



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

07554

(R) MISION EXPLORATIVA
CON EL FIN DE DEFINIR
PROYECTOS ESPECIFICOS
EN TRES SECTORES
INDUSTRIALES
PRIORITARIOS,

IS/COL/76/021

COLOMBIA,

INFORME TECNICO:

Desarrollo de la producción de carbón al norte
de la Sabana de Bogotá

(1976),

Preparado para el Gobierno de Colombia por la
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial,
en calidad de organismo de ejecución del
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

MISION EXPLORATIVA CON EL FIN DE DEFINIR PROYECTOS ESPECIFICOS
EN TRES SECTORES INDUSTRIALES PRIORITARIOS

IS/COL/75/021

COLOMBIA

Informe técnico: Desarrollo de la producción de carbón
al norte de la Sabana de Bogotá

Preparado para el Gobierno de Colombia por la Organización
de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial en
calidad de organismo de ejecución del Programa de las
Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en la labor del Sr. Xavier Rey-Jouvin, experto
en la industrialización del carbón

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena, 1976

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o regiones citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

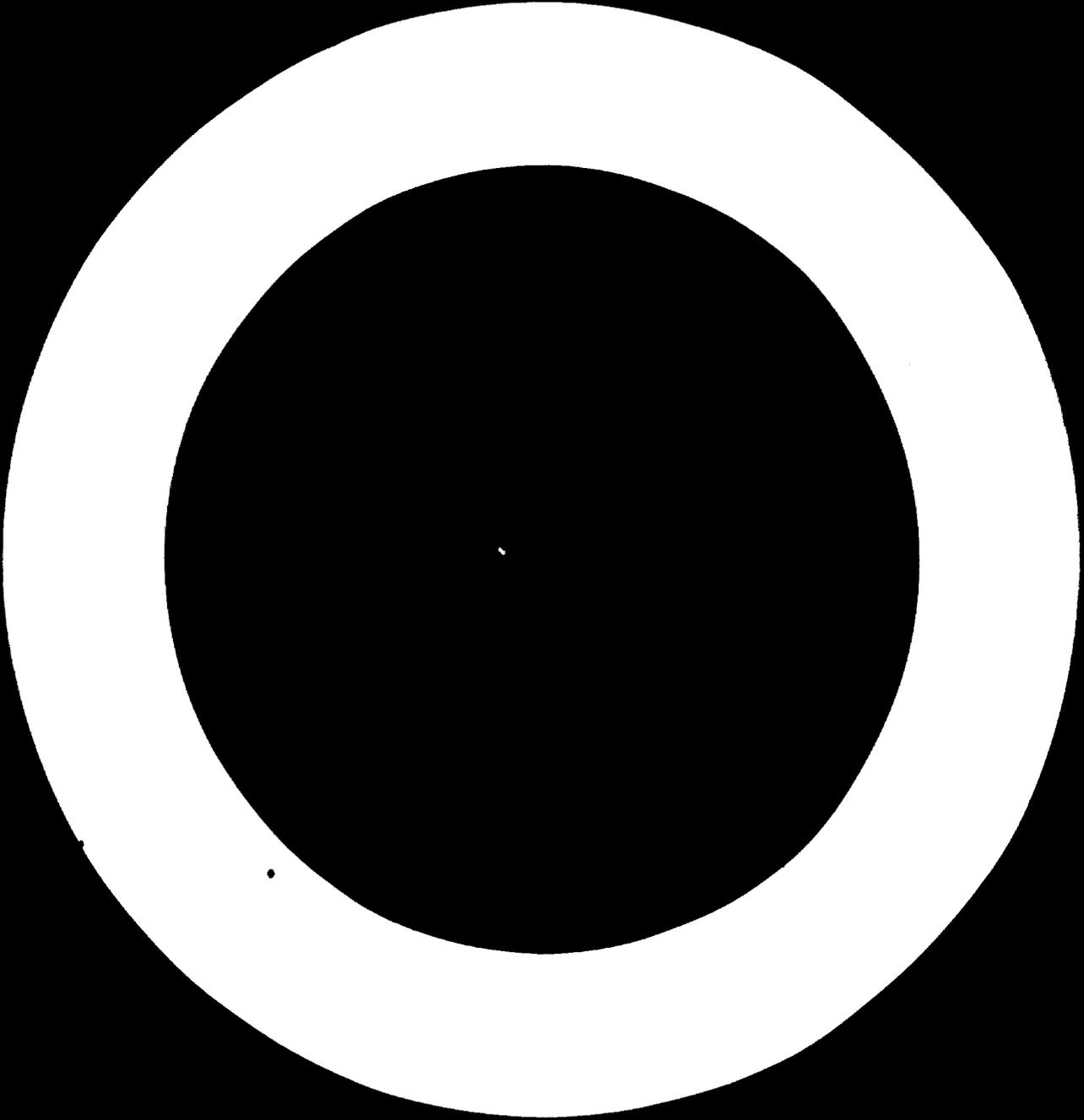
La mención de empresas comerciales, industriales o de otra índole en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

RESUMEN

En el informe sobre el desarrollo de la producción de carbón al norte de la Sabana de Bogotá se exponen los resultados de la labor realizada por un experto enviado a Colombia por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). El experto permaneció en Colombia del 4 al 28 de agosto de 1976. Su misión formó parte de un proyecto más amplio "Misión explorativa con el fin de definir proyectos específicos en tres sectores industriales prioritarios" (IS/COL/75/021) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), misión para la cual la ONUDI había sido designada como organismo de ejecución.

