

**“DISTRIBUCIÓN, CALIDAD Y TIPO DE ROCA MEDIANTE LA
INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA EL PROYECTO APOLO II
CONCESIÓN DE CEMEX COLOMBIA S.A.”**

ANDERSSON ENRIQUE ARDILA ARDILA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

**“DISTRIBUCIÓN, CALIDAD Y TIPO DE ROCA MEDIANTE LA
INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA EL PROYECTO APOLO II
CONCESIÓN DE CEMEX COLOMBIA S.A.”**

ANDERSSON ENRIQUE ARDILA ARDILA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Geólogo

Director:

P.h.D LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA

Co-director:

Geólogo ANTONIO BROJANIGO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

Dios.

***Para ti mama, papa y
hermanita.***

Para ti princesa.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la compañía Cemex Colombia por permitirme realizar mis prácticas empresariales e iniciar mi carrera como profesional en el área de geología, especialmente al profesor Luis Enrique Cruz por el acompañamiento y seguimiento de este proyecto de grado. También agradezco a todas aquellas personas, amigos y compañeros, que siempre estuvieron apoyándome en cada una de las metas que me propuse, recordando a mis amigos Iván Báez, Juan Motta y aquellos que participaron en cada una de las pequeñas epopeyas a lo largo de nuestra carrera universitaria. A la escuela de geología por brindarme su apoyo y regalarme las mejores experiencias tanto académicas como personales. Gracias a mi familia, mi papa, mi mama y mi hermana por acompañarme en este camino y sobretodo muchas gracias a ti Laura Meléndez.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
JUSTIFICACION	16
OBJETIVOS	17
1. METODOLOGIA	18
1.1. FASE PRE-CAMPO	18
1.2. FASE DE CAMPO	19
1.3. FASE DE OFICINA	20
2. GENERALIDADES	21
2.1. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO	21
2.1.1. Cemex Colombia S.A.	22
2.1.1.1. Misión.	22
2.1.1.2. Visión.	22
2.2. PROCESO DE PRODUCCION DE CEMENTO.	23
2.3. LOCALIZACION AREA DEL PROYECTO.	25
3. MARCO TEORICO	26
3.1. MARCO GEOLOGICO REGIONAL	26
3.1.1. Formación Arcabuco (Jar).	26
3.1.2. Formación Cumbre (kic).	27
3.1.3. Formación Rosa Blanca (kir).	28
3.1.4. Formación Ritoque (kiri).	29
3.1.5. Formación Paja (kip).	30
3.1.6. Formación San Gil Inferior (kmsgi).	31
3.1.7. Formación San Gil Superior (kmsgs).	31
3.1.8. Depósitos Cuaternarios	32
3.1.8.1. Cuaternario Aluvial (qal).	32

3.1.8.2.	Cuaternario Coluvial	32
4.	CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO	33
5.	CAMPAÑA DE PERFORACION	37
6.	INTERPRETACION DE RESULTADOS	42
6.1.	Interpretación de la data química.	43
6.2.	Interpretación estructural y modelo geológico en 3D.	47
7.	CONCLUSIONES	51
	BIBLIOGRAFIA	52
	ANEXOS	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de fabricación de cemento.	24
Figura 2. Mapa de localización geografía del área de estudio donde se muestra el área del título minero perteneciente a Cemex Colombia.	25
Figura 3. Mallas de perforación establecidas para la localización de los puntos de perforación en la zona.	34
Figura 4. Líneas base para los perfiles topográficos de la zona según los puntos de perforación establecidos en la tercera etapa de planificación.	35
Figura 5. Sección horizontal de un perfil topográfico del área de estudio.	36
Figura 6. Frente de explotación expuesto en la zona, se muestra la posición de los estratos de los cuerpos de caliza de interés.	38
Figura 7. Cajas de núcleos de material plástico.	39
Figura 8. Plataforma de perforación con el personal operativo, realizando la labor de inspección de control.	40
Figura 9. Procedimiento para confirmar la recuperación de núcleo.	41
Figura 10. Mapa topográfico de la zona, donde se resalta la ubicación de los pozos AP1, AP2, AP3, AP4, AP5 y AP6.	42
Figura 11. Información de sondeos puestos en el perfil topográfico para su posterior interpretación en el perfil A.	47
Figura 12. Interpretación estratigráfica parcial de los materiales de roca identificados en los sondeos en perfil A.	48
Figura 13. Interpretación estratigráfica final del perfil A.	49
Figura 14. Modelo geológico en 3D generado con ayuda del software minero SURPAC.	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronograma de actividades correspondientes al desarrollo del proyecto año 2013.	20
Tabla 2. Formato de entrega de datos por parte del laboratorio Cemex.	43
Tabla 3. Tabla de interpretación por pozo de la data química según su tipo de roca.	45
Tabla 4. Log de perforación, correspondiente a del sondeo AP1.	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. LOGS de perforación	55
ANEXO B. Perfiles topográficos con sondeos exploratorios	62
ANEXO C. Perfiles geológicos	64

RESUMEN

TITULO: DISTRIBUCIÓN, CALIDAD Y TIPO DE ROCA MEDIANTE LA INTERPRETACION DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA EL PROYECTO APOLO II CONCESIÓN DE CEMEX COLOMBIA S.A.*

AUTOR: ANDERSSON ENRIQUE ARDILA ARDILA.**

PALABRAS CLAVES: Análisis químicos, perforación, distribución, cemento, clinker, calizas.

CONTENIDO:

En el presente trabajo de grado se realizó la interpretación del tipo, distribución y calidad de roca a partir de los análisis químicos llevados a cabo a las muestras recolectadas en la campaña de perforación exploratoria que se desarrolló en la zona de estudio denominada Apolo II.

Estos análisis químicos permitieron la interpretación del tipo, distribución y calidad de roca, partiendo de la composición química de la roca se generó un modelo geológico determinando el tipo y la distribución de la roca, y de acuerdo a un diseño con estándares establecidos por la compañía se evalúa la calidad para la fabricación de clinker y cemento con las propiedades químicas del material.

Con la información proveniente de la campaña de perforación exploratoria de 2380 m, distribuidos en 19 sondeos, la interpretación geológica de la data y manejo del software Surpac, se pudo estimar que en los predios de Cemex la cantidad de reservas son aptas para la producción en planta de cemento y clinker.

En términos muy generales, este yacimiento se trata de la intercalación de capas de calizas de diferentes espesores, sub horizontales, con contenidos de SiO₂ variables entre el 8 y 25%, constituyéndose todo el conjunto en un paquete calcáreo de unos 88 m de espesor promedio. Este paquete de calizas está suprayacido y cubierto por un paquete de arcillas y lutitas denominado material estéril.

Debido a las cláusulas de confidencialidad de la empresa para con el proyecto Apolo II solo está permitido mostrar información y resultados de interpretación de los 6 primeros sondeos exploratorios.

* Proyecto de Grado, Modalidad: Practica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Geología. Director, Ph.D Luis Enrique Cruz Guevara. Codirector: Geólogo Antonio Brojanigo.

ABSTRACT

TITLE: DISTRIBUTION QUALITY AND TYPE OF ROCK THROUGH THE INTERPRETATION OF CHEMICAL ANALYSIS FOR PROJECT APOLLO II GRANT CEMEX COLOMBIA S.A.*

AUTHOR: ANDERSSON ENRIQUE ARDILA ARDILA.**

KEYWORDS: chemical analysis, drilling, distribution, cement, clinker, limestone.

CONTENTS:

In this interpretation work of chemical analyzes conducted in the exploratory drilling campaign that developed in the study area called Apollo II.

These chemical analyzes allowed to interpret the type, distribution and quality of the basis of how the chemical composition of a geologic model rock determining the type and distribution of the rock, and according to a design with standards set by the quality company for manufacturing cement clinker and chemical properties of the material being evaluated.

With the information from the exploration drilling campaign of 2380 m, distributed in 19 surveys, geological data interpretation and management of Surpac software, it was estimated that on the grounds of Cemex the amount of suitable reserves to production plant cement and clinker.

In very general terms, this site is the intercalation of layers of different thicknesses, horizontal sub, limestone with varying SiO₂ content (8 and 25%), constituting the whole package in a limestone about 88m thick average. This package is covered with limestone and shale clays called sterile material.

Due to the confidentiality provisions of the company for the Apollo II project is only allowed to display information and interpretation of results of the first 6 exploration wells.

* Graduation Project, Business Practice Mode

** Faculty of Engineering physicochemical, School of Geology. Director, Ph.D Luis Enrique Cruz Guevara. CoDirector: Geologist Antonio Brojanigo.

INTRODUCCION

Dentro de los títulos mineros otorgados a la compañía, Cemex Colombia cuenta con uno en el que se centrara este trabajo, el cual tiene como objetivo principal la explotación y aprovechamiento de caliza y otros minerales utilizados en la fabricación de cemento y productos afines.

El objetivo de este proyecto es determinar la distribución, calidad y tipo de roca por medio de la interpretación de análisis químicos de núcleos obtenidos en la campaña exploratoria denominada Apolo II, y cuya licencia minera pertenece a Cemex Colombia S.A.

Con el objetivo de cumplir con la finalidad del proyecto, se elaboró una metodología que condujera a obtener las respuestas buscadas al inicio del trabajo, entre ellas, la recolección de testigos de muestra obtenidas en la campaña de perforación, un estudio de análisis químicos de las muestras enviadas al laboratorio, que permitieran identificar más detalladamente el tipo de roca basándose en su composición química y finalmente teniendo en cuenta los resultados obtenidos, elaborar un modelo geológico que ayudara determinar la calidad y posible cantidad de recursos con la que cuenta el área correspondiente.

Cabe aclarar que la campaña en su totalidad tuvo una extensión de 2380 metros de perforación, pero debido a la confidencialidad del proyecto, aquí se presentara un total de 6 de los 19 pozos con los que cuenta el trabajo, por la misma razón se omiten las coordenadas del lugar y las vías de acceso del mismo.

JUSTIFICACION

Para Cemex Colombia S.A. es de suma importancia realizar este tipo de estudios en las concesiones de su propiedad, para la fabricación de su principal producto de venta que es el cemento, estos también permitirán determinar el límite de explotación económicamente rentable para proceder al establecimiento del diseño minero adecuado para la explotación de su materia prima y así suplir las necesidades y objetivos de las Industrias e Inversiones CEMEX COLOMBIA S.A.

OBJETIVOS

Objetivo General.

- Determinar la distribución, calidad y tipo de roca mediante la interpretación de análisis químicos de núcleos obtenidos en campaña exploratoria proyecto Apolo II.

Objetivos Específicos.

- Definir los puntos de perforación por medio de los estándares establecidos por la compañía para la posterior extracción de los núcleos.
- Recolección, clasificación y organización de núcleos de perforación bajo los parámetros establecidos por la compañía.
- Caracterizar las rocas recolectadas en los trabajos de perforación, por medio de los resultados obtenidos de análisis químicos realizados en laboratorio.

1. METODOLOGIA

Esta se desarrolló en un total de 6 meses de trabajo, divididos en cada fase como se explica a continuación. (Ver Tabla 1.):

1.1. FASE PRE-CAMPO

Esta fase consiste en la recopilación de material bibliográfico, fotografías aéreas y mapas geológicos del área de estudio, para tener una idea de la geología en la zona que nos permita desarrollar una mejor fase de campo y con esto identificar los puntos de perforación previamente marcadas en el plano topográfico.

Para llevar a cabo esto, se accedió a fuentes bibliográficas pertenecientes al Servicio Geológico Colombiano principalmente, ETAYO (1964), TABORDA (1952) entre otros y su respectiva memoria explicativa de la plancha correspondiente, adicionalmente se tuvo acceso a todo el material bibliográfico con el que contaba la compañía de la zona, incluso antes de se le atribuyera el área, cuando esta pertenecía a Cementos Samper.

Se aludirá a estos artículos en el desarrollo del trabajo, en el capítulo de generalidades- marco geológico, omitiendo algunos nombres por motivos de confidencialidad y así evitar dar la ubicación del predio de estudio.

En cuanto a los mapas de la zona de estudio, son propiedad de Cemex Colombia y para el levantamiento de la topografía se contrató una empresa externa, fue de allí de donde se partió para realizar la cuadrícula de perforación, teniendo en cuenta el área de concesión de la compañía. Se utilizaron aerofotografías propiedad de Google Earth, con el fin de realizar un reconocimiento de la zona e identificar lugares importantes y así mismo tener una idea previa de la topografía y la vegetación, como input para realizar los trabajos de campo.

1.2. FASE DE CAMPO

La fase de campo consiste en la realización de una campaña de inspección de control de perforación y recolección de núcleos para posterior envío a laboratorio para análisis químicos, la cual se ejecuta con el fin de realizar un análisis reconocimiento físico y darle seguimiento al avance del proyecto.

Esta fase tuvo lugar en tres secciones de campo divididas cada una en 5 días aproximadamente. Para la primera campaña se realizó un reconocimiento superficial, con el fin de darle ubicación a los puntos de interés para la extracción de núcleos previamente identificados en el software AutoCAD utilizando una malla de perforación, establecida por la empresa y teniendo en cuenta la extensión del terreno.

La segunda parte del desarrollo de la fase de campo consistió en un acompañamiento a la campaña de perforación, que consistía en identificar a profundidad el cuerpo de caliza y establecer el metraje de extracción de núcleo, junto con las muestras de interés por cada pozo.

Finalmente la última parte de la fase de campo se desarrolló con el fin de realizar una recolección, clasificación y control de calidad de los núcleos de perforación para su posterior envío al laboratorio, con el fin de obtener una química detallada y adecuada que permita la clasificación de la calidad de la roca.

1.3. FASE DE OFICINA

En esta fase se realiza la integración de los datos obtenidos en la fase de campo, la elaboración de perfiles topográficos, reconocimiento e interpretación de las propiedades obtenidas en los análisis químicos y caracterizar los tipos de roca por medio de estas para así realizar una estimación de las reservas de los recursos geológicos y posteriormente se realizara el análisis y la discusión de resultados para la presentación del libro final.

En esta fase inicialmente se llevó a cabo la tabulación de datos para la construcción de los logs de perforación y el posterior reconocimiento de los cuerpos de caliza, lutita y material estéril. Se elaboraron perfiles topográficos siguiendo la cuadrícula de perforación implementada con el fin de correlacionar los datos estratigráficamente y así tener una posible idea del modelo geológico minero de la zona. Mediante el método de triangulación se ubicaron en el mapa las capas identificadas y con esto elaborar en el software Surpac el modelo del yacimiento 3D y estimar el cálculo de las reservas.

Fase \ Semana	JUNIO			JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pre-campo																							
Campo																							
Oficina																							

Tabla 1. Cronograma de actividades correspondientes al desarrollo del proyecto año 2013.

2. GENERALIDADES

2.1. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

En Colombia la industria cementera arranca a mediados del siglo XX. En el año 1905, Industrias e Inversiones Samper inauguró la primera planta cementera en nuestro país e inicio operaciones en 1909, la cual estaba ubicada en las cercanías de la capital de la república.

En los 30 años siguientes incursionaron al mercado Cementos Diamante (Cundinamarca) y Cementos Argos (Antioquia). Posteriormente en los años 40 se fundaron fábricas en Valle del Cauca (Cementos del Valle), Santander (Cementos Diamante), Magdalena (Cementos Nare), y Costa Atlántica (Cementos Caribe). Posteriormente surgen Cementos el Cairo y Hércules (1955), Cementos Río Claro (1986), Cementos Andino (1998), Concrecem (2003), y la nueva planta Cementos Tequendama (2008).

En la actualidad, existen tres claros jugadores¹ en la industria, estos son tres grupos económicos de talla mundial, que han venido incursionando en el mercado por medio de la adquisición de las plantas anteriormente mencionadas. Estos son, CEMEX (el cual adquirió Cementos Diamante y Samper), Grupo ARGOS (su grupo consta de Cementos Argos, Cementos El Cairo, Cementos Caribe, Cementos Paz del Río, Cementos Nare, Cementos Río claro, Tol cemento, Cementos Andino, Concrecem y Cementos del valle), y El Grupo HOLCIM (propietario de Cementos Boyacá).

¹ Jugadores, se entiende como las empresas que compiten en la industria del cemento.

2.1.1. Cemex² Colombia S.A.

Cemex Colombia, nace en 1996, cuando dentro de su amplia política de expansión en mercados en crecimiento, adquiere dos de las más importantes compañías cementeras del país: Cementos Diamante S.A. e Industrias e Inversiones Samper S.A. con sus respectivas filiales.

En la Actualidad CEMEX Colombia cuenta con cuatro plantas en nuestro país para la producción de cemento tipo portland, con una capacidad instalada de 5'000.000 millones de toneladas año.

Estas plantas en Colombia se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Planta Caracolito ubicada en la ciudad de Ibagué, planta Santa Rosa ubicada en la ciudad de Bogotá, planta Los Patios ubicada en la ciudad de Cúcuta y finalmente la Planta Bucaramanga ubicada en la Ciudad de Bucaramanga.³

2.1.1.1. Misión.

La Misión de CEMEX es satisfacer globalmente todas aquellas necesidades de construcción de sus clientes y crear valor para sus accionistas, empleados y otras audiencias claves, consolidándose como la organización cementera multinacional más eficiente y rentable del mundo.

