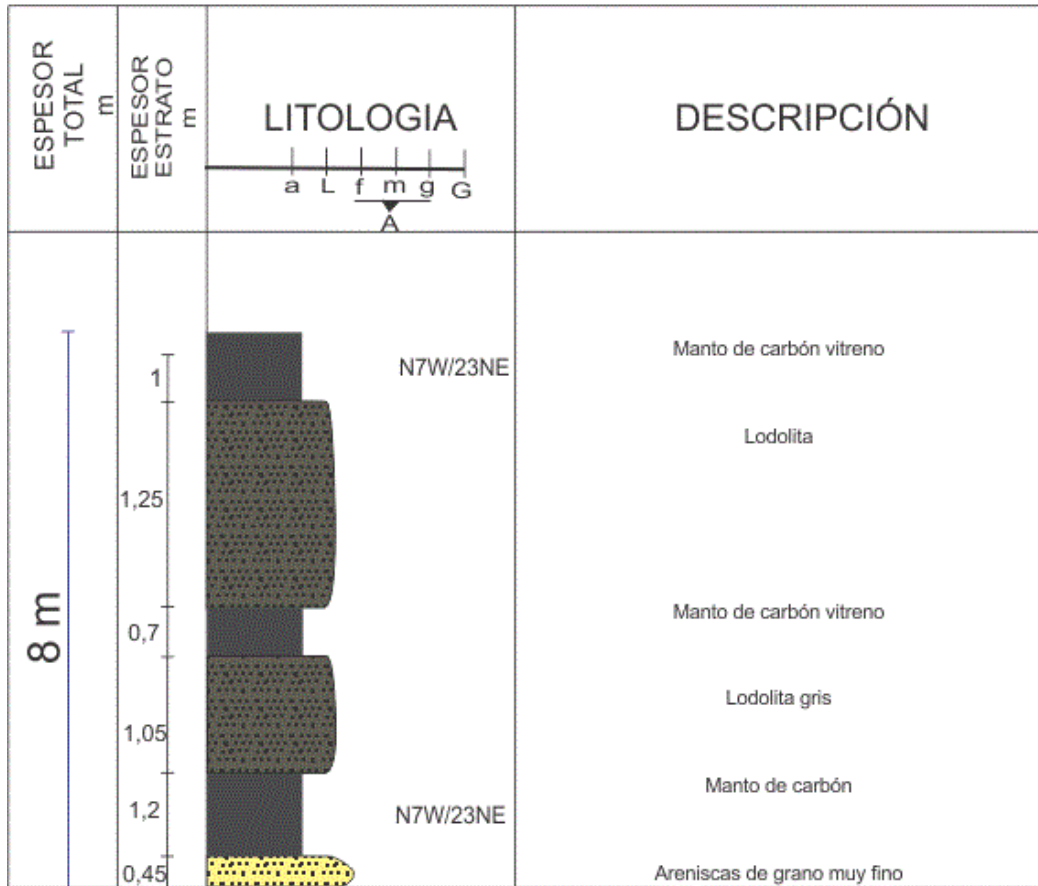
Punto de Inicio: E:845.950 N:1.309.110
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA RI 002
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda El Cedral, Municipio de Toledo, Norte de Santander


Elaborada por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

Punto de Inicio: E:845.927 N:1.307.254
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA SMS 001
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda Samaria, Municipio de Toledo, Norte de Santander

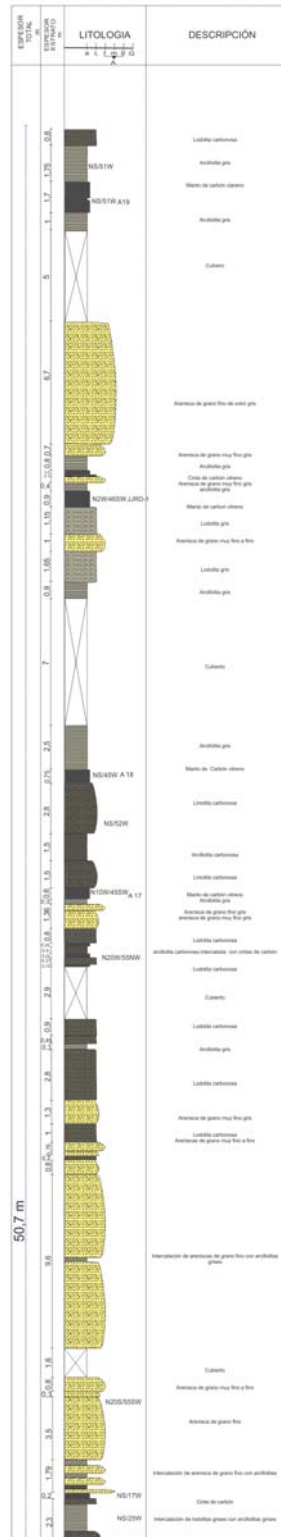
Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón Punto de Inicio: E:848.682 N:1.306.645
 Escala 1:100 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