La finalidad del proyecto IS/COL/75/021 consistió en proporcionar asistencia al Gobierno colombiano para la preparación de proyectos industriales específicos que el PNUD financiaría. La tarea principal del experto consistió en estudiar el posible desarrollo de la producción de carbones coquizables, a escala industrial, en la parte septentrional de la Sabana de Bogotá.

Del informe se desprende que hay muchos factores favorables al desarrollo previsto. Sin embargo, antes de proceder a la ejecución, las autoridades competentes deberían conocer la calidad del carbón coquizable que se podría producir y su valor en el mercado mundial. Además, debería comprobarse la existencia de reservas. Por lo tanto, el experto recomienda que se analicen muchas muestras de carbón tomadas sistemáticamente en todas las vetas que se explotan en el "bloque 1" de la región y que se efectúen perforaciones en puntos apropiados. Una vez conocidos los resultados de los análisis y perforaciones, podría hacerse un estudio de viabilidad económico.



INDICE

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
INTRODUCCION	6
I. INFORMACION DISPONIBLE	8
II. LA CUENCA CARBONIFERA DE LA SABANA DE BOGOTA	11
Geografía y geología	11
Reservas explotables	14
III. EXPLOTACION DE LAS RESERVAS	16
IV. ULTIMA ETAPA ANTES DE ENTRAR EN LA FASE DE REALIZACION, RECOMENDACIONES	20

Anexos

I. Análisis de carbones de la cuenca Zipaquirá-Samacá	21
II. Análisis de carbones de la cuenca Zipaquirá-Samacá	22
III. Cuencas carboníferas de Checua-Lenguazaque y Río Frío	23
IV. Cuenca carbonífera Checua-Lenguazaque: Cuadro de comparación entre bloques	24
V. Esquema de las arterias principales en una mina de la cuenca de Checua	25
VI. Precauciones en cuanto a los análisis y ensayos	26
VII. Mapa geológico: Cuenca carbonífera Checua-Lenguazaque	27
VIII. Perfiles del Bloque I mostrando las perforaciones y los túneles	29

INTRODUCCION

Una región bastante extensa que se sitúa al norte de Bogotá en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander contiene importantes reservas de carbón que hasta la fecha fueron poco explotadas, aunque se trata en la mayor parte de carbones coquizables de muy buena calidad.

El alza en el mercado mundial del precio del petróleo y por consecuencia la del carbón, la escasez creciente de carbones coquizables de buena calidad, el hecho de que Colombia desde hace poco tiempo tiene que importar petróleo, incitaron al Gobierno de este país a contemplar la posibilidad de desarrollar la producción de carbón en esa región y más precisamente en la zona llamada la Sabana de Bogotá. El primer objetivo es abastecer completamente las necesidades del país y segundo explotar carbones coquizables de alta calidad.

El presente informe intenta exponer las etapas sucesivas que podrían realizarse para desarrollar una primera mina de carbón con una producción a escala industrial en la Sabana de Bogotá.

Como consecuencia de una solicitud dirigida en febrero de 1976, por el Gobierno Colombiano a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), dicho organismo internacional comisionó, dentro del marco del proyecto "Misión explorativa con el fin de definir proyectos específicos en tres sectores industriales prioritarios" (IS/COL/75/021), a un experto especializado tanto en la producción, como en la utilización del carbón. La finalidad del proyecto IS/COL/75/021 consistió en proporcionar asistencia al Gobierno colombiano para la preparación de proyectos específicos que el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) financiaría. La ONUDI había sido designada como organismo de ejecución para dicho proyecto.

Inicialmente el objetivo de la misión del experto era la utilización del carbón de Antioquia a fin de desarrollar una industria carboquímica en la zona de Medellín. Sin embargo, debido a consideraciones relacionadas con el actual mercado mundial de la energía, el Gobierno colombiano consideró más urgente aprovechar la presencia del experto para estudiar el posible desarrollo de la producción de carbones coquizables, a una escala industrial, en la parte Norte de la Sabana de Bogotá. El experto permaneció del 4 al 28 de agosto de 1976 en Colombia y recibió las siguientes instrucciones precisas en cuanto al programa y objetivos de su misión del Departamento Nacional de Planeación:

- a) Programa de estudios. Consultar y estudiar la información disponible sobre los carbones de la Sabana de Bogotá, en el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS) y visitar unas minas en explotación en dicha zona con el objeto de poder hacer un juicio sobre "la programación que se adelanta para la exploración de los carbones de la Sabana de Bogotá";
- b) Objetivo. Exponer su opinión durante reuniones organizadas por el Departamento Nacional de Planeación con la participación del Director de INGEOMINAS.