2.1.1.2. Visión.

Construir y desarrollar un mundo mejor que fortalezca las bases y principios del negocio, mediante la eficiencia de nuestro valioso recurso humano, la utilización de los sistemas de información más avanzados y la tecnología de punta que empleamos, para posicionarnos como líder en el mercado nacional.

² Cementos Mexicanos S.A.

³ www.cemexcolombia.com

2.2. PROCESO DE PRODUCCION DE CEMENTO.

El cemento se puede precisar como una mezcla de arcilla molida y otros materiales calcificados en polvo. Que después de un debido proceso, adquiere propiedades adherentes. Es considerado la materia prima más importante para el sector de la construcción.

La producción de cemento puede clasificarse de dos maneras; proceso de vía seca y proceso por vía húmeda. En la historia las primeras fábricas de cemento en el mundo y en nuestro país utilizaron el proceso de vía húmeda el cual fue declarado obsoleto por ser un proceso poco eficiente y altamente costoso.

En la actualidad el proceso para fabricación de cemento que se utiliza es el de vía seca.

El proceso de vía seca se divide en cuatro grandes pasos (ver figura 1)⁴:

- a) Extracción y Molienda: La caliza es la materia prima principal del cemento, la cual se obtiene de recursos naturales. Ella es triturada hasta formar un material de tamaño no mayor a 20mm de diámetro, y posteriormente es almacenada junto con arcilla y otras materias primas.
- b) Homogeneización de la materia prima: aplicando la dosificación adecuada, se crea una mezcla homogénea llamada crudo.
- c) Producción del Clinker: Es la etapa donde se calcina el crudo a una temperatura de 1400°C, y se convierte en clinker.

⁴ www.icpc.org.co

- d) Molienda de cemento: El nuevo clinker es molido en dos etapas diferentes, después se le adiciona el yeso (con el fin de alargar el tiempo de fraguado⁵), y así se convierte en cemento.

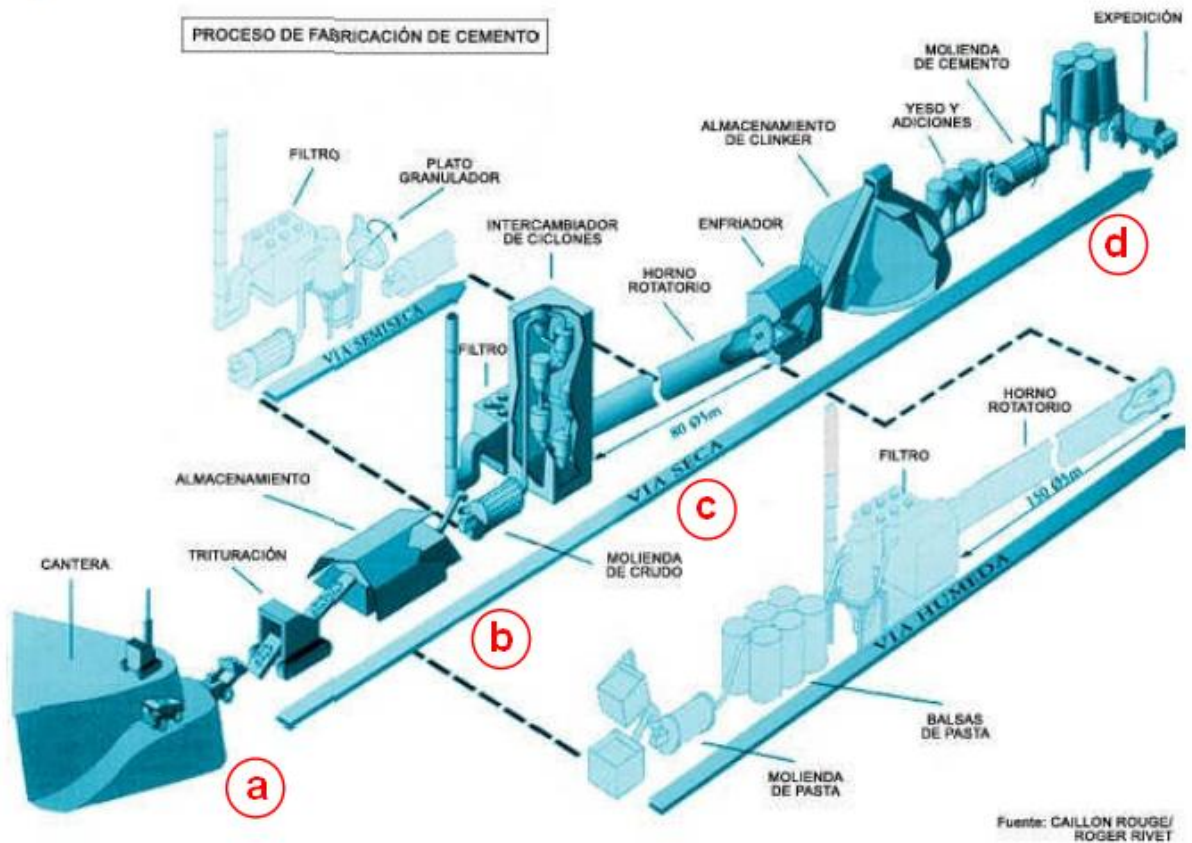


Figura 1. Proceso de fabricación de cemento.

⁵ Fraguado: Endurecimiento de una mezcla, generalmente usadas para la construcción.

2.3. LOCALIZACION AREA DEL PROYECTO.

La zona de estudio se encuentra ubicada en predios de propiedad de Cemex Colombia, bajo el título del proyecto Apolo II.

Por razones de confidencialidad, de las cuales se ha hecho referencia ya antes, no es posible hacer pública la ubicación exacta del predio y por ende no se proporcionara coordenadas ni vías de acceso al lugar de trabajo.



Figura 2. Mapa de localización geografía del área de estudio donde se muestra el área del título minero perteneciente a Cemex Colombia.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Las rocas que afloran en la zona de estudio son sedimentarias, de importancia resulta la Formación Arcabuco que representa estratos del Jurásico, que asociados a eventos tectónicos propiciaron su fracturamiento, los estratos de la edad Cretácica están representados principalmente por las formaciones: Cumbre, Rosa Blanca, Ritoque, Paja y San Gil Inferior.

Igualmente puede hacerse referencia los depósitos más recientes que se localizan en el Municipio en que pertenecen a depósitos cuaternarios de tipo Aluvial, limitados a zonas de acumulación e inundación, y de tipo coluvial que se asocian a zonas de denudación.

3.1.1. Formación Arcabuco (Jar).

El nombre y rango de la formación fueron propuestos por A.A. Olsson, (en Taborda, 1952), para indicar las areniscas que afloran en Arcabuco, con un espesor superior a los 600 m. Galvis y Rubiano (1985) subdividen la formación en cinco miembros, que de base a techo son:

Miembro Caisa, constituido por arenitas conglomeráticas de cuarzo; Miembro Iguaque, conformado por arcillositas y lodositas laminadas a macizas de color amarilla a verdoso, que meteorizan a tonos rojizos; Miembro Cane, constituido por arenitas de grano fino; Miembro San Marcos, representado por arenitas de grano muy fino bioturbadas; y Miembro del Techo (Renzoni, 1969), constituido por areniscas rojas con matriz arcillosa prevalecientes en la mitad inferior y shales rojos prevalecientes en la mitad superior.

En nuestro sector la formación está constituida por capas de arenisca cuarzosa blanca de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas con laminillas de mica color ocre, que a veces forman niveles de 10 a 30 m de grueso compactas fracturadas y alteradas superficialmente, el espesor calculado en este sitio es de aproximadamente 110 m.

En la parte superior se observó un paquete de areniscas rojizas con un espesor de 55 m e intercalaciones de arcillolitas color ocre que no superan los 5 m de espesor. No hay presencia de fósiles, lo que supone que aquí se cierra el periodo de sedimentación continental.

Los estratos de la formación Arcabuco llevan un rumbo NE, buzando al NW, e infrayacen bajo la formación Cumbre.

Las características litológicas, tales como la variedad en el tamaño de grano, la buena selección, la presencia de estratificación cruzada de gran magnitud y la lenticularidad de algunos niveles de areniscas, sugiere un ambiente de sedimentación de aguas agitadas, de poca profundidad, probablemente de línea de playa (Etayo, 1968).

3.1.2. Formación Cumbre (kic).

El nombre y rango de la unidad fue propuesto por Renzoni (1969), cuya localidad tipo se localiza en el descenso de la carretera entre Arcabuco y Monquirá, en la margen izquierda, compuesto por areniscas grises oscuras a verdes alternando con shales negros, luego shales grises oscuros a negros, piritosos, con restos de vegetales y a veces lamelibranquios y gasterópodos, intercalados por capas de arenisca gris verdosa a negra. Presenta estratificación cruzada.

En el sector La Cumbre se levantó la columna estratigráfica, consta de areniscas grises oscuras a verdes, de grano fino alternadas con lutitas negras de aproximadamente 20 m de espesor, se observa estratificación cruzada; continúan

lutitas grises oscuras a negras, piritosas, compactándose más hacia la base, con un espesor de unos 70 m, se observan pequeñas capas de arenisca gris verdosa a negra, que no superan los 2 m.

Continuando hacia el municipio en el sitio denominado San Sebastián, se observan areniscas negras piritosas de grano fino con intercalaciones de lutitas de color gris verdoso de aproximadamente 50 m de espesor, presentan un rumbo NE buzando hacia el NW. Continúa una parte cubierta hasta el kilómetro 16, donde yace concordante a la Formación Rosa Blanca.

De acuerdo a las características litológicas, a su aspecto lenticular, por suprayacer a la Formación Arcabuco, se le considera como representativo de sedimentos de plataforma (Etayo, 1968).

3.1.3. Formación Rosa Blanca (kir).

Su sección tipo se localiza en el cerro Rosa Blanca, localizado a 5 Km al noreste de la concesión de Mares, Santander. Fue denominada así por Wheeler (1929, informe inédito) según Morales, et. al., (1955). Está constituida predominantemente por caliza gris oscuro; la parte inferior presenta dolomitas, la intermedia consiste en micritas y biomicritas y la superior contiene arenitas mixtas y lodolitas calcáreas con interestratificaciones de shales calcáreos negros. El espesor de esta formación es de 425 m en la sección tipo. Al sureste de en cercanías a Gachantivá, se observan las calizas apoyadas casi directamente sobre las areniscas de Arcabuco (F. Arcabuco), con espesores entre 70 y 100 m.

En nuestra área estas calizas afloran sobre la carretera que conduce de Arcabuco en el kilómetro 15, margen derecha.

Consta de caliza con presencia de cuarzo, micas y pirita de unos 120 m de espesor, a veces con fósiles como lamelibranquios y gasterópodos. Presenta

esporádicas intercalaciones de lutitas negras calcáreas que no sobrepasan los 3 cm de espesor. Los estratos presentan un rumbo NE y un buzamiento al NW.

Esta Formación se depositó en un ambiente marino somero, bajo condiciones costeras neríticas, poco profundas, de acuerdo a sus características litológicas (Ward, 1973).

3.1.4. Formación Ritoque (kiri).

Esta Formación fue propuesta por Etayo (1968) para definir un conjunto de limonitas de cuarzo, lodolitas ricas en limonita, arcillolitas y localmente lentes de barita. El color en muestra fresca es gris y en superficies meteorizadas es amarillo ocre. En su parte inferior presenta alternancia de limonitas con calizas biodetríticas en lentes de 30 a 50 cm de espesor. Su nombre proviene de la Quebrada Ritoque, ubicado al sur de Villa de Leyva.

La Formación Ritoque bordea ambos flancos del núcleo del anticlinal de Arcabuco, sobre el flanco oriental consta de limonitas o arcillolitas en alternancia con caliza lumaquélica, mientras que sobre el flanco occidental predominan las limonitas con algunas intercalaciones de arenisca de grano muy fino.

En nuestra zona de estudio en el sector Tres Esquinas, se encuentra una sucesión de limonitas arenosas grises amarillentas a rojizas por causa de meteorización con un espesor de unos 75 m, con bancos de lutitas negras que miden de 10 a 15 m de espesor. Los estratos continúan con un rumbo NE y un buzamiento hacia el NW. Esta Formación yace concordante sobre la Formación Rosa Blanca e infrayace bajo la Formación Paja.

Las características paleontológicas, litológicas y el adelgazamiento de los estratos de esta unidad, supone un ambiente marino, acumulado en las márgenes de altos topográficos (Etayo, 1968).

3.1.5. Formación Paja (kip).

El nombre fue dado por Wheeler, según Morales (1958), para designar una sucesión de shales arcillosos y limosos, negros, micáceos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, con venillas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septáreos y venas de calcita, que afloran en la Quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente (Santander), 1 kilómetro aguas arriba del puente el Tablazo.

En el cuadrángulo de Tunja, Renzoni (1968), subdividió informalmente la formación Paja en un miembro superior arcilloso, constituido por shales de color negro a gris castaño y un miembro inferior denominado Miembro inferior arenoso de la Formación Paja, según Renzoni (1968) se observó en la mitad inferior de la formación la aparición de capas de arenisca blancuzca, que aumentan en número y espesor, hacia el norte de Arcabuco y Togui. Estos niveles arenosos se alternan con niveles de shales negros mas o menos arenosos, llegando a medir 293 m de espesor.

Nuestra columna está representada por un bloque de unos 200m de espesor en una longitud de unos 150 m en el sitio Roca Negra, por la vía que de Arcabuco conduce a Moniquirá, la cual consta de una parte superior de arcillolitas color ocre o rojizo y una parte inferior constituida principalmente por lutitas negras con presencia de concreciones, que interiormente contienen óxidos de hierro piritizados con fósiles como amonites, exteriormente tonos amarillos o rojizos producidos por meteorización y oxidación. El rumbo de los estratos es NE, con un buzamiento hacia el NW.

De acuerdo a las características paleontológicas y litológicas se considera que la Formación Paja se depositó en un ambiente marino, de aguas poco profundas y en un medio reductor, con escasa circulación de fondo (Etayo, 1968).

3.1.6. Formación San Gil Inferior (kmsgi).

Por la vía Vado Real- Santa Ana se ha descrito una sucesión de caliza arenosa calcárea y lutitas negras de unos 325 m de espesor, la cual Hubach (1953), llamó Conjunto San Gil, el cual la coloca en el Albiano Inferior, pero Etayo la coloca en el Aptiano a la sucesión que aflora por la carretera que de Sáchica conduce a Tunja, constituida por unos 480m de lutitas y limonitas con intercalaciones de areniscas calcáreas y de caliza.

En nuestra zona de estudio a 1500 m de la vía -Barbosa afloran calizas negras con presencia de gasterópodos, intercalados con lutitas grises y areniscas calcáreas micáceas de aproximadamente 80 m de espesor con una longitud de 250m. El rumbo y buzamiento de los estratos continúa siendo el mismo, NE/NW, infrayace bajo la formación San Gil Superior.

Debido a su composición litológica se considera que esta Formación se habría acumulado sobre una plataforma progresivamente más móvil con establecimiento en la zona nerítica (Etayo, 1968).

3.1.7. Formación San Gil Superior (kmsgs).

Su autor es Etayo (1968), pero ya Hubach (1953) la había definido de la siguiente manera:

De base a techo está constituida por un segmento inferior compuesto por lodolitas con interestratificaciones frecuentes de arenitas y calizas; y un segmento superior con predominio neto de shales de color gris oscuro, frecuentemente con nódulos arcillosos y algunas interestratificaciones de calcarenitas y arenitas localmente conglomeráticas. Los shales contienen fósiles especialmente amonites.

Tiene un espesor medido de 620 m en la carretera Sáchica-Tunja y la localidad tipo, con 230 m para el segmento inferior y 390 para el superior. Por la vía

Barbosa observamos lutitas y limolitas negras con un espesor de unos 40 m, con intercalaciones de areniscas y calizas arenosas, a veces con presencia de lamelibranquios, estas intercalaciones no sobrepasan los 3 m de espesor, suprayace concordantemente sobre la Formación San Gil Inferior.

Etayo (1968), menciona que “las características litológicas de estas rocas señalan ámbito sedimentario con restricción progresiva en cuanto a aireación en el fondo, produciéndose condiciones reductoras que cesaron para dar margen a la vida bentónica. Hacia el tiempo de sedimentación del segmento superior ceden éstas condiciones y empieza la influencia de una zona fuente de clásticos, especialmente hacia el oriente.

3.1.8. Depósitos Cuaternarios

3.1.8.1. Cuaternario Aluvial (qal).

Están localizados en la zona urbana del Municipio de Moniquirá, son depósitos de viejos abanicos aluviales que buscan su recorrido final en los pequeños valles que rodean a este municipio. Están formados principalmente por material heterogéneo, gravas, bloques y guijarros de arenisca con matriz arcillosa, son transportados por drenajes y agentes exógenos que se presentan en las laderas que circundan estos sectores.

3.1.8.2. Cuaternario Coluvial

Estos depósitos se presentan a lo largo de la vía Arcabuco-Barbosa y en los perímetros del Municipio de Moniquirá. Son depósitos jóvenes que se están acumulando en laderas de pendientes suaves, son materiales formados por cantos redondeados, angulosos y de tamaños que oscilan entre 5 y 50 cm de diámetro, constituidos por areniscas y que poseen una matriz limosa.

4. CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO

Al recopilar la información bibliográfica del área de estudio, y basadas en campañas exploratorias realizadas por Samper S.A. se procede a realizar el estudio de la zona para crear una imagen más clara del lugar de manera local.

Antes de iniciar esta campaña se realiza una planificación para cubrir todas las necesidades de obtención de datos para el posterior desarrollo del programa de perforación realizado por el área encargada de perforaciones de Cemex Colombia S.A. el cual dividimos en tres diferentes etapas:

- a) **Reconocimiento de campo.**
- b) **Marcar puntos de perforación en planos topográficos digitales.**
- c) **Establecer los puntos en campo.**

En el reconocimiento de campo con ayuda de GPS⁶ y planos topográficos propiedad de la compañía, se realizan diferentes recorridos del lugar, donde se reconocen los límites de la propiedad Cemex, afloramientos de roca y diferentes puntos de obtención de agua para la perforación (aljibes), todo esto con el fin de facilitar el desarrollo del inicio de operaciones de perforación.

Después de conocer el área de estudio de manera local, se procede a realizar una malla de perforación en el mismo mapa topográfico donde se ubican simétricamente los puntos de perforación para posterior localización en el área en campo, todo esto de manera digital con ayuda del software AutoCAD⁷.

⁶ GPS, Siglas en ingles que significan Global Positioning System (Sistema de posicionamiento global).

⁷ AutoCAD, Software de dibujo y modelamiento.

Como parte de la planificación, la malla de perforación se establece dependiendo del área de estudio y la extensión del predio. En este caso se planificaron dos tipos de mallas de perforación. Una de tamaño de 150x150 metros y otra de 50x50 metros, como se ilustra en la figura 3.

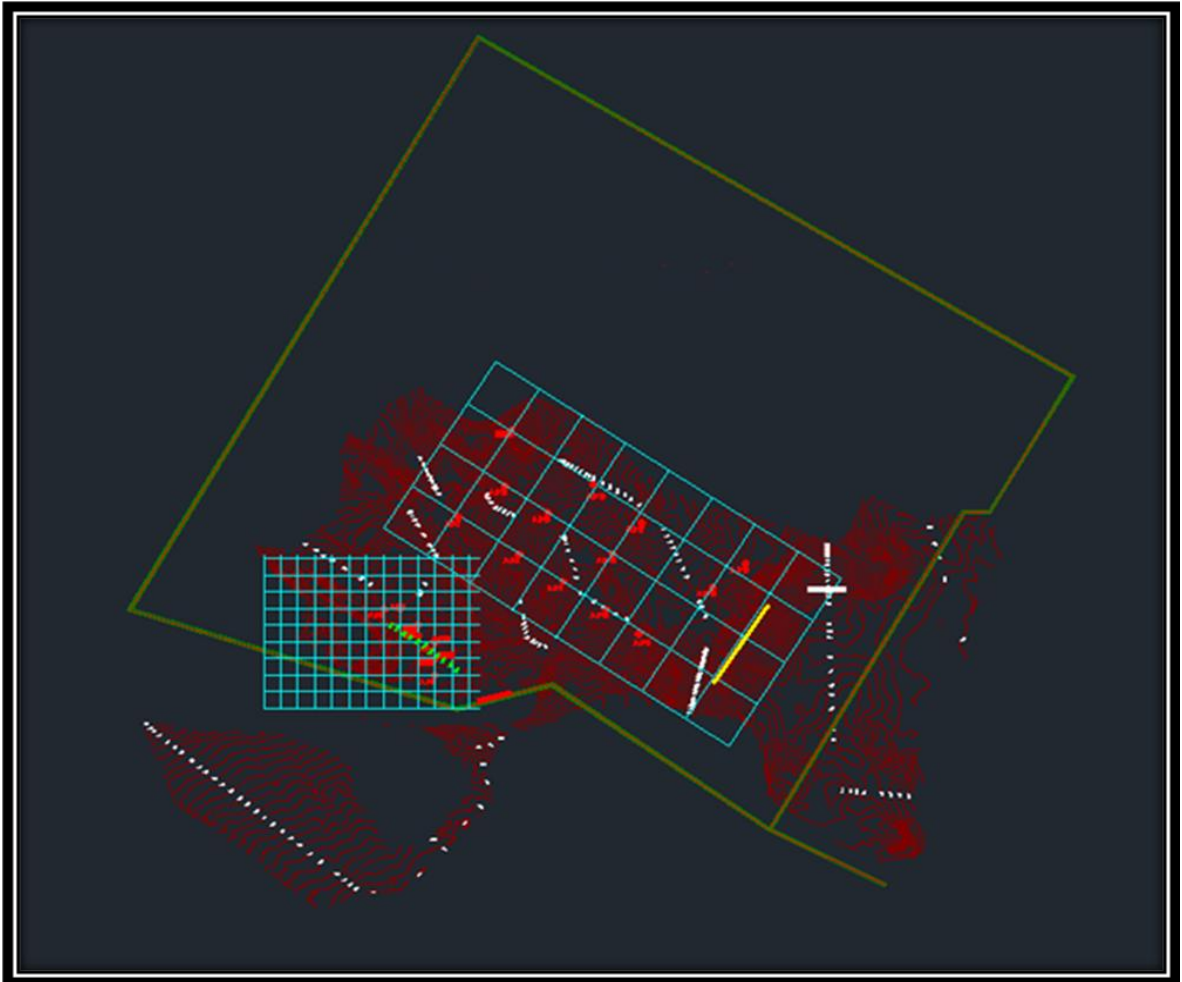


Figura 3. Mallas de perforación establecidas para la localización de los puntos de perforación en la zona.

Para establecer en campo los puntos de perforación previamente ubicados de manera digital se procede con la ayuda del equipo de topógrafos de la compañía a marcarlos, además de eso se informa al área de perforación los puntos localizados de aljibes para la obtención de agua y así iniciar operaciones.

Teniendo en cuenta la cartografía base digitalizada y los puntos de perforación establecidos se realizan una serie de perfiles topográficos, en los que luego de finalizada la campaña de extracción de núcleos y obtención de resultados de laboratorio, se ubique esta información para realizar una correlación e interpretación geológica de la zona de estudio como se muestra en las figuras 4 y 5.

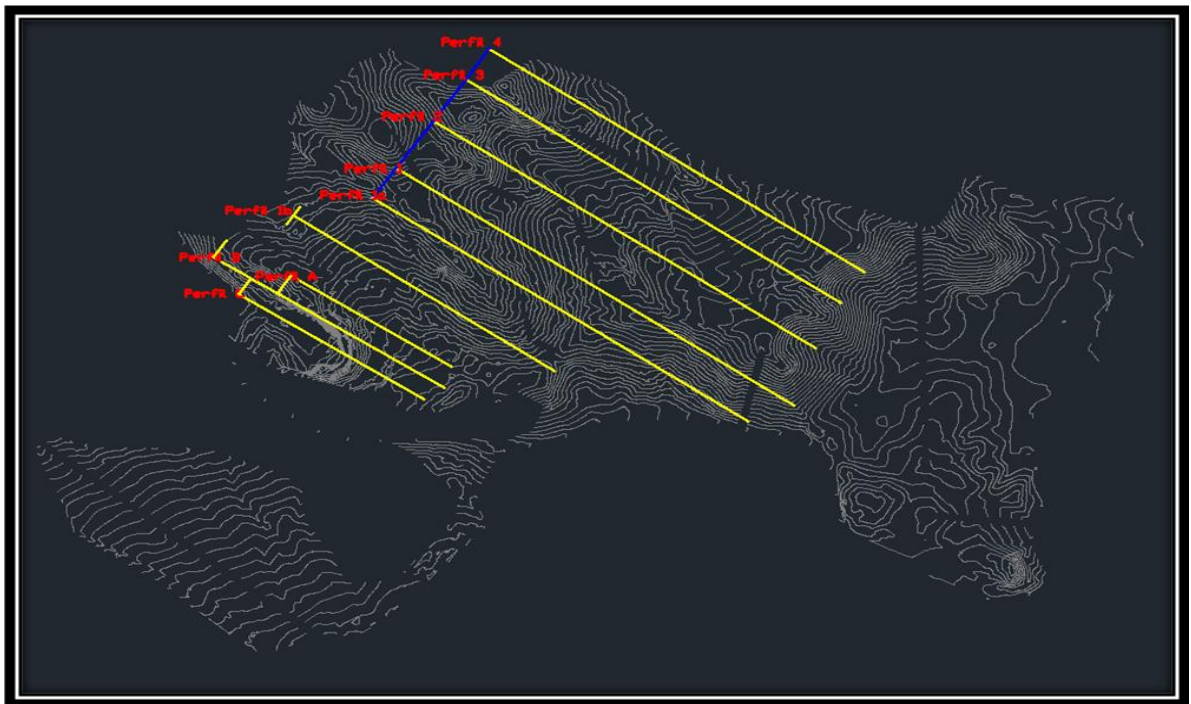


Figura 4. Líneas base para los perfiles topográficos de la zona según los puntos de perforación establecidos en la tercera etapa de planificación.

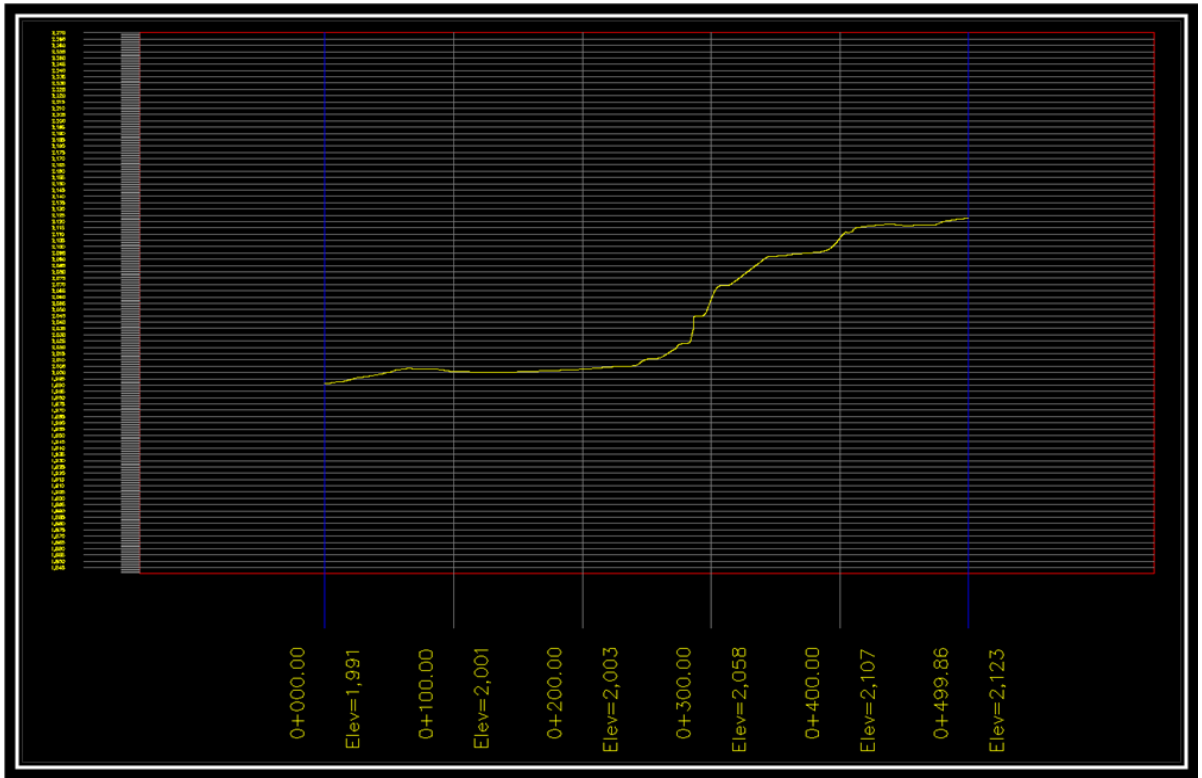


Figura 5. Sección horizontal de un perfil topográfico del área de estudio.

5. CAMPAÑA DE PERFORACION

En la campaña de perforación se realizaron 19 pozos con un total de 2380 metros perforados, esta tomo un periodo de tiempo de dos meses y medio en el que se recolectaron un total de 1011 muestras las cuales se enviaron a laboratorio para realizarle análisis de óxidos.

El área de perforación recibió instrucciones para que cada pozo fuera perforado con una profundidad promedio de 100 metros, este parámetro se estableció utilizando como base la geología realizada en las campañas anteriores realizadas por Samper S.A. y un frente de explotación expuesto en la zona (ver figura 6).

El tipo de perforación realizada en esta campaña está basada en dos métodos distintos establecidos previamente.

El primer método de perforación es *sin recuperación* de testigo, es simple, ya que se inicia el proceso hasta tener contacto con el cuerpo de roca de interés (lutita o caliza). Al momento de realizar el acercamiento con la caliza o la lutita, se procede a seguir con el siguiente método. Este metraje de perforación sin recuperación es establecido por un dato inferido según el espesor de material estéril expuesto en el frente de explotación cercano a la zona de estudio y es reconfirmado con la profundidad donde se encontró el contacto con la roca (lutita o caliza). (Ver figura 6).

El segundo método de perforación utilizada es la recuperación de testigo, en el cual al tener identificado el techo del cuerpo de roca se inicia con la recuperación. Todas las perforaciones se establecieron para realizarse de manera vertical ya que al realizar una inspección de campo al frente de explotación expuesto en la zona se establece que el yacimiento de roca en el lugar es bastante noble, al

verse sus estratos casi plano-parallelos como se muestra en la siguiente figura (Ver figura 6).



Figura 6. Frente de explotación expuesto en la zona, se muestra la posición de los estratos de los cuerpos de caliza de interés.

Cada testigo de perforación se guarda en cajas plásticas para mayor facilidad al abrirlas y recolectar las muestras para laboratorio, cada caja albergaba cuatro metros de muestra. (Ver figura 7).



Figura 7. Cajas de núcleos de material plástico.

Durante esta campaña se realizaron diferentes inspecciones de control en las que se realizó un conteo de los tubos de perforación para confirmar el metraje informado y el porcentaje de recuperación de muestra.

Este proceso consiste en insertar la tubería utilizada para la recuperación de núcleos para realizar un conteo de esta tubería y obtener una medida exacta del metraje de perforación, En el procedimiento de inspección se solicita al operador que perforara 30cm mas de donde se detuvo para observar el material y se iniciaba el conteo de tubería. En promedio en cada perforación se utilizaban 40 tubos de perforación. (Ver Figura 8).



Figura 8. Plataforma de perforación con el personal operativo, realizando la labor de inspección de control.

Al terminar la campaña de extracción de núcleos y estos testigos fueran empacados en las cajas, se procede a realizar un muestreo y un reconocimiento superficial de las muestras para luego enviarlas a laboratorio para ser analizadas.

El muestreo de rocas se realizó siguiendo dos parámetros establecidos por la compañía para este tipo de procesos. Primero se realiza una comprobación del porcentaje recuperado midiendo la cantidad de muestra empacada en la caja y restándola con el metraje de avance registrado en la caja de perforación. (Ver figura 9).



Figura 9. Procedimiento para confirmar la recuperación de núcleo.

Segundo se procede a recoger dos metros de muestra, donde se tomaba nota del intervalo de profundidad y se empacaba en bolsas plásticas para luego enviar a laboratorio y obtener los datos de manera organizada según su profundidad, El proceso de embalaje de la muestra tiene que cumplir con los requisitos exigidos por el laboratorio Cemex, el cual consiste en empacar la muestra en dos bolsas con doble numeración para evitar que la humedad de la muestra impida el reconocimiento del nombre de la misma.

El periodo de tiempo establecido por el laboratorio para la entrega de los resultados totales es de aproximadamente un mes.

6. INTERPRETACION DE RESULTADOS

Después de dar por terminada la campaña de perforación, se procede a revisar y analizar los resultados obtenidos del laboratorio en donde se interpreta la información química para obtener como resultado la calidad del material, un modelo geológico de la zona, establecer el diseño de crudo para la producción de clinker con la data interpretada y además un estimado de reservas mineras del yacimiento evaluado.

Por motivos de confidencialidad del proyecto y políticas de la empresa, se permitió solo revelar los resultados de 6 de los 19 pozos muestreados denominados AP1, AP2, AP3, AP4, AP5, AP6 de una zona específica mostrada en la siguiente figura. (Ver figura 10).