ESPESOR TOTAL m	ESPESOR ESTRATO m	LITOLOGIA a L f m g G A	DESCRIPCIÓN
1,56 m	0,2 0,8 0,5	 NS/30W	Arcillolita gris Manto de carbón vitreño Arcillolita gris

INGEANDINA S.A.
 COLUMNA ESTRATIGRAFICA, CASO 3
 POLIGONO G17-131 Z2
 Vereda Samaria, Municipio de Tolú, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Méndez Muñoz Chaves
 Fecha: 7/08/2018

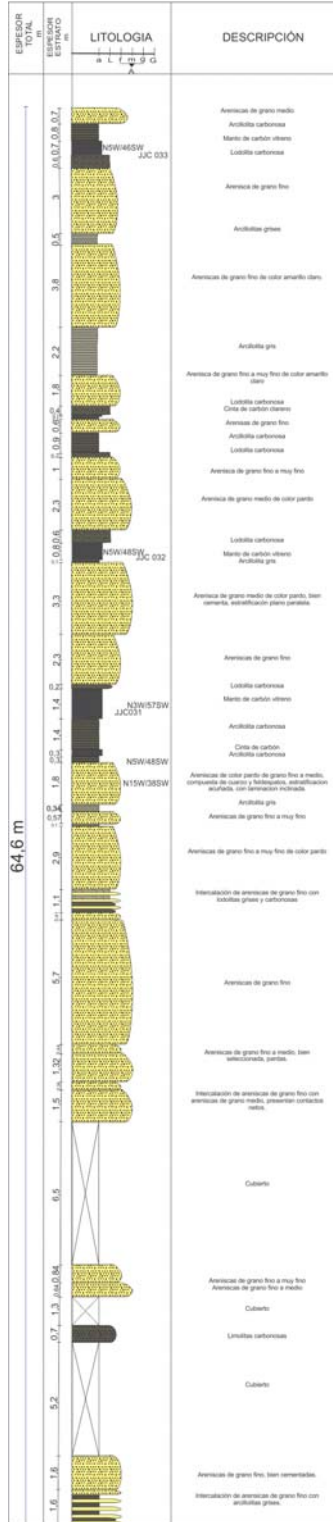
Punto de Inicio: E 848 996 N 1 267 294
 Punto Final: E 848 914 N 1 267 448
 Sistema de coordenadas: UTM ZONA 18E



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRAFICA CAÑO 2
POLIGONO GT-131 Z2
Vereda Samaria, Municipio de Tolosa, Norte de Santander

Elaborado por: Adriano Martínez Moreno Chacón
Escala: 1:100


Punto de Inicio: E:848.836 N:1.106.936
Punto final: E:848.836 N:1.107.052
Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central E-60



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA SMS 004
POLÍGONO GI7-131 Z2
 Vereda Samaria, Municipio de Toledo, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón
 Escala 1:100

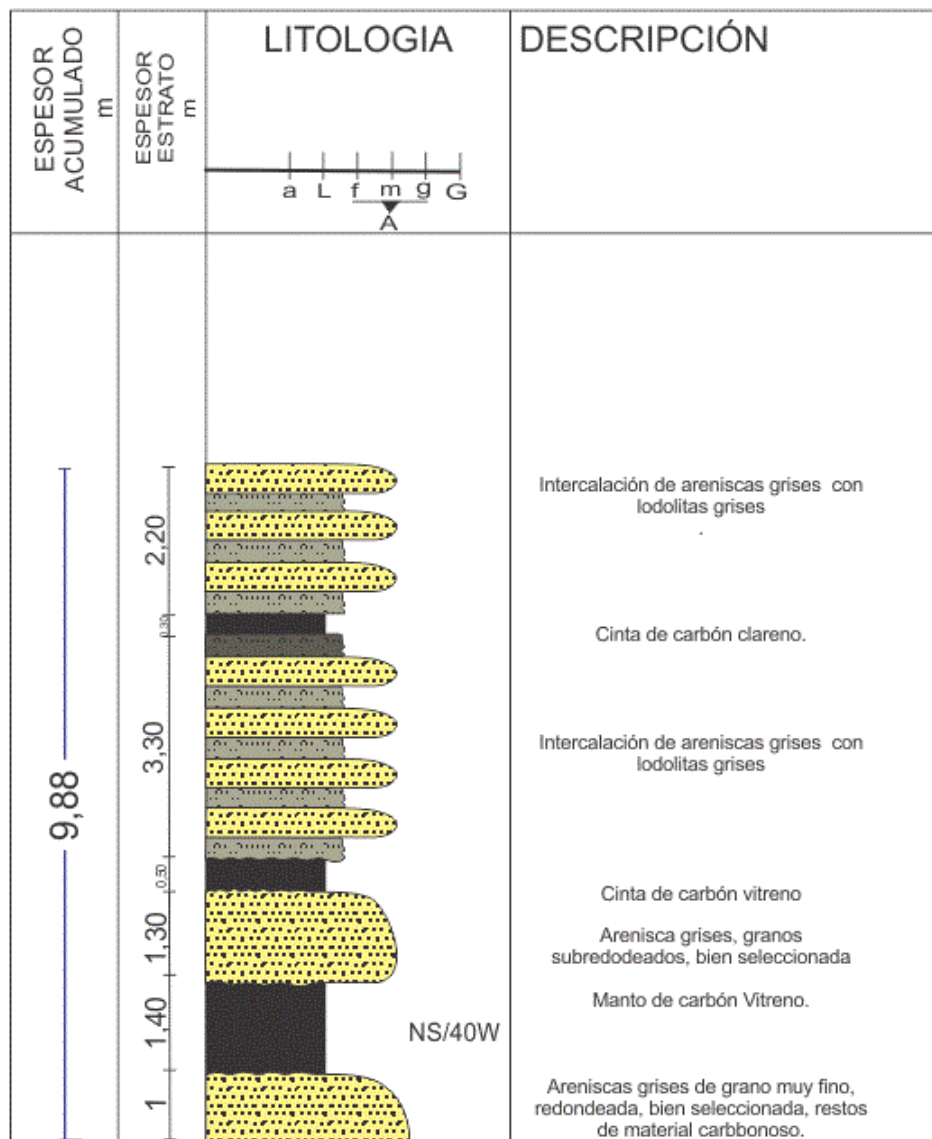
Punto de Inicio: E:848.624 N:1.306.792
 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