Al finalizar, tendrá que presentar los resultados de su estudio en un informe en el cual formularía recomendaciones.

I. INFORMACION DISPONIBLE

Fuentes de información

Los datos sobre los carbones de Colombia y más generalmente sobre la geología de la cuenca que debe estudiarse son amplios. Se trata de una parte de estudios geológicos generales que fijan de manera precisa la posición de la formación productiva en la columna estratigráfica y en mapas geológicos y por otra parte de los resultados de análisis de muestras de carbón tomados en las minas que se explotan en la zona considerada.

No parece oportuno dar, en este informe, la lista completa de todos los datos que se refieren más o menos al objeto de la misión. Parece suficiente mencionar los estudios siguientes que son los más recientes y que por eso ofrecen mayor interés:

Carbones Colombianos 1974, Ministerio de Minas y Petróleos. Colombia
Cretáceo Carbonífero al Norte de la Sabana de Bogotá, INGEOMINAS
Boletín Geológico, Vol. XIII, No. 1-3, 1963, por Elkin Molina E.

Cuenca Carbonífera Checua-Lenguazaque (Cundinamarca), INGEOMINAS,
Informe No. 1671, por Rafael Nigrinis Araujo, Bernardo Herrera Romero,
Guillermo Blanco Castañeda (octubre, 1975).

Este último estudio se refiere a la parte esencial de la zona considerada y la describe de manera bastante detallada.

En cuanto a los mapas, dicha zona figura en su mayor parte dentro del cuadrángulo K-11. Este mapa geológico fue publicado en 1969 por el Ministerio de Minas, a escala 1:100.000; los levantamientos fueron hechos por INGEOMINAS con la colaboración del Geological Survey.

La parte más al norte de la zona figura en el cuadrángulo J-11, que se encuentra en proceso de publicación.

También es importante la existencia de mapas topográficos a escala 1:25.000 y 1:10.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, como los de aerofotografías a escala 1:20.000.

En lo que se refiere a la calidad de los carbones, las informaciones más precisas son las proporcionadas en el informe No. 1671 ya mencionado de INGEOMINAS que indica los resultados de los análisis referidos a los parámetros químicos usuales (volátiles, cenizas, azufre), efectuados en los laboratorios de INGEOMINAS sobre 25 muestras tomadas en minas en explotación en la zona considerada.

Ensayos adicionales de estas muestras fueron hechos por Acerías Paz del Río, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas y en el Brasil.

Estos últimos comprenden, en adición a los parámetros usuales ya mencionados, los que se refieren al poder aglutinante de los carbones, es decir, los que muestran sus aptitudes a la coquización y que son los siguientes:

Indice de hinchamiento (según normas Afnor).

Plastometría (ensayos Gieseler-Hoehne).

Dilatación (ensayo Audibert-Amu).

Los análisis y ensayos se efectuaron en 1973 y 1974. Tanto los sitios del muestreo como el resultado de las muestras fueron extraídos del estudio de la Corporación Andina de Fomento (CAF), "Proyecto Carbones de Colombia-Trabajos Preliminares. Toma de muestras y resultados de los análisis". (Véase anexos I y II.) Debe mencionarse que posteriormente a la ejecución de los análisis mencionados, los laboratorios de INGEOMINAS han recibido los aparatos que faltaban para los ensayos referentes al poder aglutinante de carbones.

Hay que hacer énfasis en la permanente fuente de información, de primera importancia que constituyen las numerosas minas pequeñas que se encuentran en explotación en la zona estudiada. Los trabajos ya realizados y que se siguen desarrollando, permiten por una parte, observar bien las vetas y sus características, así como los de los terrenos en que se sitúan, y por otra parte, tomar muestras de carbón en condiciones óptimas.

Para finalizar debemos mencionar el estudio de la firma de consultores ingleses, "Economic Associates Ltd", que es importante en cuanto a sus conclusiones sobre el problema del transporte, dada la extensión total del territorio colombiano, y que sugiere el desarrollo de una mina en un punto de la zona.

Nivel alcanzado por las informaciones ya obtenidas

Al considerar las informaciones procedentes de las fuentes antes indicadas, es posible afirmar que la cuenca carbonífera de la Sabana de Bogotá es bastante bien conocida en cuanto a sus características geométricas y geológicas al menos en su parte superficial, todo esto en gran parte de su extensión. Es un poco menor el conocimiento de sus recursos en cuanto a la calidad de los carbones, aunque es posible afirmar que muchos de ellos son excelentes carbones de coque. Ese punto, en efecto, lo ponen en evidencia no sólo los resultados de los ensayos, muy poco numerosos, ya efectuados en los laboratorios sino también el hecho de que el coque producido por muchas pequeñas minas con medios

primitivos (hornos de colmena y de "pampa"), es de una calidad apreciada por plantas industriales como las plantas de fundición y la Planta de Soda, ubicada en la zona; también la Compañía de Paz del Río, compra de manera permanente toneladas de carbón coquizable para utilizarlo en su planta siderúrgica de Belencito y pequeñas cantidades de carbón y coque se exportan a Venezuela, Chile, Brasil y España para la industria siderúrgica.