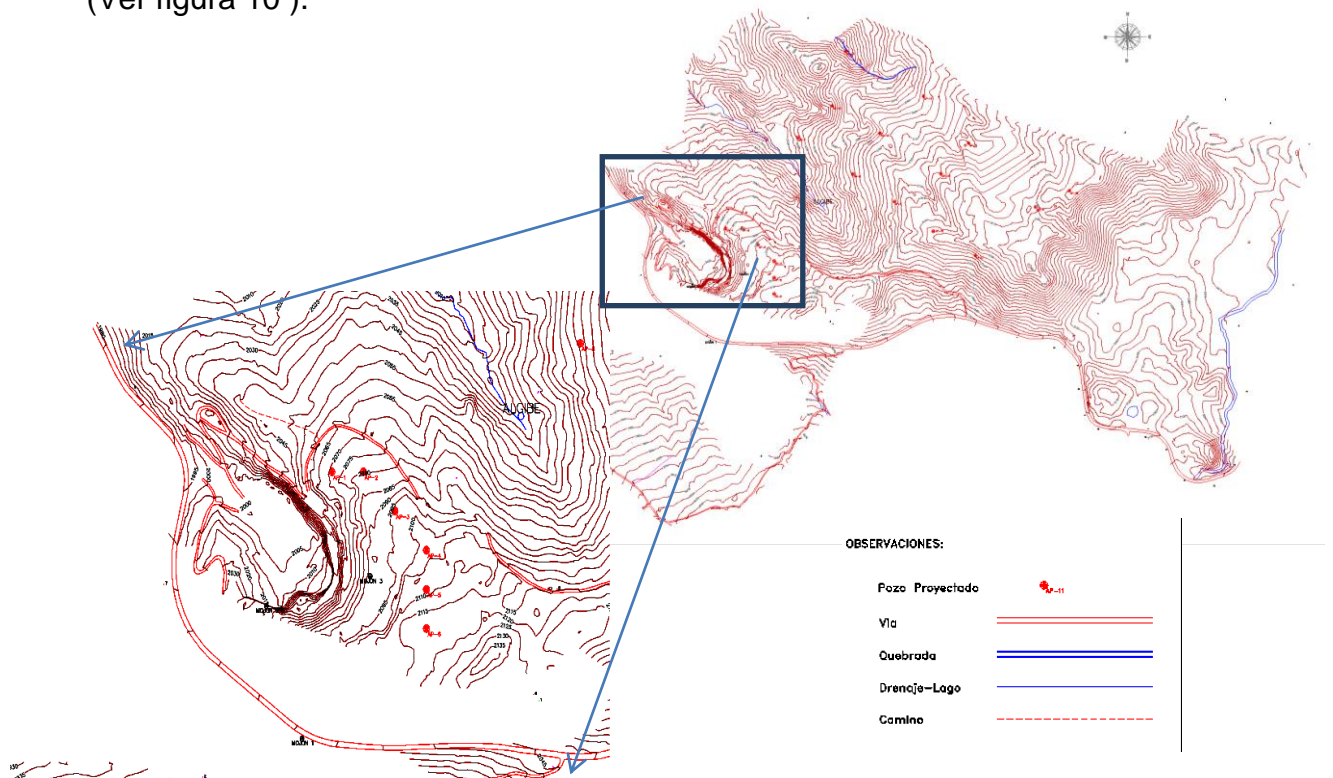


Figura 10. Mapa topográfico de la zona, donde se resalta la ubicación de los pozos AP1, AP2, AP3, AP4, AP5 y AP6.

6.1. Interpretación de la data química.

La data química de las muestras es entregada sin ningún tipo de interpretación, la entrega de los análisis de óxidos solicitados se realiza de la siguiente manera (ver tabla 2).

COD. MUESTRA	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
Suelo													
M1	35,82	10,26	3,42	18,20	3,77	1,71	0,65	2,23		23,93	2,62	3,00	16
M2	11,92	4,64	1,33	42,72	0,97	0,99	0,35	1,07		36,01	2,00	3,49	108
M3	7,98	3,17	1,47	45,89	1,09	1,23	0,22	0,73		38,22	1,72	2,16	170
M4	5,95	2,13	0,68	49,41	0,85	0,34	0,17	0,47		40,00	2,12	3,13	252
M5	8,42	3,43	1,08	45,62	1,25	0,66	0,18	0,82		38,54	1,87	3,18	161
M6	7,29	2,72	4,01	46,10	1,00	5,98	0,20	0,65		32,05	1,08	0,68	176

Tabla 2. Formato de entrega de datos por parte del laboratorio Cemex.

Los seis pozos a analizar contienen una densidad de datos de 279 muestras donde el suelo residual no se contempló, a cada muestra por medio del método de difracción de rayos x se analizó el contenido de óxidos como lo muestra la tabla. (Ver tabla 2)

Como primer método de interpretación geológica se fijaron unos intervalos de porcentajes de SiO₂, Al₂O₃, CaO y Fe₂O₃ para identificar el tipo de roca (Lutita, Caliza), este intervalo para la caliza es definido según la composición química ideal del Clinker de cemento portland (18/24% SiO₂ 4/8% Al₂O₃ 62/67% CaO) y con la interpretación superficial geológica realizada en campo para confirmar y diferenciar el tipo de los demás tipos de roca.

Teniendo en cuenta lo anterior el primer intervalo definido es para identificar la lutita. La lutita se identificó por su alto contenido en sílice y hierro estos porcentajes varían entre valores de 18/70% en SiO₂ y 2/7% en Fe₂O₃.

El segundo intervalo se definió para la identificación de las calizas, las cuales fueron divididas en dos grandes grupos. Un grupo se identificó como las bajas en

sílice y el segundo grupo como las altas en sílice. Se establecieron por tener un contenido menor al 10% de SiO_2 y un porcentaje mayor del 10% en SiO_2 respectivamente. Un parámetro adicional a la identificación de estas muestras es que el contenido de alúmina es directamente proporcional al contenido de sílice, ya que la muestra que es considerada alta en sílice posee un porcentaje mayor al 5% y la muestra baja en sílice presenta un porcentaje menor al 5% de Al_2O_3 .

Cada muestra enviada a laboratorio tiene ligada un intervalo de profundidad, así que se organizó la data con un código de pozo, coordenadas y Aplicando lo anterior nombrado se obtiene como resultado lo se muestran en la tabla 3 y en los anexos.

Donde el color rojo fue utilizado para identificar la lutita, el color amarillo para las calizas altas en sílice y el color blanco para las calizas bajas en sílice.

POZO	x	y	z	COD. MUESTRA	INTERVALO	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF		
AP-1				2070	Suelo	0.00 - 27.15														
					M1	27.15 - 29.15	35,82	10,26	3,42	18,20	3,77	1,71	0,65	2,23		23,93	2,62	3,00	16	
					M2	29.15 - 31.15	11,92	4,64	1,33	42,72	0,97	0,99	0,35	1,07		36,01	2,00	3,49	108	
					M3	31.15 - 33.15	7,98	3,17	1,47	45,89	1,09	1,23	0,22	0,73		38,22	1,72	2,16	170	
					M4	33.15 - 35.15	5,95	2,13	0,68	49,41	0,85	0,34	0,17	0,47		40,00	2,12	3,13	252	
					M5	35.15 - 37.15	8,42	3,43	1,08	45,62	1,25	0,66	0,18	0,82		38,54	1,87	3,18	161	
					M6	37.15 - 39.15	7,29	2,72	4,01	46,10	1,00	5,98	0,20	0,65		32,05	1,08	0,68	176	
					M7	39.15 - 41.15	14,22	5,75	1,73	38,48	1,90	1,56	0,28	1,41		34,68	1,90	3,32	81	
					M8	41.15 - 43.15	11,80	4,68	1,09	42,64	1,10	1,09	0,26	1,12		36,24	2,05	4,29	109	
					M9	43.15 - 45.15	10,52	3,95	0,92	44,53	0,80	0,94	0,29	1,00		37,04	2,16	4,29	128	
					M10	45.15 - 47.15	20,61	7,72	2,00	33,06	1,84	2,19	0,38	1,88		30,34	2,12	3,86	49	
					M11	47.15 - 49.15	15,83	5,70	2,49	37,03	2,28	3,35	0,37	1,29		31,66	1,93	2,29	70	
					M12	49.15 - 51.15	5,70	1,76	1,31	49,40	1,24	1,21	0,32	0,36		38,71	1,86	1,34	262	
					M13	51.15 - 53.15	5,48	2,01	0,97	50,02	0,87	0,84	0,20	0,46		39,14	1,84	2,07	273	
					M14	53.15 - 55.15	7,76	2,81	0,68	47,51	1,11	1,11	0,44	0,26	0,66		38,77	2,22	4,13	186
					M15	55.15 - 57.15	9,25	3,89	0,99	44,37	1,55	0,79	0,22	0,97		37,97	1,90	3,93	143	
					M16	57.15 - 59.15	8,03	3,14	1,30	45,43	1,61	1,49	0,24	0,74		38,02	1,81	2,42	168	
					M17	59.15 - 61.15	8,57	3,27	0,97	56,98	1,40	0,84	0,30	0,75		26,92	2,02	3,37	200	
					M18	61.15 - 63.15	8,04	2,96	0,84	47,17	1,13	0,62	0,30	0,69		38,26	2,12	3,52	178	
					M19	63.15 - 65.15	5,78	2,26	0,77	48,85	1,35	0,42	0,28	0,50		39,80	1,91	2,94	252	
					M20	65.15 - 67.15	8,59	3,78	1,15	45,31	1,43	0,95	0,22	0,91		37,66	1,74	3,29	155	
					M21	67.15 - 69.15	6,69	2,86	0,86	47,59	1,09	0,79	0,20	0,65		39,27	1,80	3,33	210	
					M22	69.15 - 71.15	4,51	1,88	0,62	49,94	1,16	0,29	0,17	0,43		40,99	1,80	3,03	327	
					M23	71.15 - 73.15	9,33	3,37	0,93	45,91	1,15	0,68	0,32	0,78		37,54	2,17	3,62	150	
					M24	73.15 - 75.15	12,51	4,73	0,97	41,44	1,71	0,53	0,30	1,12		36,70	2,19	4,88	100	
					M25	75.15 - 77.15	11,52	4,60	1,10	41,12	2,42	0,78	0,28	1,13		37,05	2,02	4,18	107	
					M26	77.15 - 79.15	13,66	4,49	1,31	41,12	1,74	1,29	0,29	1,08		35,02	2,36	3,43	93	
					M27	79.15 - 81.15	21,17	7,12	1,50	32,69	2,64	1,38	0,39	1,68		31,42	2,46	4,75	48	
					M28	81.15 - 83.15	11,88	3,61	1,09	44,88	1,12	1,36	0,30	0,85		34,92	2,53	3,31	117	
					M29	83.15 - 85.15	10,13	3,94	1,34	44,27	1,29	1,45	0,28	0,95		36,35	1,92	2,94	131	
					M30	85.15 - 87.15	12,52	4,77	1,20	41,29	1,64	1,04	0,27	1,18		36,09	2,10	3,98	100	
					M31	87.15 - 89.15	5,30	1,28	0,72	51,37	0,72	0,58	0,20	0,27		39,56	2,65	1,78	305	
					M32	89.15 - 91.15	13,59	5,10	1,54	40,65	1,61	1,58	0,31	1,27		34,35	2,05	3,31	90	
					M33	91.15 - 93.15	21,11	7,99	1,88	32,02	2,16	1,95	0,40	1,98		30,51	2,14	4,25	46	
					M34	93.15 - 95.15	15,06	6,33	1,90	37,96	1,78	2,04	0,32	1,60		33,01	1,83	3,33	75	
					M35	95.15 - 97.15	14,73	6,15	1,52	40,44	1,11	1,70	0,34	1,52		32,50	1,92	4,05	82	
					M36	97.15 - 99.15	10,91	4,11	1,47	42,20	2,11	1,38	0,38	0,96		36,48	1,96	2,80	116	
					M37	99.15 - 101.15	5,87	2,09	0,79	31,91	1,02	0,69	0,21	0,49		56,93	2,04	2,65	164	
					M38	101.15 - 103.15	8,27	3,20	1,15	46,22	1,38	1,09	0,29	0,76		37,63	1,90	2,78	167	
					M39	103.15 - 105.15	8,05	2,77	1,22	44,84	2,43	0,78	0,26	0,65		38,99	2,02	2,27	169	
					M40	105.15 - 107.15	13,50	5,46	1,22	41,24	1,16	1,16	0,34	1,41		34,49	2,02	4,48	92	
					M41	107.15 - 109.15	7,70	2,71	0,99	47,61	1,28	0,67	0,29	0,62		38,13	2,08	2,74	187	
					M42	109.15 - 111.15	8,50	3,23	1,03	46,95	0,90	0,96	0,27	0,79		37,38	2,00	3,14	166	
					M43	111.15 - 113.15	11,95	4,90	1,64	41,95	1,47	1,32	0,30	1,22		35,25	1,83	2,99	104	
					M44	113.15 - 115.15	8,41	3,31	1,25	46,14	1,09	0,98	0,25	0,79		37,78	1,84	2,65	163	
					M45	115.15 - 117.15	11,05	4,36	1,28	44,23	0,91	1,05	0,21	1,13		35,78	1,96	3,41	120	
					M46	117.15 - 119.15	16,57	6,64	1,65	37,93	1,02	1,54	0,23	1,72		32,70	2,00	4,02	69	
					M47	119.15 - 121.15	21,00	7,64	2,21	33,93	1,40	2,53	0,28	1,90		29,10	2,13	3,46	49	
					M48	121.15 - 123.15	39,27	12,71	2,80	17,90	1,74	4,07	0,42	3,18		17,92	2,53	4,54	14	
					M49	123.15 - 125.15	37,63	11,25	2,48	20,71	1,59	3,47	0,31	2,83		19,72	2,74	4,54	17	
					M50	125.15 - 126.55	21,22	6,88	2,02	34,12	1,41	2,27	0,16	1,74		30,18	2,38	3,41	50	

Tabla 3. Tabla de interpretación por pozo de la data química según su tipo de roca.

Como parte de la organización de datos para la generación de un modelo geológico en 3D con la ayuda del software minero Surpac interpretado por personal externo a la compañía, se generó un log de perforación (Columna estratigráfica) para facilitar el acceso a la información del operador del software para que esté genere los resultados en un orden de tiempo menor. A continuación

se muestra el log de perforación al sondeo AP1, los demás se encuentran en anexos. (Ver tabla 4 y anexo 1).

En la realización del log de perforación se procedió a nombrar cada paquete de roca con un código como se muestra en la tabla 4.