ESPESOR TOTAL m	ESPESOR ESTRATO m	LITOLOGIA a L f m g G A	DESCRIPCIÓN
3,51 m	0,7 0,8 0,7 0,3 1	 NS/30W	Arcillolita gris Cinta de carbón vitreño Arcillolita gris Manto de carbón vitreño Arcillolita gris

INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA QUEBRADA OROCUE
POLÍGONO GI7-131 Z4

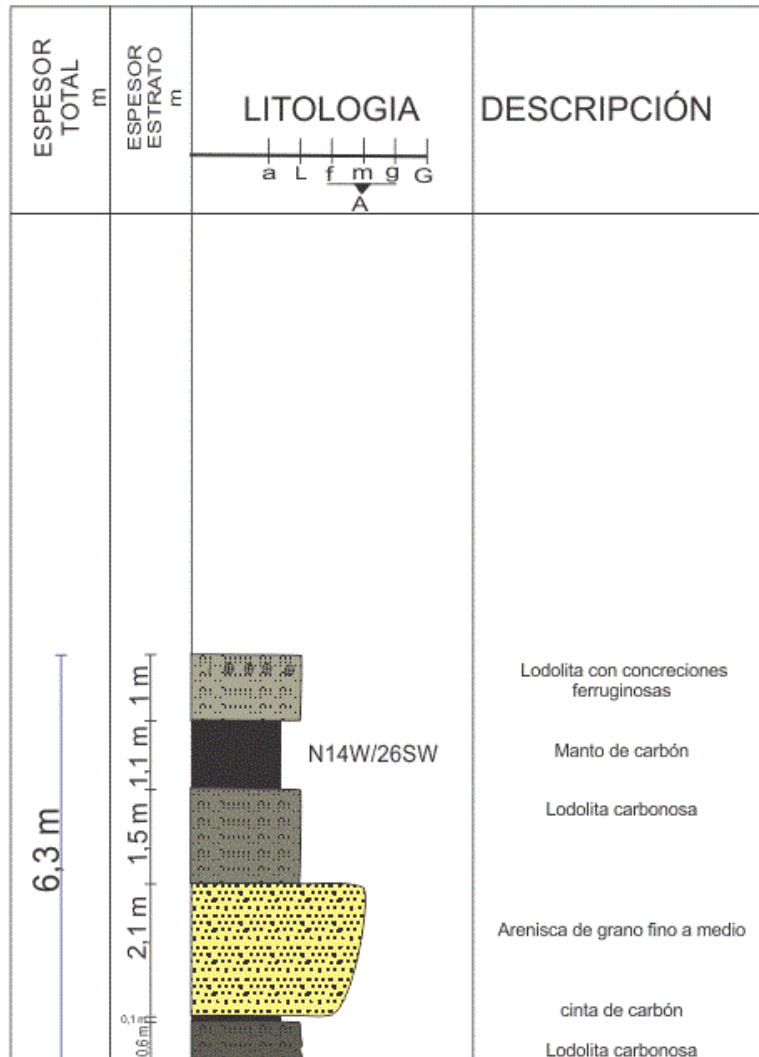
Vereda Siberia, Municipio de Herrán, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón Punto de Inicio: E:847.756 N:1.312.476
 Escala 1:100 Sistema de coordenadas: Bogotá zona central este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA JJC 073
POLÍGONO GI7-131 Z4
 Vereda Siberia, Municipio de Herrán, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón Punto de Inicio: E: 847.183 N: 1.314.446
 Escala 1:100 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este



INGEANDINA S.A.
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA AM 021
POLÍGONO GI7-131 Z 4
 Vereda Siberia, Municipio de Herrán, Norte de Santander

Elaborado por: Adriana Mercedes Moreno Chacón Punto de Inicio: E:847.035 N:1.315.123
 Escala 1:100 Sistema de coordenadas: Bogotá Zona central Este