En conclusión se puede decir que poco falta para alcanzar la última etapa, es decir, tener todas las informaciones y datos necesarios para el estudio técnico-económico final que permita entrar en la fase de realización.

II. LA CUENCA CARBONIFERA DE LA SABANA DE BOGOTA

Geografía y geología (véase anexo III)

La cuenca, que se sitúa en una zona montañosa, se divide en varias unidades geográficas. Entre ellas las dos que se refieren al objeto del informe son los macizos montañosos constituidos por los flancos oeste de dos sinclinales: el sinclinal de Checua Lenguaque y el de Rfo Frfo.

Sinclinal de Checua-Lenguaque

La cadena montañosa constituida por el flanco oeste de dicho sinclinal y que se observa muy bien en la topografía, se extiende hacia el noreste a partir de un punto situado a unos 10 km al noreste de Zipaquirá, hasta la zona de Samacá, es decir, sobre una distancia que sobrepasa los 50 km.

Sólo la parte al suroeste, a partir de una línea Guachetá-Ventaquemada, se considera en este estudio. Dicha parte, de 36 km. de longitud, comprende cumbres de 3.000-3.100 metros de altura. El nivel de los valles es de 2.600 metros, resultando un desnivel de unos 400 metros. Dos boquerones cruzan la cadena montañosa: De norte a sur el de Lenguaque y el de Cuonubá. Más al sur existe a una altura de 2.700 metros el paso de Tierra Negra por donde la carretera Zipaquirá-Ubaté cruza la zona.

Así de estas particularidades debidas a la topografía, resulta una división natural de la cuenca en 4 bloques.

Toda la zona es poblada. Debido al clima, los valles son muy fértiles, y los montes cubiertos de bosques y pastos. La cuenca está cruzada por una red de carreteras y por la línea del ferrocarril Bogotá-Barbosa, que corre paralela a la zona carbonífera en su parte oriental y la atravieza a la altura del Boquerón de Lenguaque. Los boquerones permiten el acceso a estos 4 bloques.

La columna estratigráfica es bien definida por los estudios anteriores.

Las vetas de carbón se sitúan en la formación Guaduas de edad Maestrichtiano-Paleoceno. Su espesor total es de unos 800-1.100 metros. Esta formación que comprende limolitas, arcillolitas y areniscas finas bien estratificadas y que figura en los mapas geológicos con la mención TKgu fue partida en 5 subniveles por bancos de arenisca que constituyen guías y que se observan en toda la extensión de la cuenca.

Las vetas de carbón, bastante numerosas (hasta 12 vetas de 0,40 a 2 metros de espesor y también numerosas vetillas), están situadas en los subniveles TKg2 y TKg3. La distancia entre la veta más inferior y la veta más superior alcanza 400 metros. Las vetas de carbón coquizable en su mayor parte, son las situadas en el subnivel TKg2. En el subnivel TKg3, se encuentran unas vetas bastante gruesas (generalmente de 2 metros y a veces de 3 metros), de carbón bituminoso o subbituminoso.

Todos estos carbones contienen pocas cenizas (promedio 9.2%) y poco azufre (promedio 0.6%). Intercalaciones de material estéril se observan sólo en algunas vetas gruesas.

Dentro de cada bloque, la correlación entre vetas puede hacerse por usos características. Más difícil es la correlación entre las vetas de dos bloques consecutivos. Sin embargo, del norte al sur se observa una disminución del número de las vetas situadas en TKg2 y un aumento del número de las vetas TKg3.

La formación Guaduas descansa sobre la formación Guadalupe (KSg en el mapa). Esta formación de unos 1.000 metros de espesor total comprende varios niveles muy gruesos de areniscas macizas de grano medio a grueso separados por niveles de limolitas silíceas. Sus niveles superiores los más duros (arenisca tiema), generalmente erosionados a lo largo de los ejes anticlinales forman los flancos de los sinclinales y así determinan la morfología de la región.

Por encima de la formación Guaduas se encuentra la formación Bogotá, que se compone de rocas arcillosas y areniscas friables que forman un relieve suave en la topografía.

En cuanto a la tectónica, el sinclinal de Cheoua se hunde hacia el sur. Su eje va levantándose hacia el norte donde se termina por una estructura periclinal. Se estrecha en su parte norte ya que su anchura (medida entre flancos al nivel superior de Guadalupe) es de 12 km al sur del bloque 4, y de 6 km al norte del bloque 1.

La inclinación del flanco oeste es de 55 a 75 grados en los bloques 1 y 2. Es sólo de 30 a 50 grados en los bloques 3 y 4. El cambio de inclinación se produce más o menos a la altura del boquerón de Cucunubá y puede ser resultado de una falla no observable, por afectar una zona erosionada.

El flanco este es invertido y por eso es de menor interés.