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP1	Sector:	Localizacion:												Elevacion:	2070 m.
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP-1	Suelo	0.00 - 27.15	A1														
	M1	27.15 - 29.15	LT		35.62	10.26	3.42	18.20	3.77	1.71	0.65	2.23		23.93	2.62	3.00	16
	M2	29.15 - 31.15	C1		11.92	4.64	1.33	42.72	0.97	0.99	0.35	1.07		36.01	2.00	3.49	108
	M3	31.15 - 33.15			7.98	3.17	1.47	45.89	1.09	1.23	0.22	0.73		38.22	1.72	2.16	170
	M4	33.15 - 35.15			5.95	2.13	0.88	49.41	0.85	0.94	0.17	0.47		40.00	2.12	3.13	252
	M5	35.15 - 37.15	CS1		8.42	3.43	1.08	45.62	1.25	0.66	0.18	0.82		38.54	1.87	3.18	161
	M6	37.15 - 39.15			7.29	2.72	4.01	46.10	1.00	5.98	0.20	0.65		32.05	1.08	0.68	176
	M7	39.15 - 41.15			14.22	5.75	1.73	38.48	1.90	1.56	0.28	1.41		34.68	1.90	3.32	81
	M8	41.15 - 43.15			11.80	4.68	1.09	42.64	1.10	1.09	0.26	1.12		36.24	2.05	4.29	109
	M9	43.15 - 45.15			10.52	3.95	0.92	44.53	0.80	0.94	0.29	1.00		37.04	2.16	4.29	128
	M10	45.15 - 47.15			20.61	7.72	2.00	33.06	1.84	2.19	0.38	1.88		30.34	2.12	3.86	49
	M11	47.15 - 49.15			15.83	5.70	2.49	37.03	2.28	3.35	0.37	1.29		31.66	1.93	2.29	70
	M12	49.15 - 51.15		C2		5.70	1.76	1.31	49.40	1.24	1.21	0.32	0.36		38.71	1.86	1.34
	M13	51.15 - 53.15			5.48	2.01	0.97	50.02	0.87	0.84	0.20	0.46		39.14	1.84	2.07	273
	M14	53.15 - 55.15			7.76	2.81	0.68	47.51	1.11	0.44	0.26	0.66		38.77	2.22	4.13	186
	M15	55.15 - 57.15			9.25	3.89	0.99	44.37	1.55	0.79	0.22	0.97		37.97	1.90	3.93	143
	M16	57.15 - 59.15			8.03	3.14	1.30	45.43	1.61	1.49	0.24	0.74		38.02	1.81	2.42	168
	M17	59.15 - 61.15			8.57	3.27	0.97	56.98	1.40	0.84	0.30	0.75		26.92	2.02	3.37	200
	M18	61.15 - 63.15			8.04	2.96	0.84	47.17	1.13	0.62	0.30	0.69		38.26	2.12	3.52	178
	M19	63.15 - 65.15			5.78	2.26	0.77	48.85	1.35	0.42	0.28	0.50		39.80	1.91	2.94	252
	M20	65.15 - 67.15			8.59	3.78	1.15	45.31	1.43	0.95	0.22	0.91		37.66	1.74	3.29	155
	M21	67.15 - 69.15			6.69	2.86	0.86	47.59	1.09	0.79	0.20	0.65		39.27	1.80	3.33	210
	M22	69.15 - 71.15		4.51	1.88	0.62	49.94	1.16	0.29	0.17	0.43		40.99	1.80	3.03	327	
	M23	71.15 - 73.15	CS2		9.33	3.37	0.93	45.91	1.15	0.68	0.32	0.78		37.54	2.17	3.62	150
	M24	73.15 - 75.15			12.51	4.73	0.97	41.44	1.71	0.53	0.30	1.12		36.70	2.19	4.88	100
	M25	75.15 - 77.15			11.52	4.60	1.10	41.12	2.42	0.78	0.28	1.13		37.05	2.02	4.18	107
	M26	77.15 - 79.15			13.66	4.49	1.31	41.12	1.74	1.29	0.29	1.08		35.02	2.36	3.43	93
	M27	79.15 - 81.15			21.17	7.12	1.50	32.69	2.64	1.38	0.39	1.68		31.42	2.46	4.75	48
	M28	81.15 - 83.15			11.88	3.61	1.09	44.88	1.12	1.36	0.30	0.85		34.92	2.53	3.31	117
	M29	83.15 - 85.15			10.13	3.94	1.34	44.27	1.29	1.45	0.28	0.95		36.35	1.92	2.94	131
	M30	85.15 - 87.15			12.52	4.77	1.20	41.29	1.64	1.04	0.27	1.18		36.09	2.10	3.98	100
	M31	87.15 - 89.15			5.30	1.28	0.72	51.37	0.72	0.58	0.20	0.27		39.56	2.65	1.78	305
	M32	89.15 - 91.15			13.59	5.10	1.54	40.65	1.61	1.58	0.31	1.27		34.35	2.05	3.31	90
	M33	91.15 - 93.15			21.11	7.99	1.88	32.02	2.16	1.95	0.40	1.98		30.51	2.14	4.25	46
	M34	93.15 - 95.15			15.06	6.33	1.90	37.96	1.78	2.04	0.32	1.60		33.01	1.83	3.33	75
	M35	95.15 - 97.15		14.73	6.15	1.52	40.44	1.11	1.70	0.34	1.52		32.50	1.92	4.05	82	
	M36	97.15 - 99.15		10.91	4.11	1.47	42.20	2.11	1.38	0.38	0.96		36.48	1.96	2.80	116	
	M37	99.15 - 101.15	C3		5.87	2.09	0.79	31.91	1.02	0.69	0.21	0.49		56.93	2.04	2.65	164
	M38	101.15 - 103.15			8.27	3.20	1.15	46.22	1.38	1.09	0.29	0.76		37.63	1.90	2.78	167
	M39	103.15 - 105.15			8.05	2.77	1.22	44.84	2.43	0.78	0.26	0.65		38.99	2.02	2.27	169
	M40	105.15 - 107.15			13.50	5.46	1.22	41.24	1.16	1.16	0.34	1.41		34.49	2.02	4.48	92
	M41	107.15 - 109.15			7.70	2.71	0.99	47.61	1.28	0.67	0.29	0.62		38.13	2.08	2.74	187
	M42	109.15 - 111.15			8.50	3.23	1.03	46.95	0.90	0.96	0.27	0.79		37.38	2.00	3.14	166
	M43	111.15 - 113.15			11.95	4.90	1.64	41.95	1.47	1.32	0.30	1.22		35.25	1.83	2.99	104
	M44	113.15 - 115.15			8.41	3.31	1.25	46.14	1.09	0.98	0.25	0.79		37.78	1.84	2.65	163
	M45	115.15 - 117.15			11.05	4.36	1.28	44.23	0.91	1.05	0.21	1.13		35.78	1.96	3.41	120
	M46	117.15 - 119.15			16.57	6.64	1.65	37.93	1.02	1.54	0.23	1.72		32.70	2.00	4.02	69
	M47	119.15 - 121.15	LB		21.00	7.64	2.21	33.93	1.40	2.53	0.28	1.90		29.10	2.13	3.46	49
	M48	121.15 - 123.15			39.27	12.71	2.80	17.90	1.74	4.07	0.42	3.18		19.92	2.53	4.54	14
	M49	123.15 - 125.15			37.63	11.25	2.48	20.71	1.59	3.47	0.31	2.83		19.72	2.74	4.54	17
M50	125.15 - 126.55			21.22	6.88	2.02	34.12	1.41	2.27	0.16	1.74		30.18	2.38	3.41	50	

Tabla 4. Log de perforación, correspondiente a del sondeo AP1.

6.2. Interpretación estructural y modelo geológico en 3D.

Con la interpretación que se realizó a la data química se logró encontrar 4 tipos de roca, gracias a esta interpretación se procede a realizar una correlación geológica de estos materiales.

Esta correlación se realiza insertando la información de las tablas en los perfiles topográficos realizados con la ayuda del Software AutoCAD, como se muestra en la figura. (Ver Figura 11).

Cementos Samper previamente había realizado algunos estudios sobre la zona, información que se utilizó para complementar nuestra campaña. Estos sondeos se denominaron sondeos dummy.

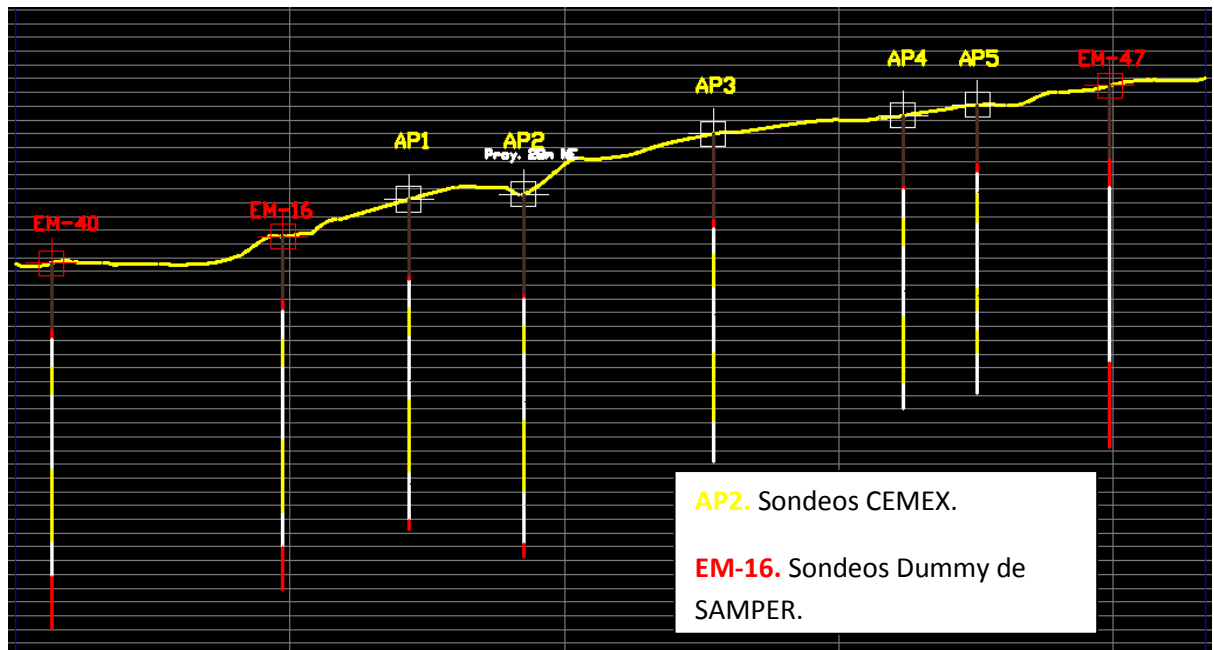


Figura 11. Información de sondeos puestos en el perfil topográfico para su posterior interpretación en el perfil A.

Partiendo de la geología que se observó en campo, se correlacionaron estos materiales de manera casi horizontal siguiendo el patrón obtenido en los sondeos. Como resultado se obtiene una secuencia estratigráfica parcial del terreno en 2D. (Ver Figura 12).

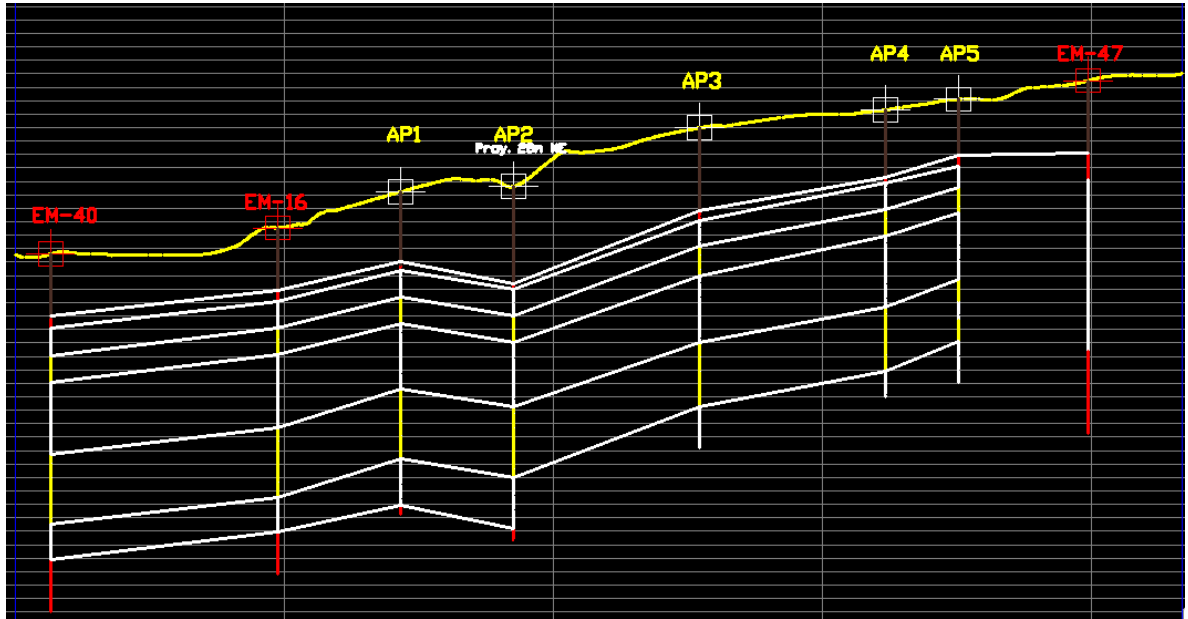


Figura 12. Interpretación estratigráfica parcial de los materiales de roca identificados en los sondeos en perfil A.

En la secuencia parcial se observa que los estratos presentan un comportamiento en el que mantienen un buzamiento promedio de 10° grados. Pero en medio de los sondeos AP1 y AP2 se identificó un cambio de dicho comportamiento, considerando la naturaleza del yacimiento observada en campo (estratificación plano-paralela), se infiere la presencia de una falla al perderse esta continuidad (ver figura 13), al inferirse esta falla se procede a identificarla en los demás perfiles para generar la traza de falla, información que se puede observar en los anexos 2 y 3.

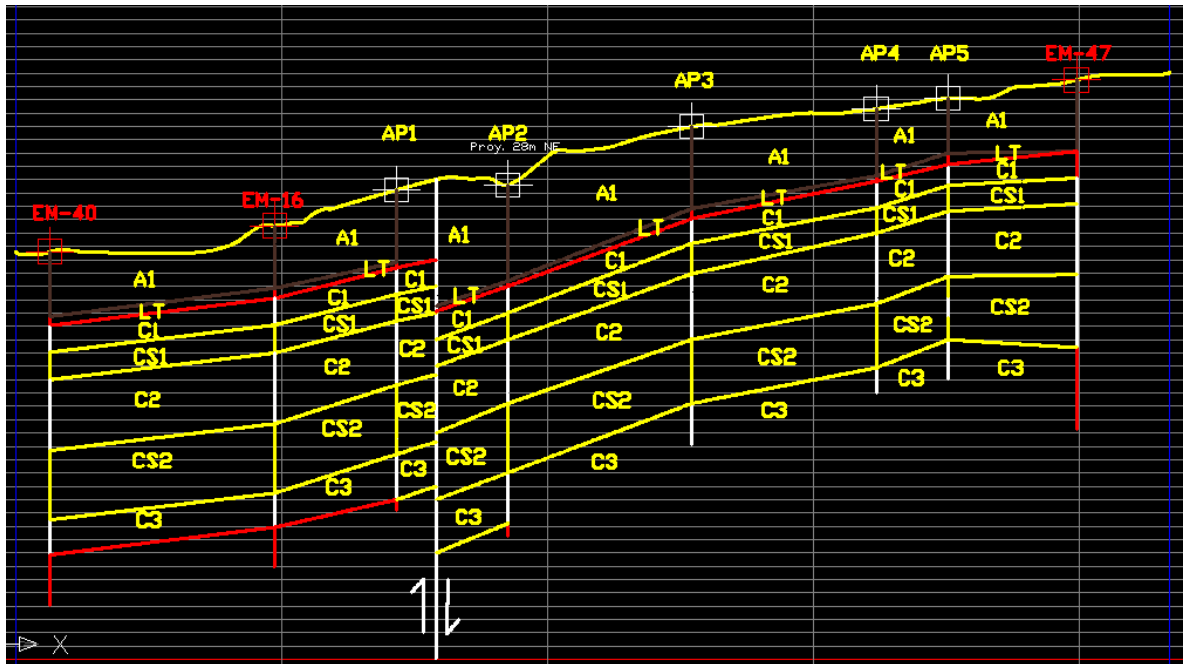


Figura 13. Interpretación estratigráfica final del perfil A.

Luego de interpretada la información, esta misma se utiliza como base para los demás perfiles topográficos, proyectando la data para generar el cálculo de reservas de calizas probadas del yacimiento y las bases para el modelo geológico en 3D. Por motivo de la confidencialidad del proyecto la compañía no permite revelar la cantidad de reservas probadas totales del yacimiento, sin embargo el cálculo de reservas se realizó con la siguiente metodología:

- a. Calcular la distancia entre los perfiles topográficos.
- b. Calcular el área del material calcáreo y calcular el promedio de áreas.
- c. Calcular el volumen del material calcáreo. (Área Promedio * Distancia entre perfiles).
- d. Determinar la densidad del material calcáreo.

Estos valores calculados son el complemento de la fórmula para calcular el tonelaje total de reservas de material que es:

- **No. de reservas totales (Toneladas) = (volumen de material calcáreo)*(densidad del material).**

Con el fin de generar el modelo geológico en 3D, el operador del software minero SURPAC requiere la información previamente trabajada (Logs de perforación y perfiles geológicos interpretados). El modelo geológico generado muestra la densidad del material en todo el yacimiento el cual genera una planificación minera detallada de la extracción a futuro de este material calcáreo. (Ver figura 14).

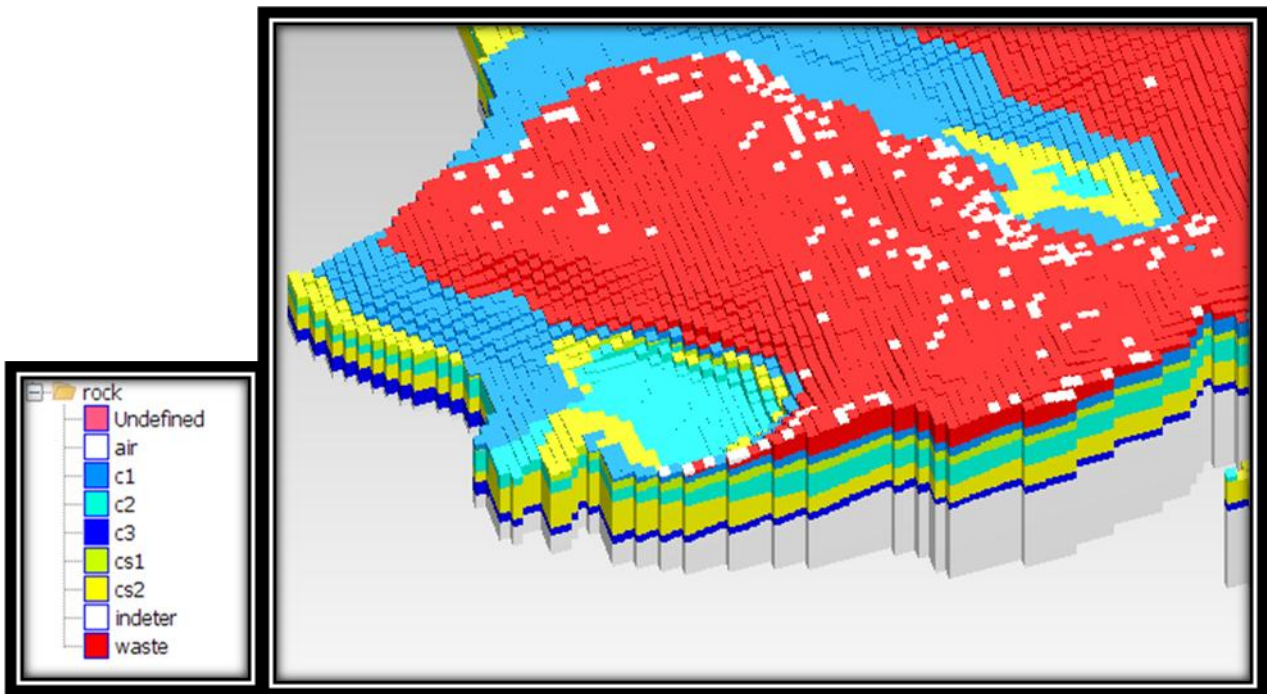


Figura 14. Modelo geológico en 3D generado con ayuda del software minero SURPAC.

7. CONCLUSIONES

- Se interpretó la data química procedente de las muestras adquiridas en los sondeos de la campaña exploratoria, arrojando como resultado la caracterización de 2 tipos de materiales de importancia para la fabricación de clinker o cemento y 3 tipos de roca en total.
- Se reconoció que el material calcáreo posee como cualidad principal su contenido de sílice, presentándose un material con alto contenido en sílice y otro con bajo contenido en sílice.
- Se generó un modelo geológico en 3D para identificar el yacimiento con más detalle.
- Se determinaron las reservas probadas de caliza totales del título minero propiedad de la compañía Cemex Colombia S.A. y la cantidad de material estéril que se debe remover para la extracción del material calcáreo, para complementar la planificación minera para una futura apertura de mina.

BIBLIOGRAFIA

ETAYO, F., 1964. Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. Bol. de Geología, Univ. Ind. de Santander, Nos. 16-17, p. 5-141, 8ft., Bucaramanga.

_____,1968. El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva 41, y zonas próximas. Revista de la Geología Colombiana, No. 5, p. 5-74.

_____,et, al., 1969. Contorno sucesivo del mar Cretáceo en Colombia. Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología. Publicado en 1976.

GALVIS, N.G. y RUBIANO, J.L., 1985. Redefinición estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis facial. In: F. Etayo-Serna y F. Laverde (Editores), Proyecto Cretácico. INGEOMINAS, Bogotá, pp. VII1-VII16.

GEOVIA Colombia, 2014. Informe Técnico, Creación del modelo geológico – Apolo II. Informe No. COL 064 140205 01, Medellín **CONFIDENCIAL**.

HUBACH, E., 1953. Condiciones geológicas de la variante de la carretera Arcabuco-Barbosa-Oiba, Deptos. de Santander y Boyacá, Serv. Geol. Nal., Informe No. 952.

_____,1957a, Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Serv. Geol. Nal, Informe No. 1212, 166 p.

_____, 1957b. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores, Serv, Geol. Nal., Bol. Geol. Vol. 5,, No. 2, pp. 93.

MORALES, L. G., et. al., 1955. General Geology and Oil Occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia. Colombian Oil industry.

RENZONI, G. y OSPINA, C., 1969. Geología del cuadrángulo J-12, INGEOMINAS, Informe No, 1546, 30 pp..

SAMPER S.A., 1994. Informe técnico e ejecutivo proyecto de exploración de la licencia minera No.XXXX., Bogotá **CONFIDENCIAL**.

TABORDA, B., 1952. Geología del área Confines-Charalá, Departamento de Santander. Informe No. 314 de la Empresa de Petróleos, Bogotá.

WARD, D., CRUZ, J., et. al., 1973. Geología de los cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, INGE03,11- NAS, Bol, Geol, Vol.XX1, Nos. 1-3.

ANEXOS

ANEXO A. LOGS de perforación

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP1	Sector:	Localizacion:										Elevacion:	2070 m.		
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SI02	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP-1	Suelo	0.00 - 27.15	A1														
	M1	27.15 - 29.15	LT		35.82	10.26	3.42	18.20	3.77	1.71	0.65	2.23		23.93	2.62	3.00	16
	M2	29.15 - 31.15			11.92	4.64	1.33	42.72	0.97	0.99	0.35	1.07		36.01	2.00	3.49	108
	M3	31.15 - 33.15			7.98	3.17	1.47	45.89	1.09	1.23	0.22	0.73		38.22	1.72	2.16	170
	M4	33.15 - 35.15	C1		5.95	2.13	0.68	49.41	0.85	0.34	0.17	0.47		40.00	2.12	3.13	252
	M5	35.15 - 37.15			8.42	3.43	1.08	45.62	1.25	0.66	0.18	0.82		38.54	1.87	3.18	161
	M6	37.15 - 39.15			7.29	2.72	4.01	46.10	1.00	5.98	0.20	0.65		32.05	1.08	0.88	176
	M7	39.15 - 41.15			14.22	5.75	1.73	38.48	1.90	1.56	0.28	1.41		34.68	1.90	3.32	81
	M8	41.15 - 43.15			11.80	4.68	1.09	42.64	1.10	1.09	0.26	1.12		36.24	2.05	4.29	109
	M9	43.15 - 45.15	CS1		10.52	3.95	0.92	44.53	0.80	0.94	0.29	1.00		37.04	2.16	4.29	128
	M10	45.15 - 47.15			20.61	7.72	2.00	33.06	1.84	2.19	0.38	1.88		30.34	2.12	3.86	49
	M11	47.15 - 49.15			15.83	5.70	2.49	37.03	2.28	3.35	0.37	1.29		31.66	1.93	2.29	70
	M12	49.15 - 51.15			5.70	1.76	1.31	49.40	1.24	1.21	0.32	0.36		38.71	1.86	1.34	262
	M13	51.15 - 53.15			5.48	2.01	0.97	50.02	0.87	0.84	0.20	0.46		39.14	1.84	2.07	273
	M14	53.15 - 55.15			7.76	2.81	0.68	47.51	1.11	0.44	0.26	0.66		38.77	2.22	4.13	186
	M15	55.15 - 57.15			9.25	3.89	0.99	44.37	1.55	0.79	0.22	0.97		37.97	1.90	3.93	143
	M16	57.15 - 59.15			8.03	3.14	1.30	45.43	1.61	1.49	0.24	0.74		38.02	1.81	2.42	168
	M17	59.15 - 61.15	C2		8.57	3.27	0.97	56.98	1.40	0.84	0.30	0.75		26.92	2.02	3.37	200
	M18	61.15 - 63.15			8.04	2.96	0.84	47.17	1.13	0.62	0.30	0.69		38.26	2.12	3.52	178
	M19	63.15 - 65.15			5.78	2.26	0.77	48.85	1.35	0.42	0.28	0.50		39.80	1.91	2.94	252
	M20	65.15 - 67.15			8.59	3.78	1.15	45.31	1.43	0.95	0.22	0.91		37.66	1.74	3.29	155
	M21	67.15 - 69.15			6.69	2.86	0.86	47.59	1.09	0.79	0.20	0.65		39.27	1.80	3.33	210
	M22	69.15 - 71.15			4.51	1.88	0.62	49.94	1.16	0.29	0.17	0.43		40.99	1.80	3.03	327
	M23	71.15 - 73.15			9.33	3.37	0.93	45.91	1.15	0.68	0.32	0.78		37.54	2.17	3.62	150
	M24	73.15 - 75.15			12.51	4.73	0.97	41.44	1.71	0.53	0.30	1.12		36.70	2.19	4.88	100
	M25	75.15 - 77.15			11.52	4.60	1.10	41.12	2.42	0.78	0.28	1.13		37.05	2.02	4.18	107
	M26	77.15 - 79.15			13.66	4.49	1.31	41.12	1.74	1.29	0.29	1.08		35.02	2.36	3.43	93
	M27	79.15 - 81.15			21.17	7.12	1.50	32.69	2.64	1.38	0.39	1.68		31.42	2.46	4.75	48
	M28	81.15 - 83.15			11.88	3.61	1.09	44.88	1.12	1.36	0.30	0.85		34.92	2.53	3.31	117
	M29	83.15 - 85.15			10.13	3.94	1.34	44.27	1.29	1.45	0.28	0.95		36.35	1.92	2.94	131
	M30	85.15 - 87.15	CS2		12.52	4.77	1.20	41.29	1.64	1.04	0.27	1.18		36.09	2.10	3.98	100
	M31	87.15 - 89.15			5.30	1.28	0.72	51.37	0.72	0.58	0.20	0.27		39.56	2.65	1.78	305
	M32	89.15 - 91.15			13.59	5.10	1.54	40.65	1.61	1.58	0.31	1.27		34.35	2.05	3.31	90
	M33	91.15 - 93.15			21.11	7.99	1.88	32.02	2.16	1.95	0.40	1.98		30.51	2.14	4.25	46
	M34	93.15 - 95.15			15.06	6.33	1.90	37.96	1.78	2.04	0.32	1.60		33.01	1.83	3.33	75
	M35	95.15 - 97.15			14.73	6.15	1.52	40.44	1.11	1.70	0.34	1.52		32.50	1.92	4.05	82
	M36	97.15 - 99.15			10.91	4.11	1.47	42.20	2.11	1.38	0.38	0.96		36.48	1.96	2.80	116
	M37	99.15 - 101.15			5.87	2.09	0.79	31.91	1.02	0.69	0.21	0.49		56.93	2.04	2.65	164
	M38	101.15 - 103.15			8.27	3.20	1.15	46.22	1.38	1.09	0.29	0.76		37.63	1.90	2.78	167
	M39	103.15 - 105.15			8.05	2.77	1.22	44.84	2.43	0.78	0.26	0.65		38.99	2.02	2.27	169
	M40	105.15 - 107.15			13.50	5.46	1.22	41.24	1.16	1.16	0.34	1.41		34.49	2.02	4.48	92
	M41	107.15 - 109.15			7.70	2.71	0.99	47.61	1.28	0.67	0.29	0.62		38.13	2.08	2.74	187
	M42	109.15 - 111.15	C3		8.50	3.23	1.03	46.95	0.90	0.96	0.27	0.79		37.38	2.00	3.14	166
	M43	111.15 - 113.15			11.95	4.90	1.64	41.95	1.47	1.32	0.30	1.22		35.25	1.83	2.99	104
	M44	113.15 - 115.15			8.41	3.31	1.25	46.14	1.09	0.98	0.25	0.79		37.78	1.84	2.65	163
	M45	115.15 - 117.15			11.05	4.36	1.28	44.23	0.91	1.05	0.21	1.13		35.78	1.96	3.41	120
	M46	117.15 - 119.15			16.57	6.64	1.65	37.93	1.02	1.54	0.23	1.72		32.70	2.00	4.02	69
	M47	119.15 - 121.15			21.00	7.64	2.21	33.93	1.40	2.53	0.28	1.90		29.10	2.13	3.46	49
	M48	121.15 - 123.15	LB		39.27	12.71	2.80	17.90	1.74	4.07	0.42	3.18		17.92	2.53	4.54	14
	M49	123.15 - 125.15			37.63	11.25	2.48	20.71	1.59	3.47	0.31	2.83		19.72	2.74	4.54	17
	M50	125.15 - 126.55			21.22	6.88	2.02	34.12	1.41	2.27	0.16	1.74		30.18	2.38	3.41	50

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. - COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP2	Sector:	Localizacion:										Elevacion:			
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SI02	AL203	FE203	CAO	MGO	SO3	NA20	K20	P205	PF	MS	MF	LSF
AP-2	Suelo	0.00 - 36.00	A1														
	M95	36.00 - 38.00	LT		36.81	11.71	4.06	18.44	2.35	0.95	0.52	2.56		22.59	2.33	2.88	15
	M96	38.00 - 40.00			16.13	6.93	1.47	38.04	0.80	1.42	0.37	1.64		33.20	1.92	4.71	70
	M97	40.00 - 42.00			9.19	3.93	1.26	44.67	1.06	0.85	0.25	0.91		37.88	1.77	3.12	143
	M98	42.00 - 44.00	C1		6.33	2.57	1.04	47.78	1.22	0.51	0.17	0.59		39.79	1.75	2.47	223
	M99	44.00 - 46.00			8.55	3.73	0.94	45.73	1.26	0.59	0.21	0.32		38.66	1.83	3.97	158
	M100	46.00 - 48.00			7.40	2.76	0.79	47.76	0.91	0.58	0.18	0.66		38.96	2.08	3.49	195
	M101	48.00 - 50.00			14.13	5.61	1.71	38.77	1.91	1.55	0.25	1.40		34.67	1.93	3.28	82
	M102	50.00 - 52.00			12.30	4.76	1.28	42.50	1.06	1.20	0.26	1.18		35.45	2.04	3.72	104
	M103	52.00 - 54.00	CS1		11.23	4.49	1.08	43.77	0.85	1.12	0.26	1.09		36.09	2.02	4.16	117
	M104	54.00 - 56.00			21.06	7.78	2.00	32.44	2.08	2.12	0.37	1.90		30.26	2.15	3.89	47
	M105	56.00 - 58.00			14.85	4.78	1.99	37.70	2.82	2.26	0.31	1.14		34.16	2.19	2.40	78
	M106	58.00 - 60.00			6.30	2.23	1.23	48.05	1.25	0.98	0.25	0.50		39.20	1.82	1.81	228
	M107	60.00 - 62.00			8.67	3.76	0.86	44.27	1.22	0.67	0.23	0.92		39.39	1.88	4.37	151
	M108	62.00 - 64.00			9.96	3.90	0.85	43.92	1.71	0.56	0.27	0.91		37.93	2.10	4.59	133
	M109	64.00 - 66.00			8.76	3.61	0.83	45.00	1.59	0.59	0.20	0.90		38.51	1.97	4.35	153
	M110	66.00 - 68.00			8.65	3.39	1.30	45.13	1.44	1.50	0.25	0.79		37.54	1.84	2.61	155
	M111	68.00 - 70.00	C2		9.87	4.04	1.30	43.19	1.85	1.09	0.27	0.99		37.40	1.85	3.11	130
	M112	70.00 - 72.00			8.18	3.17	0.87	46.95	0.96	0.84	0.27	0.75		38.01	2.02	3.64	173
	M113	72.00 - 74.00			6.13	2.42	1.05	48.13	1.44	0.76	0.26	0.54		39.27	1.77	2.30	232
	M114	74.00 - 76.00			8.93	3.87	0.89	45.60	1.25	0.69	0.23	0.95		37.57	1.88	4.35	151
	M115	76.00 - 78.00			8.52	3.53	1.19	45.60	1.43	1.15	0.24	0.87		37.48	1.81	2.97	158
	M116	78.00 - 80.00			5.46	2.16	0.93	47.94	1.83	0.39	0.19	0.50		40.60	1.77	2.32	260
	M117	80.00 - 82.00			8.38	3.03	1.19	45.52	2.07	0.73	0.28	0.70		38.09	1.99	2.55	164
	M118	82.00 - 84.00			10.58	4.16	1.08	42.24	2.47	0.64	0.27	0.99		37.57	2.02	3.85	120
	M119	84.00 - 86.00			11.78	4.70	1.07	40.80	2.54	0.60	0.27	1.14		37.10	2.04	4.39	104
	M120	86.00 - 88.00			14.87	4.93	1.31	39.88	1.86	1.24	0.31	1.21		34.39	2.38	3.76	83
	M121	88.00 - 90.00			21.05	7.42	1.60	33.59	2.09	1.88	0.39	1.80		30.19	2.33	4.64	49
	M122	90.00 - 92.00			15.12	5.25	1.16	40.27	1.43	1.13	0.36	1.28		34.01	2.36	4.53	82
	M123	92.00 - 94.00			7.83	2.59	0.90	48.02	0.80	0.99	0.25	0.61		38.01	2.24	2.88	188
	M124	94.00 - 96.00	CS2		18.55	8.41	1.37	34.77	1.59	1.44	0.36	2.10		31.41	1.90	6.14	55
	M125	96.00 - 98.00			5.6	1.83	0.72	50.56	0.71	0.65	0.2	0.38		39.35	2.20	2.54	276
	M126	98.00 - 100.00			13.01	4.68	1.44	41.13	1.63	1.33	0.31	1.15		35.31	2.13	3.25	96
	M127	100.00 - 102.00			13.48	4.91	1.5	41.2	1.24	1.79	0.31	1.25		34.33	2.10	3.27	93
	M128	102.00 - 104.00			19.6	8.35	2.13	31.96	2.5	1.98	0.35	2.04		31.09	1.87	3.92	48
	M129	104.00 - 106.00			17.89	7.46	1.9	46.38	1.8	2.09	0.42	1.81		20.24	1.91	3.93	77
	M130	106.00 - 108.00			12.19	4.52	1.5	41.67	1.8	1.5	0.38	1.06		35.38	2.02	3.01	103
	M131	108.00 - 110.00			8.47	3.12	1.07	46.3	1.41	0.9	0.28	0.73		37.72	2.02	2.92	165
	M132	110.00 - 112.00			8.04	3.08	0.96	46.85	1.15	0.84	0.26	0.72		38.1	1.99	3.21	175
	M133	112.00 - 114.00			6.63	2.38	1.07	47.17	1.87	0.66	0.25	0.54		39.43	1.92	2.22	214
	M134	114.00 - 116.00			15.81	6.55	1.81	36.66	2.2	1.58	0.31	1.63		33.46	1.89	3.62	69
	M135	116.00 - 118.00	C3		8.42	3.16	0.92	46.84	1.13	0.67	0.28	0.76		37.83	2.06	3.43	168
	M136	118.00 - 120.00			7.98	3.03	0.88	47.28	0.85	0.74	0.21	0.74		38.28	2.04	3.44	178
	M137	120.00 - 122.00			8.3	3.13	1.03	47.16	0.83	0.94	0.24	0.76		37.61	2.00	3.04	171
	M138	122.00 - 124.00			8.89	3.79	1.36	45.19	1.08	1	0.19	0.96		37.54	1.73	2.79	149
	M139	124.00 - 126.00			11.6	4.82	1.35	43.11	0.92	1.11	0.17	1.26		35.67	1.88	3.57	110
	M140	126.00 - 128.00			18.77	7.8	2.06	35.34	1.25	1.72	0.24	2.03		30.78	1.90	3.79	56
	M141	128.00 - 130.00	LB		22.61	8.7	2.36	31.98	1.51	2.63	0.27	2.2		27.74	2.04	3.69	43
	M142	130.00 - 131.80			40.62	12.04	2.63	17.92	1.73	4.03	0.46	3.04		17.52	2.77	4.58	14