Muy pocas fallas cruzan la cuenca carbonífera. Esta puede observarse en superficie y en las minas aprovechando las galerías horizontales excavadas en las vetas. Sin embargo, en el bloque 4 se observan repeticiones de los estratos. Estas son las manifestaciones de fallas importantes.

Debe mencionarse la ausencia, en toda la zona de intrusiones de rocas eruptivas. Tampoco se observan fuentes de aguas termales o saliníferas.

Sinclinal de Río Frío

Dicho sinclinal es una estructura bien marcada en la topografía situada al noroeste de Zipaquirá. Su eje tiene un rumbo NNE que corre en esta dirección sobre una distancia de más o menos 30 km; pero su parte útil incluida entre dos fallas transversales se limita a unos 12 km.

Los flancos del sinclinal también constituidos por las areniscas duras de los niveles superiores de la formación Guadalupe, forman dos cadenas montañosas; la altura de cada una alcanza 3.600 metros. En algunas partes el eje del sinclinal es ocupado por aluviones que forman una zona plana.

Así se trata de un macizo montañoso bastante elevado, donde la vertiente noroeste es muy escarpada. En esa dirección, la altura baja de manera brusca hacia la zona donde se ubica la localidad de Pacho a unos 35 km del ferrocarril de Bogotá a La Dorada.

En la vertiente oeste del macizo montañoso afloran varias vetas de carbón con un buzamiento de unos 60 grados. Dichas vetas pertenecen al nivel TKg2 y entre ellas se destacan tres que tienen de 1 a 1.20 metros de espesor. Son de carbón coquizable de muy buena calidad.

Debido a la frecuencia de aluviones o de vegetación no se observan afloramientos de vetas en el nivel TKg3.

La columna estratigráfica parece muy similar a la columna ya observada en el flanco oeste del sinclinal Checua, y las características de las vetas de carbón son similares a las observadas en dicho sinclinal. Sin embargo, en el flanco oeste del sinclinal de Río Frío, las vetas parecen un poco afectadas por la tectónica, el carbón parece triturado y también hay cambios de espesor y de buzamiento que se observan en unos puntos de los afloramientos. Eso puede relacionarse con el hecho de que las rocas arcillo-areniscas que constituyen los respaldos de las vetas, parecen un poco más compactos que los respaldos más arcillosos de las vetas en el flanco oeste del sinclinal de Checua.

En resumen, el macizo montañoso donde se sitúa la cuenca carbonífera de Río Frío, también contiene reservas de carbón de buena calidad en su vertiente noroeste, es decir, en dirección opuesta a la zona Zipaquirá-Bogotá, donde se ubican las plantas consumidoras de carbón. Así, el transporte del carbón a las plantas resulta difícil.

Reservas explotables

A los rasgos generales antes indicados conviene añadir los factores siguientes en relación estrecha con una explotación a escala industrial:

- a) El carbón no es duro. Puede arrancarse con picos a mano (bloque 1 y 2), o con martillos picadores (bloque 3 y Río Frío);
- b) Los respaldos son sólidos y necesitan poca entibación;
- c) Los mantos son regulares, es decir, conservan su espesor y su inclinación sobre largas distancias;
- d) Ausencia de gas metano, por lo menos en la parte cercana de los afloramientos. Tampoco se observan fenómenos de auto combustión del carbón, aunque están explotándose vetas en su parte superficial; estos factores, así como las características geométricas antes mencionadas del yacimiento constituyen circunstancias muy favorables para desarrollar la explotación a una escala industrial de las reservas de la cuenca.

En cuanto a la estimación de las reservas, el informe ya mencionado de INGEOMINAS, indica en cada bloque del sinclinal de Checua el monto de reservas probables y posibles. El cálculo de las reservas situadas por encima del nivel del valle se efectuó de manera normal, es decir, multiplicando el espesor total del carbón explotable por la ouelga (distancia medida siguiendo la pendiente entre los afloramientos y el nivel del valle). El resultado de los cálculos fue considerado como reservas probables o posibles según la definición clásica.

Fueron consideradas como reservas posibles las reservas que resultarían de la extensión de las vetas, por debajo del nivel del valle hasta 500 metros de profundidad.

El resultado de los cálculos figura en el cuadro anexo IV.

Al observar los resultados, las reservas probables alcanzarían un monto total de 45 millones de toneladas, y se situarían por encima del nivel del valle en los bloques 1, 2 y 3. Es muy importante mencionar que dichas reservas son las de vetas comprendidas en el nivel TKg2, es decir, de carbón coquizable. Según la opinión del autor tal estimación es un poco pesimista

y podría hacerse mención de 45 millones de toneladas altamente probables, más 20 millones de toneladas probables también en los bloques 1, 2 y 3 por debajo del nivel del valle hasta 100 metros de profundidad. Por debajo existen reservas posibles así como en el bloque 4. En cuanto a las reservas de carbón no coquizables comprendidas en el nivel TKg3, todas fueron consideradas como posibles aunque se explotan vetas en ese nivel. Así, una parte de dichas reservas puede considerarse también como probables.