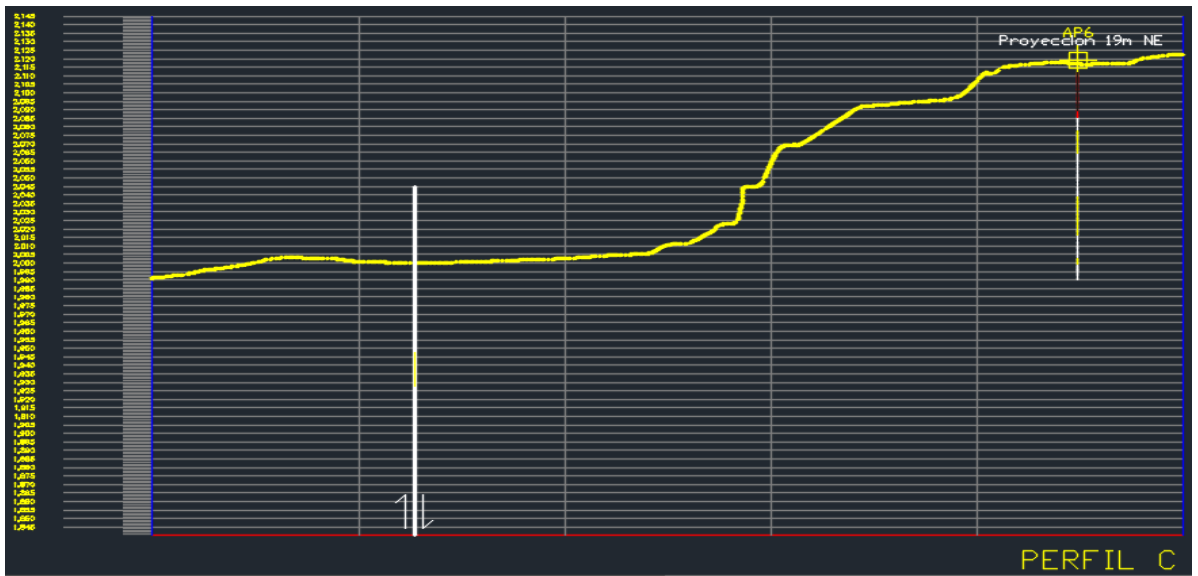
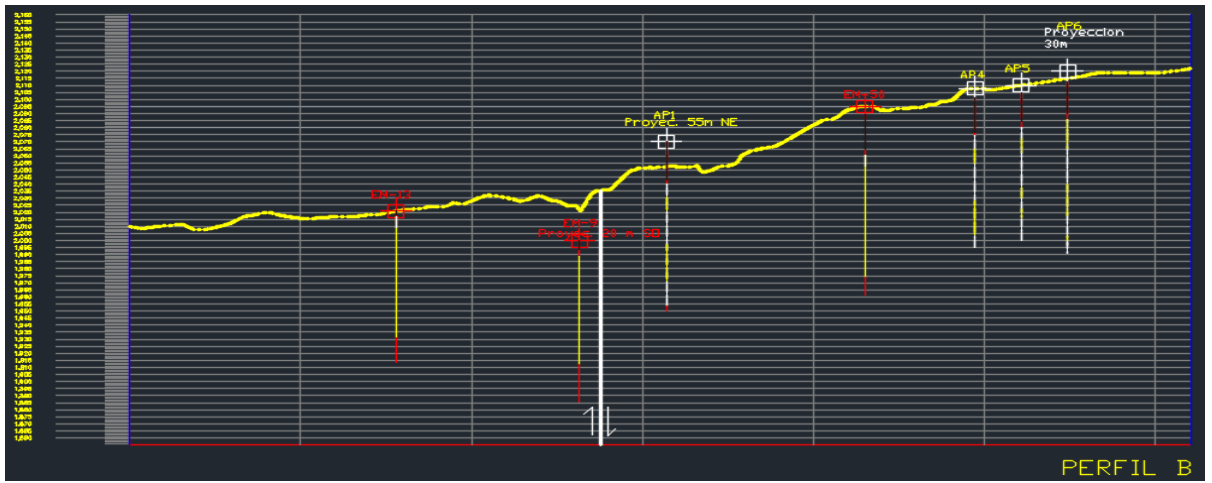
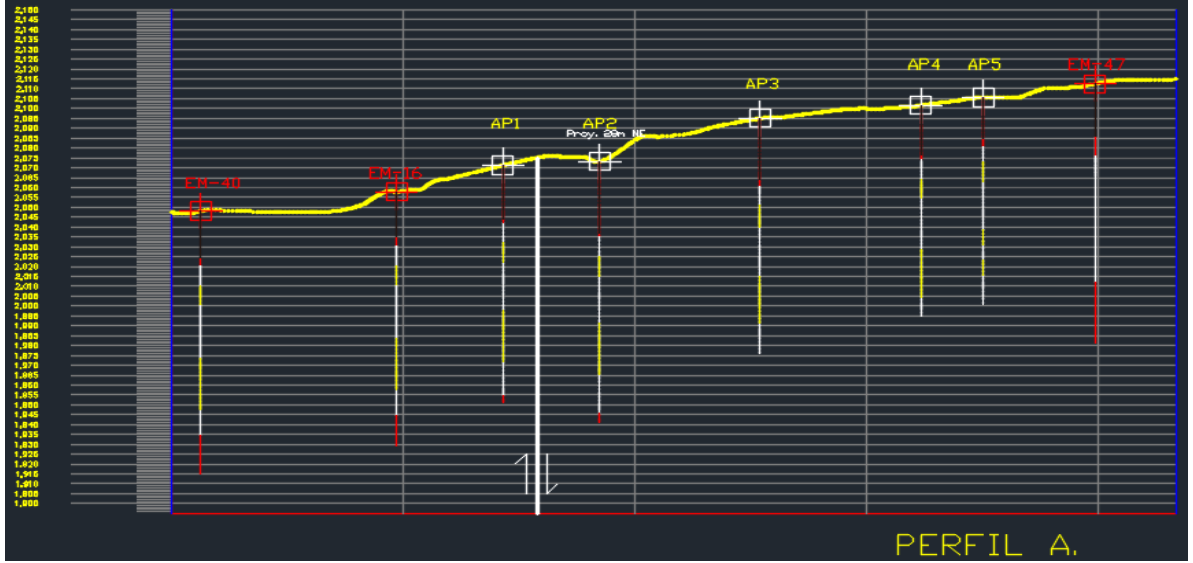
PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. - COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP3	Sector:	Localizacion:										Elevacion:			
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP3	Suelo	0.00 - 30.80	A1														
	AP188	30.80 - 32.77	LT		33.97	11.56	2.51	21.83	1.68	1.58	0.64	2.7		23.54	2.41	4.61	20
	AP189	32.77 - 34.60			31.34	9.85	3.57	22.76	3.47	1.96	0.57	0.25		26.24	2.34	2.76	22
	AP190	34.60 - 36.40			11.08	4.48	1.12	43.49	0.79	0.93	0.3	1.11		36.7	1.98	4.00	117
	AP191	36.40 - 38.20			8.85	3.65	1.41	44.84	1.03	1.05	0.21	0.87		38.08	1.75	2.59	149
	AP192	38.20 - 40.20	C1		6.22	2.58	0.72	47.7	0.8	0.38	1.11	0.63		39.85	1.88	3.58	228
	AP193	40.20 - 41.95			8.61	3.55	1.42	43.45	2.11	1.12	0.2	0.86		38.68	1.73	2.50	149
	AP194	41.95 - 43.85			6.66	2.46	0.82	47.92	0.94	0.59	0.17	0.6	0	39.85	2.03	3.00	217
	AP195	43.85 - 45.70			10.81	4.25	1.23	43.26	1.3	1.16	0.21	1.06		36.72	1.97	3.46	120
	AP196	45.70 - 47.60			13.26	5.23	1.55	40.24	1.39	1.19	0.21	1.36		35.57	1.96	3.37	91
	AP197	47.60 - 49.50	CS1		11.61	4.39	1.2	43.5	0.81	0.98	0.25	1.09		36.16	2.08	3.66	113
	AP198	49.50 - 51.42			12.78	4.68	1.16	43.1	0.91	1.27	0.28	1.16		34.65	2.19	4.03	102
	AP199	51.42 - 53.35			20.8	7.21	2.17	31.75	2.41	2.45	0.38	1.83		31.01	2.22	3.32	47
	AP200	53.35 - 55.25			13.21	4.24	2.07	39.98	1.85	2.7	0.36	1.03		34.56	2.09	2.05	92
	AP201	55.25 - 57.15			6.38	2.56	1.96	47.44	1.34	2.13	0.23	0.56		37.4	1.41	1.31	214
	AP202	57.15 - 59.00			6.25	2.48	0.96	48.02	1.09	0.74	0.15	0.61		39.71	1.82	2.58	228
	AP203	59.00 - 60.85			10.81	4.08	1.1	43.14	1.55	0.95	0.24	1.01		37.12	2.09	3.71	121
	AP204	60.85 - 62.75			8.67	3.55	0.87	44.95	1.35	0.66	0.17	0.9		38.87	1.96	4.08	155
	AP205	62.75 - 64.65			9.27	3.77	1.36	44.19	1.57	1.3	0.25	0.89		37.39	1.81	2.77	141
	AP206	64.65 - 66.55			11.04	4.32	1.33	41.8	1.89	1.13	0.27	1.09		37.15	1.95	3.25	113
	AP207	66.55 - 68.50	C2		9.08	3.29	0.87	45.8	0.94	0.71	0.3	0.79		38.23	2.18	3.78	153
	AP208	68.50 - 70.40			5.46	1.79	0.84	49	1.27	0.52	0.23	0.42		40.47	2.08	2.13	273
	AP209	70.40 - 72.30			7.39	3.03	1.24	49.29	0.99	1.14	0.2	0.74		35.98	1.73	2.44	197
	AP210	72.30 - 74.20			11.12	4.93	0.91	42.58	1.42	0.69	0.23	1.22		36.9	1.90	5.42	113
	AP211	74.20 - 76.00			6.35	2.43	0.94	48.13	1.15	0.65	0.19	0.58		39.56	1.88	2.59	226
	AP212	76.00 - 77.90			6.37	2.13	0.96	47.64	1.62	0.4	0.22	0.48		40.18	2.06	2.22	227
	AP213	77.90 - 79.80			8.72	3.46	1.11	44.93	1.28	0.86	0.21	0.88		38.55	1.91	3.12	154
	AP214	79.81 - 81.61			11.43	4.29	1.07	40.79	2.62	0.54	0.28	1.04		37.95	2.13	4.01	108
	AP215	81.61 - 83.50			10.52	3.68	1.17	42.76	2.09	0.75	0.23	0.87		37.92	2.17	3.15	124
	AP216	83.50 - 86.90			16.91	6.15	1.18	37.75	1.62	1.04	0.34	1.52		33.5	2.31	5.21	68
	AP217	86.9 - 88.75			11.56	4.01	1.6	43.35	1.02	1.94	0.26	1		35.26	2.06	2.51	114
	AP218	88.75 - 90.62			8.4	2.66	0.92	47.44	0.71	0.84	0.25	0.63		38.15	2.35	2.89	174
	AP219	90.62 - 92.50	CS2		14.9	5.27	1.55	38.78	1.88	1.46	0.3	1.36		34.5	2.18	3.40	79
	AP220	92.50 - 94.40			6.39	2.02	1	49.03	0.84	1	0.2	0.46		39.06	2.12	2.02	234
	AP221	94.40 - 96.30			10.96	4.02	1.38	43.1	1.34	1.29	0.21	1.02		36.68	2.03	2.91	119
	AP222	96.30 - 98.00			21.48	8.72	2.05	30.58	2.26	2.14	0.38	2.21		30.18	1.99	4.25	43
	AP223	98.00 - 99.85			14.99	5.13	1.73	38.97	1.81	1.89	0.3	1.28		33.91	2.19	2.97	79
	AP224	99.85 - 101.82			11.18	4.95	1.39	42.97	0.98	1.62	0.23	1.23		35.45	1.76	3.56	113
	AP225	101.82 - 103.80			10.77	4.12	1.44	42.98	1.51	1.59	0.27	1.03		36.3	1.94	2.86	120
	AP226	103.80 - 105.80			9.39	3.58	1.24	44.72	1.31	1.29	0.27	0.86		37.35	1.95	2.89	143
	AP227	105.80 - 107.80			7.67	2.67	1.24	45.77	1.91	1.01	0.21	0.65		38.88	1.96	2.15	180
	AP228	107.80 - 109.70			7.82	2.51	1.11	46.93	1.75	0.78	0.24	0.6		38.26	2.16	2.26	183
	AP229	109.70 - 111.60	C3		9.4	3.17	1.2	45.04	1.2	1.04	0.27	0.79		37.89	2.15	2.64	146
	AP230	111.60 - 113.4			10.97	4.7	1.01	43.54	1.06	0.86	0.21	1.24		36.39	1.92	4.65	118
	AP231	113.40 - 115.2			6.63	2.05	0.92	49.07	1.05	0.64	0.2	0.47		38.97	2.23	2.23	227
	AP232	115.20 - 119.20			10.24	4.23	1.36	43.79	1.07	1.07	0.17	1.09		36.98	1.83	3.11	127

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. - COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP4	Sector:	Localizacion:										Elevacion:			
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP-4	Suelo	0.00 - 25.10	A1														
	M51	23.10 - 25.10			34.70	11.45	3.14	20.32	2.19	1.89	0.64	2.61		23.05	2.38	3.65	18
	M52	25.10 - 27.10	LT		30.84	9.23	3.32	22.63	3.37	1.91	0.57	2.03		26.09	2.46	2.78	23
	M53	27.10 - 29.10			11.82	4.68	1.13	42.88	0.77	1.02	0.36	1.10		36.25	2.03	4.14	109
	M54	29.10 - 31.10			7.68	2.99	1.45	45.60	1.25	1.13	0.22	0.71		38.97	1.73	2.06	176
	M55	31.10 - 33.10	C1		7.05	2.74	1.08	47.02	1.43	0.71	0.20	0.65		39.13	1.85	2.54	199
	M56	33.10 - 35.10			8.06	3.35	0.97	46.49	1.05	0.80	0.20	0.81		38.28	1.87	3.45	171
	M57	35.10 - 37.10			7.01	2.57	0.81	48.52	0.90	0.64	0.17	0.62		38.76	2.07	3.17	209
	M58	37.10 - 39.10			14.32	5.76	1.78	38.11	2.05	1.67	0.27	1.43		34.61	1.90	3.24	79
	M59	39.10 - 41.10			11.64	4.42	1.25	43.31	1.01	1.26	0.26	1.10		35.78	2.05	3.54	112
	M60	41.10 - 43.10	CS1		10.90	4.26	0.99	44.16	0.79	1.02	0.26	1.07		36.55	2.08	4.30	122
	M61	43.10 - 45.10			21.85	7.60	2.04	32.13	2.03	2.32	0.40	1.90		29.72	2.27	3.73	45
	M62	45.10 - 47.10			14.10	4.72	1.91	40.00	1.70	2.51	0.31	1.10		33.66	2.13	2.47	86
	M63	47.10 - 49.10			5.85	2.01	0.95	49.51	0.98	0.84	0.28	0.43		39.14	1.98	2.12	256
	M64	49.10 - 51.10			6.27	2.54	0.73	48.16	1.14	0.47	0.21	0.61		39.87	1.92	3.48	229
	M65	51.10 - 53.10			9.49	3.61	1.06	44.83	1.51	0.95	0.26	0.88		37.40	2.03	3.41	142
	M66	53.10 - 55.10			8.73	3.74	1.00	44.63	1.58	0.81	0.20	0.93		38.38	1.84	3.74	151
	M67	55.10 - 57.10			8.91	3.48	1.15	45.16	1.43	1.30	0.30	0.82		37.45	1.92	3.03	152
	M68	57.10 - 59.10			8.92	3.58	0.97	45.15	1.44	0.80	0.27	0.86		38.00	1.96	3.69	151
	M69	59.10 - 61.10	C2		8.86	3.44	1.08	44.90	1.72	0.86	0.27	0.82		38.05	1.96	3.19	152
	M70	61.10 - 63.10			5.95	2.20	1.16	48.77	1.16	1.17	0.25	0.50		38.84	1.77	1.90	244
	M71	63.10 - 65.10			9.73	4.12	0.20	45.37	1.46	0.00	0.25	1.04		37.84	2.25	20.60	141
	M72	65.10 - 67.10			5.97	2.38	0.97	48.40	1.25	0.81	0.19	0.57		39.47	1.78	2.45	240
	M74	67.10 - 69.10			5.16	1.79	0.92	48.89	1.84	0.48	0.19	0.39		40.34	1.90	1.95	285
	M75	69.10 - 71.10			9.74	3.80	1.15	43.93	1.86	0.89	0.32	0.90		37.40	1.97	3.30	135
	M76	71.10 - 73.10			6.92	2.67	0.94	46.92	1.76	0.46	0.18	0.62		39.53	1.92	2.84	203
	M77	73.10 - 75.10			11.48	4.63	1.35	40.34	2.67	1.03	0.28	1.11		37.10	1.92	3.43	105
	M78	75.10 - 77.10			15.65	5.69	1.43	38.53	2.01	1.38	0.33	1.41		33.58	2.20	3.98	75
	M79	77.10 - 79.10			19.20	6.11	1.61	34.78	2.80	1.48	0.36	1.48		32.19	2.49	3.80	56
	M80	79.10 - 81.10			12.21	4.03	1.27	43.51	1.00	1.71	0.30	0.96		35.00	2.30	3.17	109
	M81	81.10 - 83.10			11.38	4.90	1.10	43.43	0.96	1.07	0.26	1.22		35.68	1.90	4.45	113
	M82	83.10 - 85.10	CS2		9.60	3.36	1.12	45.07	1.31	0.92	0.25	0.82		37.55	2.14	3.00	143
	M83	85.10 - 87.10			7.79	2.47	1.10	47.51	1.00	0.97	0.23	0.55		38.38	2.18	2.25	187
	M84	87.10 - 89.10			15.61	6.10	1.52	37.76	1.77	1.44	0.38	1.51		33.89	2.05	4.01	73
	M85	89.10 - 91.10			20.28	8.28	1.96	31.74	2.34	1.89	0.37	2.07		31.07	1.98	4.22	47
	M86	91.10 - 93.10			13.49	5.81	1.74	40.38	1.24	2.24	0.34	1.41		33.33	1.79	3.34	88
	M87	93.10 - 95.10			10.31	3.55	1.17	44.92	1.02	1.27	0.36	0.84		36.56	2.18	3.03	133
	M88	95.10 - 97.10			11.31	4.18	1.44	42.33	2.01	1.32	0.38	0.96		36.06	2.01	2.90	113
	M89	97.10 - 99.10			9.69	3.71	1.54	42.40	2.99	1.14	0.27	0.86		37.41	1.85	2.41	130
	M90	99.10 - 101.10			7.29	2.68	1.01	47.41	1.32	0.83	0.26	0.63		38.57	1.98	2.65	196
	M91	101.10 - 103.10	C3		8.44	3.43	1.02	45.95	1.17	0.84	0.26	0.82		38.07	1.90	3.36	162
	M92	103.10 - 105.10			12.25	5.06	1.07	42.27	1.00	1.03	0.26	1.29		35.76	2.00	4.73	103
	M93	105.10 - 106.50			5.67	1.46	0.71	50.34	0.88	0.50	0.16	0.32		39.96	2.61	2.06	279