No se calcularon las reservas en el sinclinal de Río Frío. En dicho sinclinal se observan en la mina Yerbabuena 3 vetas de 1 metro de espesor, con un buzamiento de 50 grados. Considerando una extensión de 10 kilómetros y una huelga de 500 metros, resultaría una reserva total de:

$$3 \times 1 \times 10.000 \times 500 \times 1.3 = 19,5 \text{ o sea } 20 \text{ millones de toneladas.}$$

Sin embargo, en esta zona, las características ya mencionadas de las vetas no permiten considerar que se trata en total de reservas probables. Sería prudente considerar sólo como probable un 25% de éstas y 75% como posibles.

Como conclusión, las reservas de los bloques 1, 2 y 3 pueden estimarse con una precisión bastante buena y puede afirmarse que son del orden de 100 millones de toneladas, entre las cuales 50 son de carbón coquizable.

También existen reservas potenciales importantes en el bloque 4, y en el sinclinal de Río Frío, pero debido a unos factores de incertidumbre no parece aconsejable mencionar cifras.

III. EXPLOTACION DE LAS RESERVAS

Descripción esquemática de las posibles minas

Debido a la topografía, las reservas por encima del nivel del valle deben explotarse por túneles, utilizándose la gravedad. Los equipos y materiales tendrán que ser transportados hacia arriba para alcanzar los puntos donde se utilizarán; el transporte podría hacerse en la superficie por carreteras. Se invertirá la situación cuando se exploten las reservas por debajo del nivel del valle: el carbón (y el agua) tendrán que subir aunque los materiales van a bajar. La primera fase necesitará poca energía.

Debido a la inclinación bastante elevada de las vetas, de 30 a 70 grados, las zonas en curso de explotación van a moverse rápido hacia abajo y la estructura general de la mina comprenderá niveles horizontales en que va a situarse una red de galerías de transporte. El esquema en el anexo V muestra la estructura simplificada de una mina tal que puede contemplarse en un yacimiento similar al de los bloques de la cuenca. Se observan dos niveles que comunican por túneles con la superficie. El túnel superior es el nivel de ventilación (retorno de aire) y sirve también de acceso para el personal, los equipos y materiales. El túnel inferior situado más o menos a la altura del valle, es el nivel de salida de la producción, de entrada del aire y de desagüe. Entre estos dos niveles se sitúan varios subniveles, la distancia vertical entre cada uno, se determinará en base a consideraciones que se tratarán más adelante.

En cada nivel o subnivel se realizará una red de galerías de transporte paralelas o perpendiculares a las vetas. También, entre niveles o subniveles existen conexiones realizadas por medio de inclinados. Ese conjunto de arterias horizontales o inclinadas permite la circulación en los sentidos tanto horizontal como vertical, del carbón, del desmonte, del aire, del personal y de materiales.

Cuando vayan a explotarse las reservas por debajo del nivel del valle, no cambiará la estructura general de la mina. La extracción del carbón se efectuará por los inclinados, ya sea por medio de malacates o por bandas transportadoras. En el último caso la inclinación de los inclinados tendrá que no sobrepasar 16 grados. También se instalarán depósitos para el almacenaje del agua y bombas de desagüe. En cuanto al sistema que se utilizará

para el despilaje del carbón, varias soluciones pueden contemplarse, y la selección se hará en relación con varios factores locales: buzamiento y espesor de cada veta, firmeza de los techos y dureza del carbón. Entre 30 y 35 grados de inclinación el sistema por frente largos mecanizados puede utilizarse, sin embargo otros sistemas que no requieren personal bien calificado parecen más adecuados. Tales sistemas son más o menos variantes del sistema por cámaras y pilares, o de un sistema que consiste en provocar la caída controlada del carbón, después de efectuar largos disparos. Estos sistemas no requieren personal especializado y no hay diferencias esenciales entre ellos y el sistema por tambores que se utiliza en las pequeñas minas.

Debe también mencionarse que la explotación de vetas delgadas con inclinación mayor de 60 grados puede realizarse con equipos del tipo oepillo.

Un parámetro de primera importancia es la velocidad de hundimiento promedio de la explotación. En efecto, la producción anual de una mina es el producto de dicho parámetro (estimado en metros al año) y un segundo parámetro que es el número de toneladas explotables por metro de profundidad. Como en el tipo de yacimiento que se considera el segundo parámetro es bastante bajo (debido al débil espesor total del carbón y también a la inclinación), una producción anual importante requiere una velocidad de hundimiento máxima. Pero no es posible incrementar este parámetro por arriba de un límite que es el tiempo necesario para la preparación de la red de galerías que deben efectuarse en cada nivel y subnivel. Aquí aparece la influencia de otros dos factores que son la distancia vertical entre niveles y la extensión de la red de galerías en cada nivel.

Por varios motivos relacionados con las vetas, la distancia óptima entre niveles parece ser del orden de 80 metros.

La extensión de las galerías está evidentemente relacionada con la extensión del yacimiento. Por consecuencia:

Un yacimiento de extensión muy corta contiene pocas reservas por metro de profundidad. Resulta una capacidad de producción débil. Un yacimiento de extensión muy larga no es compatible con una velocidad de hundimiento rápido y también, resulta una capacidad de producción débil.

Así existe un valor óptimo de la extensión del yacimiento. Al considerar las características del de Cheoua, una extensión total de 4.000 metros parece ser óptima. Por consiguiente:

- El bloque uno debe explotarse por una sola mina;
- El bloque dos debe explotarse por dos minas;
- El bloque tres debe explotarse por tres (o dos) minas;
- El bloque cuatro debe explotarse por cuatro (o tres) minas;
- El Río Frío debe explotarse por dos minas.

Selección del sitio más favorable para iniciar la explotación

Por muchas razones, no parece oportuno en principio el desarrollo de varias minas. Es mejor la solución que consiste en una sola mina. La selección de la zona del flanco oeste de Cheoua (o de Río Frío) donde debería iniciarse la producción es de mayor importancia y debe hacerse en consideración de los factores siguientes:

- Calidad del carbón. Es de mayor interés producir carbón coquizable en vista de su exportación;
- Debe también considerarse que no es posible la producción de un solo tipo de carbón. En efecto las vetas de carbón no coquizable tienen que explotarse de manera imperativa en la mina que explotaría las vetas de carbón coquizable;
- Accesos. Debe también considerarse el problema de la conexión entre la bocamina y el ferrocarril Bogotá-Barbosa;
- Aspecto humano. Es preferible seleccionar un yacimiento en que la explotación no necesitaría equipos mecánicos muy sofisticados y en consecuencia, un personal muy especializado;
- Aspectos financieros. Deben considerarse las inversiones iniciales y el costo de producción; sin embargo, cualquiera que sea el sitio elegido, dos problemas difíciles tendrían que solucionarse;
- Transporte del carbón de la Sabana de Bogotá hasta un Puerto del mar Caribe. No parece otra solución sino la unión del ferrocarril Saboya-Puerto Carare ya adaptada por el Gobierno colombiano, por motivos sin relación con el transporte de carbón;
- Aspecto legal, que resulta de la explotación (legal o no) de la zona de los afloramientos por muchas minas pequeñas. Por consecuencia de todos los motivos antes mencionados podemos afirmar que el bloque 1 es el que ofrece la mejor solución. En efecto:
 - Es el bloque que contiene el mayor porcentaje de carbón coquizable;
 - En este bloque la bocamina podría conectarse por cable-carril de sólo 6 km con el ferrocarril entre las estaciones de Lenguazaque y Ubaté;
- Debido a la inclinación de los montes, no se utilizaría el sistema por frentes largos y no se necesitaría personal bien calificado.

Es interesante observar que el bloque 1 contiene reservas mayores que la mitad del bloque 2, o la tercera parte del bloque 3. Por lo que se refiere a Río Frío, los problemas de acceso parecen prohibitivos y no puede considerarse la selección de dicho yacimiento, aunque contiene carbones de muy buena calidad. Se debe tener en cuenta las observaciones siguientes en cuanto al sitio elegido:

Al considerar, las muy buenas características en el bloque 1, y por referencia a otras minas más o menos similares, la velocidad de hundimiento podría alcanzar 12 metros al año. Resultaría una producción anual de $38.800 \times 12 = 465.000$ toneladas de carbón coquizable, o sea por día de trabajo: $\frac{465.000}{300} = 1.500$ toneladas y, $5.400 \times 12 = 63.000$ toneladas de carbón no coquizable, o sea por día de trabajo = $\frac{63.000}{300} = 210$ toneladas.

En cuanto al rendimiento, en el interior de la mina podría ser de 3 toneladas por jornada (carbón bruto), así resultaría un personal total en el interior de la mina: $\frac{1.500 + 210}{3} = 570$ obreros, más unos 150 en la superficie o sea un total de 720, es decir, más o menos 1.000 si se consideran las ausencias.

Debe mencionarse que hablamos de carbón bruto, por no conocer, en adelante qué porcentaje de estéril se encontrará mezclado a la producción. A primera vista, las inversiones iniciales no sobre pasarían \$EE.UU. 10 por toneladas de capacidad anual, es decir, $10 \times (465.000 + 63.000) = 5,28$ millones de dólares, o más o menos = 185 millones de pesos. Esta estimación es muy aproximada. Debe también mencionarse que dichas inversiones comprenden en mayor parte, la perforación de túneles y galerías, es decir, en salarios y materiales como explosivos, y en menor parte equipos tales como compresores, locomotoras, etc. que se importarían.

Parece prematuro hacer una estimación del costo de producción. Una base de comparación podría ser el costo de producción del carbón producido en las minas de la Chapa y Samacá, explotadas por la Compañía Paz del Río.

Para finalizar debe contemplarse el factor tiempo: A partir de la decisión final, tres años se necesitarán antes de iniciar la producción y cuatro adicionales antes de alcanzar la velocidad de crucero.