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. - COLOMBIA.																	
Perforacion No:			AP5	Sector:	La Chapa				Localizacion:				Elevacion:				
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP-5	Suelo	0.00 - 20.75	A1														
	AP143	18.75 - 20.75			27.95	9.82	2.97	22.11	2.05	1.49	0.49	2.24		30.88	2.19	3.31	24
	AP144	22.75 - 24.75	LT		32.88	9.97	2.4	22.41	2.59	1.56	0.64	2.23		25.33	2.66	4.15	21
	AP145	23.00 - 24.85			12.1	4.72	1.21	42.62	0.87	0.9	0.31	1.12		36.16	2.04	3.90	106
	AP146	23.85 - 26.7			8.21	3.41	1.16	45.9	0.99	0.86	0.23	0.8		38.44	1.80	2.94	165
	AP147	26.70 - 28.75	C1		5.17	1.96	0.58	49.67	0.78	0.35	0.17	0.46		40.87	2.04	3.38	289
	AP148	28.75 - 30.75			8.02	3.18	1.13	45.31	1.46	0.78	0.19	0.8		39.12	1.86	2.81	168
	AP149	30.75 - 32.65			8.06	3.18	0.92	45.23	1.07	0.7	1.07	0.78		39	1.97	3.46	168
	AP150	32.65 - 34.55			12.94	5.13	1.66	40.27	1.61	1.59	0.23	1.26		35.31	1.91	3.09	93
	AP151	34.55 - 36.55			13.96	5.46	1.4	39.87	1.44	1.32	0.27	1.37		34.92	2.03	3.90	86
	AP152	36.55 - 38.55	CS1		11.34	4.41	1.23	43.01	0.87	0.76	0.23	1.09		37.06	2.01	3.59	114
	AP153	38.45 - 40.40			17.99	6.86	1.84	35.85	1.58	1.36	0.31	1.68		32.54	2.07	3.73	60
	AP154	40.40 - 42.35			15.66	5.38	1.95	36.33	1.71	2.25	0.28	1.3		35.14	2.14	2.76	71
	AP155	42.35 - 44.25			9.23	3.34	1.79	43.76	1.67	1.89	0.3	0.75		37.26	1.80	1.87	141
	AP156	44.25 - 46.15			5.63	2.27	0.69	49.53	0.87	0.45	0.17	0.52		39.86	1.90	3.29	262
	AP157	46.15 - 47.67			7.72	2.71	1.03	46.47	1.11	0.83	0.21	0.66		39.24	2.06	2.63	182
	AP158	47.67 - 49.20			10.43	4.1	0.96	43.43	1.7	0.73	0.2	1.01		37.44	2.06	4.27	125
	AP159	49.2 - 51.17			8.65	3.39	1.14	44.93	1.55	0.94	0.2	0.82		38.38	1.91	2.97	155
	AP160	51.17 - 53.15			7.91	2.85	1.08	46.95	1.01	1.15	0.24	0.68		38.13	2.01	2.64	179
	AP161	53.15 - 55.13	C2		8.43	3.28	1	46.11	1.23	0.88	0.25	0.77		38.06	1.97	3.28	164
	AP162	55.13 - 57.10			5.46	1.88	0.82	49.14	1.47	0.46	0.25	0.4		40.12	2.02	2.29	272
	AP163	57.10 - 59.15			6.88	2.69	0.69	48.14	0.82	0.39	0.19	0.67		39.53	2.04	3.90	210
	AP164	59.15 - 61.20			8.37	3.87	0.9	45.38	1.22	0.74	0.2	0.97		38.35	1.75	4.30	159
	AP165	61.20 - 63.05			5.57	2.16	0.81	48.1	1.5	0.45	0.17	0.51		40.73	1.88	2.67	258
	AP166	63.05 - 64.90			7	2.46	1.09	46.16	1.89	0.73	0.22	0.57		39.88	1.97	2.26	199
	AP167	64.90 - 66.80			6.65	2.54	1.18	47.77	1.24	0.92	0.19	0.61		38.9	1.79	2.15	213
	AP168	66.80 - 68.70			11.61	4.59	1.17	39.67	3.08	0.55	0.25	1.15		37.94	2.02	3.92	103
	AP169	68.70 - 70.70			12.14	4.7	1.18	40.51	2.12	0.89	0.29	1.14		37.05	2.06	3.98	101
	AP170	70.70 - 72.70			15.88	4.96	1.62	37.98	2.2	1.76	0.31	1.21		34.08	2.41	3.06	74
	AP171	72.70 - 74.58			16.39	5.69	1.43	38.22	1.74	0.88	0.31	1.33		33.99	2.30	3.98	71
	AP172	74.58 - 76.45			9.58	3.05	1	46.35	0.81	0.96	0.27	0.72		37.26	2.37	3.05	149
	AP173	76.45 - 78.40	CS2		9.92	3.82	0.93	45	0.81	0.77	0.19	0.89		37.67	2.09	4.11	137
	AP174	78.40 - 80.35			7.18	2.83	0.79	48.37	0.53	0.45	0.18	0.64		39.03	1.98	3.58	202
	AP175	80.35 - 82.25			8.67	2.93	1.07	46.35	1.13	0.84	0.2	0.7		38.1	2.17	2.74	163
	AP176	82.25 - 84.20			12.71	4.55	1.29	41.83	1.21	1.37	0.23	1.12		35.69	2.18	3.53	100
	AP177	84.20 - 86.10			20.36	8.28	2.33	30.13	2.72	2.13	0.32	2.14		31.6	1.92	3.55	44
	AP178	86.10 - 88.00			10.43	4.03	1.58	44.01	1.04	1.73	0.25	0.99		35.94	1.86	2.55	126
	AP179	88.00 - 89.87			11.75	4.37	1.48	42.17	1.47	1.29	0.3	1.07		36.11	2.01	2.95	108
	AP180	89.87 - 91.75			8.91	3.31	1.32	44.77	1.57	1.08	0.29	0.78		37.97	1.92	2.51	151
	AP181	91.75 - 93.62			9.56	3.39	1.25	44.32	1.72	1.1	0.28	0.83		37.56	2.06	2.71	140
	AP182	93.62 - 95.50			8.47	3.26	1.2	44.54	1.66	0.94	0.24	0.8		38.88	1.90	2.72	157
	AP183	95.50 - 97.42			6.85	2.58	0.91	47.51	1.19	0.64	0.2	0.6		39.52	1.96	2.84	208
	AP184	97.42 - 99.35	C3		11.85	4.46	1.23	42.92	1.11	1.2	0.29	1.13		35.81	2.08	3.63	109
	AP185	99.35 - 101.22			7.69	2.7	1.06	47.09	1.07	0.92	0.23	0.65		38.61	2.05	2.55	185
	AP186	101.22 - 103.10			8.08	3.07	0.98	46.86	0.91	0.91	0.25	0.75		38.18	2.00	3.13	174
	AP187	103.10 - 105.00			9.84	3.85	1.22	44.7	0.99	1.09	0.24	0.95		37.12	1.94	3.16	136

PROYECTO: EXPLORACION GEOLOGICA APOLO II. - COLOMBIA.																	
Perforacion No:		AP6	Sector:	La Chapa			Localizacion:					Elevacion:					
POZO	COD. MUESTRA	INTERVALO (m)	CAPA	LITOLOGIA	SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	NA2O	K2O	P2O5	PF	MS	MF	LSF
AP6	Suelo	0.00 - 22.50	A1														
	AP233	22.50 - 24.40			30.29	9.73	2.81	24.96	1.73	1.79	0.56	2.27		25.86	2.42	3.46	25
	AP234	24.40 - 26.35	LT		24.93	8.04	3.41	27.02	2.92	2.42	0.47	1.81		28.98	2.18	2.36	33
	AP235	26.35 - 28.25			10.44	4.26	1.06	44.17	0.73	0.73	0.27	1.02		37.33	1.96	4.02	126
	AP236	28.25 - 30.15	C1		7.36	2.95	1.13	46.58	0.95	0.88	0.19	0.69		39.26	1.80	2.61	188
	AP237	30.15 - 31.8			6.22	2.34	0.76	48.54	0.95	0.42	0.16	0.57		40.04	2.01	3.08	235
	AP238	31.80 - 33.95			8.5	3.56	1.02	44.91	1.3	0.67	0.19	0.89		38.96	1.86	3.49	157
	AP239	33.95 - 35.85			10.28	3.84	1.38	45.2	1.4	1	0.23	0.93		35.74	1.97	2.78	132
	AP240	35.85 - 37.75			11.41	4.48	1.42	42.27	1.48	1.31	0.22	1.11		36.29	1.93	3.15	111
	AP241	37.75 - 39.57			14.8	5.92	1.57	38.29	1.67	1.47	0.28	1.48		34.51	1.98	3.77	77
	AP242	39.57 - 41.40	CS1		11.53	4.49	1.02	43.28	0.85	1.01	0.25	1.14		36.42	2.09	4.40	113
	AP243	41.40 - 43.32			16.95	6.47	1.75	37.72	1.16	1.14	0.28	1.56		32.98	2.06	3.70	67
	AP244	43.20 - 45.25			20.22	7.07	1.93	32.85	2.3	2.2	0.34	1.74		31.35	2.25	3.66	50
	AP245	45.25 - 47.10			11.57	3.79	1.86	42.52	1.57	2.34	0.35	0.89		35.11	2.05	2.04	112
	AP246	47.10 - 48.95			5.74	2.14	0.89	48.43	1.15	0.54	0.21	0.52		40.37	1.89	2.40	253
	AP247	48.95 - 50.85			6.18	2.33	0.67	48.66	0.89	0.48	0.19	0.56		40.04	2.06	3.48	237
	AP248	50.85 - 52.80			11.35	4.63	1.14	41.69	1.86	1	0.25	1.17		36.92	1.97	4.06	110
	AP249	52.80 - 54.67			9.44	3.68	1.16	43.71	1.77	1.1	0.22	0.93		37.99	1.95	3.17	139
	AP250	54.64 - 56.55			9.14	3.71	1.03	45.05	1.19	0.95	0.28	0.89		37.76	1.93	3.60	147
	AP251	56.55 - 58.45			8.93	3.52	0.92	44.75	1.4	0.8	0.23	0.85		38.6	2.01	3.83	150
	AP252	58.45 - 60.35	C2		8.41	3.17	0.96	46.16	1.1	0.62	0.24	0.73		38.6	2.04	3.30	165
	AP253	60.35 - 62.32			5.68	2.22	0.85	48.73	0.92	0.31	0.2	0.51		40.58	1.85	2.61	255
	AP254	62.32 - 64.30			9.65	4.21	0.95	44.81	0.83	0.22	0.18	1.06		38.1	1.87	4.43	137
	AP255	64.30 - 66.22			7.08	2.95	0.86	47.29	1.06	0.32	0.18	0.7		39.56	1.86	3.43	198
	AP256	66.22 - 68.15			5.41	2.1	0.83	48.42	1.51	0.2	0.15	0.49		40.88	1.85	2.53	267
	AP257	68.15 - 70.37			8.77	2.87	1.3	45.01	1.78	0.81	0.31	0.65		38.49	2.10	2.21	156
	AP258	70.37 - 72.60			7.45	2.83	1.1	47.08	0.82	0.2	0.15	0.7		39.67	1.90	2.57	189
	AP259	72.60 - 74.62			12.82	2.47	2.31	42.36	1.29	0.53	0.33	0.31		37.56	2.68	1.07	105
	AP260	74.62 - 76.65			16.24	5.52	1.46	37.96	1.75	1.45	0.28	1.36		33.98	2.33	3.78	72
	AP261	76.65 - 78.45			18.67	6.28	1.47	36.23	1.79	0.99	0.32	1.57		32.68	2.41	4.27	60
	AP262	78.45 - 80.25			11.07	3.59	1.08	44.69	0.82	0.55	0.26	0.9		37.04	2.37	3.32	124
	AP263	80.25 - 82.45			8.9	3.79	0.86	46.42	0.69	0.56	0.25	0.9		37.62	1.91	4.41	155
	AP264	82.45 - 84.65	CS2		11.23	3.93	1.55	43.28	0.81	0.22	0.15	0.97		37.85	2.05	2.54	117
	AP265	84.65 - 86.65			8.24	2.96	1.11	46.55	0.9	0.31	0.15	0.71		39.07	2.02	2.67	171
	AP266	86.65 - 88.65			13.36	5.16	1.48	41.15	1.19	1.71	0.29	1.26		34.4	2.01	3.49	93
	AP267	88.65 - 90.60			22.59	8.9	2.19	29.67	2.48	1.61	0.29	2.16		30.11	2.04	4.06	39
	AP268	90.60 - 92.55			13.43	5.44	1.88	40.51	1.22	0.98	0.24	1.34		34.96	1.83	2.89	90
	AP269	92.55 - 94.88			11.51	4.14	1.52	43.47	0.91	0.53	0.27	0.98		36.68	2.03	2.72	114
	AP270	94.88 - 97.05			10.07	4.06	1.41	42.92	1.78	1.07	0.27	0.91		37.51	1.84	2.88	127
	AP271	97.05 - 99.15			8.86	3.23	1.29	44.85	1.64	0.89	0.25	0.78		38.21	1.96	2.50	152
	AP272	99.15 - 101.25			7.51	2.68	1.29	45.4	1.82	0.38	0.2	0.65		40.08	1.89	2.08	181
	AP273	101.25 - 103.12	C3		7.95	3.02	1.09	46.3	1.19	0.5	0.24	0.71		38.99	1.93	2.77	175
	AP274	103.12 - 105.00			11.37	4.84	1.17	43.04	0.97	0.73	0.22	1.24		36.41	1.89	4.14	112
	AP275	105.00 - 106.9			7.61	2.74	0.97	47.22	1.01	0.61	0.23	0.66		38.95	2.05	2.82	188
	AP276	106.90 - 108.8			7.5	2.95	0.86	47.84	0.64	0.51	0.22	0.71		38.77	1.97	3.43	191
	AP277	108.80 - 110.82			10.62	4.25	1.56	43.93	0.84	0.64	0.24	1.07		36.84	1.83	2.72	123
	AP278	110.82 - 112.85			12.36	4.96	1.59	42.22	0.99	1.2	0.22	1.28		35.17	1.89	3.12	102
	AP279	112.85 - 114.80	CS3		14.59	6.06	1.4	39.97	0.91	1.28	0.22	1.61		33.96	1.96	4.33	82
	AP280	114.80 - 116.70			10.92	4.53	1.56	42.95	1.17	1.21	0.2	1.17		36.28	1.79	2.90	116
	AP281	116.70 - 120.00			28.26	9.2	2.46	26.87	1.64	2.86	0.36	2.34		26.02	2.42	3.74	29

ANEXO B. Perfiles topográficos con sondeos exploratorios



ANEXO C. Perfiles geológicos