IV. ULTIMA ETAPA ANTES DE ENTRAR EN LA FASE DE REALIZACION;
RECOMENDACIONES

Aunque el presente estudio preliminar pone en evidencia muchos elementos favorables, dos puntos esenciales tienen que aclararse antes de entrar a la fase de realización:

- a) Debe conocerse la calidad y el valor en el mercado mundial del carbón coquizable que se produciría;
- b) Debe comprobarse la existencia de reservas.

Así, dos recomendaciones formularían:

1. Efectuar en el laboratorio de INGEOMINAS, un número importante de análisis de muestras de carbón tomadas de manera sistemática en todas las vetas que se explotan en el bloque 1, con el objetivo de determinar los parámetros usuales; es decir: humedad, cenizas, volátiles, azufre.

Por otra parte, se efectuarían los ensayos siguientes, relacionados con el poder aglutinante del carbón:

Indice de hinchamiento (según norma Afnor)
Dilatación (con dilatómetro Audibert-Arnu)
Plastometría
Ensayo Gray-Ming.

Ya que los aparatos necesarios se encuentran en el laboratorio, esto parece factible sin gastos muy elevados. Las precauciones se mencionan en el anexo VI.

2. Para comprobar las reservas, unos sondajes se efectuarían en los puntos que figuran en el plano del anexo VII de tal manera que se cruzarían todas las vetas del subnivel TKg2 del flanco oeste, si es posible por debajo del nivel del Valle (anexo VIII).

El equipo de perforación tendría que ser del tipo requerido para la investigación del carbón, en cuanto al portanúcleo. Se sugiere solicitar del PNUD, permitir el empleo de las tres máquinas Boyles, ahora disponibles en INGEOMINAS. No puede estimarse el tiempo necesario para la ejecución de los sondajes antes mencionados.

Sin embargo, podría efectuarse un estudio de factibilidad económica tan pronto se conozcan los resultados de análisis y ensayos que permitirían dar una estimación precisa del valor del carbón.

ANÁLISIS DE CARBONES DE LA CUENCA ZIPAQUIRA - SAMACA
(CIUDADIMARCA)

MUESTRA	CENizas %	Índice de Abundancia (P/S)	Índice de Volatilidad (%)	Módulo de Volatilidad (módulo)	CLIP (P/S)	PLASTOMETRÍA (RESELER)		MARCAS LÍMITES PLÁSTICO MAXIMA		DILATOMETRÍA (ANDRETTI-AMER)		MARCAS LÍMITES DILATOMETRÍA	
						Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)		
S-1-1	10.7	0.5	15.1	20.4	WV	60	30	30	25	30	25	30	
S-1-2	9.6	0.5	20.0	21.3	TV	61	57	30	26	30	26	30	
S-1-3	18.5	0.6	16.7	21.3	WV	79	59	30	29	30	29	35	
S-2-1	13.9	0.6	23.8	26.3	WV	98	48	30	30	30	30	30	
S-2-2	10.3	0.4	24.6	26.6	WV	114	45C	30	32	30	32	25	
S-2-4	24.3	1.2	20.0	24.1	WV	96	150	30	30	30	30	20	
S-3-7	8.2	0.4	23.4	24.8	WV	100	140	30	31	30	31	30	
S-3-1	6.6	0.6	31.1	33.9	AV	105	85	30	33	30	33	30	
S-3-2	7.4	0.7	30.2	32.0	AV	119	3,000	30	31	30	31	30	
S-3-3	8.4	0.9	30.6	32.6	AV	110	1,950	30	32	30	32	40	
S-3-4	8.2	0.5	30.3	32.4	AV	111	4,300	30	31	30	31	45	
S-3-5	7.4	0.6	29.6	31.4	AV	119	10,400	30	32	30	32	55	
S-3-6	5.2	0.6	29.3	30.7	WV	122	6,600	30	34	30	34	50	
S-3-7	13.6	0.6	26.4	29.5	WV	133	2,600	30	33	30	33	30	
S-3-8	3.3	0.4	27.5	28.5	WV	107	707	30	33	30	33	25	
S-4-1	10.3	1.2	34.0	37.1	AV	117	13,000	30	33	30	33	35	
S-4-3	13.4	0.4	24.2	26.8	WV	102	290	30	34	30	34	20	
S-4-4	2.9	0.4	31.1	33.8	AV	101	7,400	30	34	30	34	50	
S-4-5	5.1	0.6	31.7	32.5	AV	116	3,000	30	35	30	35	35	
S-5-4	10.0	1.0	33.0	36.2	AV	112	8,500	30	33	30	33	35	
S-5-8	5.0	0.5	31.3	32.6	AV	113	3,950	30	31	30	31	45	
S-6-8	8.1	0.5	23.7	23.5	WV	99	213	30	33	30	33	35	
S-7-2	8.7	0.4	21.8	23.1	WV	77	54	30	33	30	33	30	
S-7-3	4.1	0.5	24.3	26.0	WV	101	215	30	30	30	30	30	
			33.0	34.1	AV	110	2,300	30	30	30	30	30	

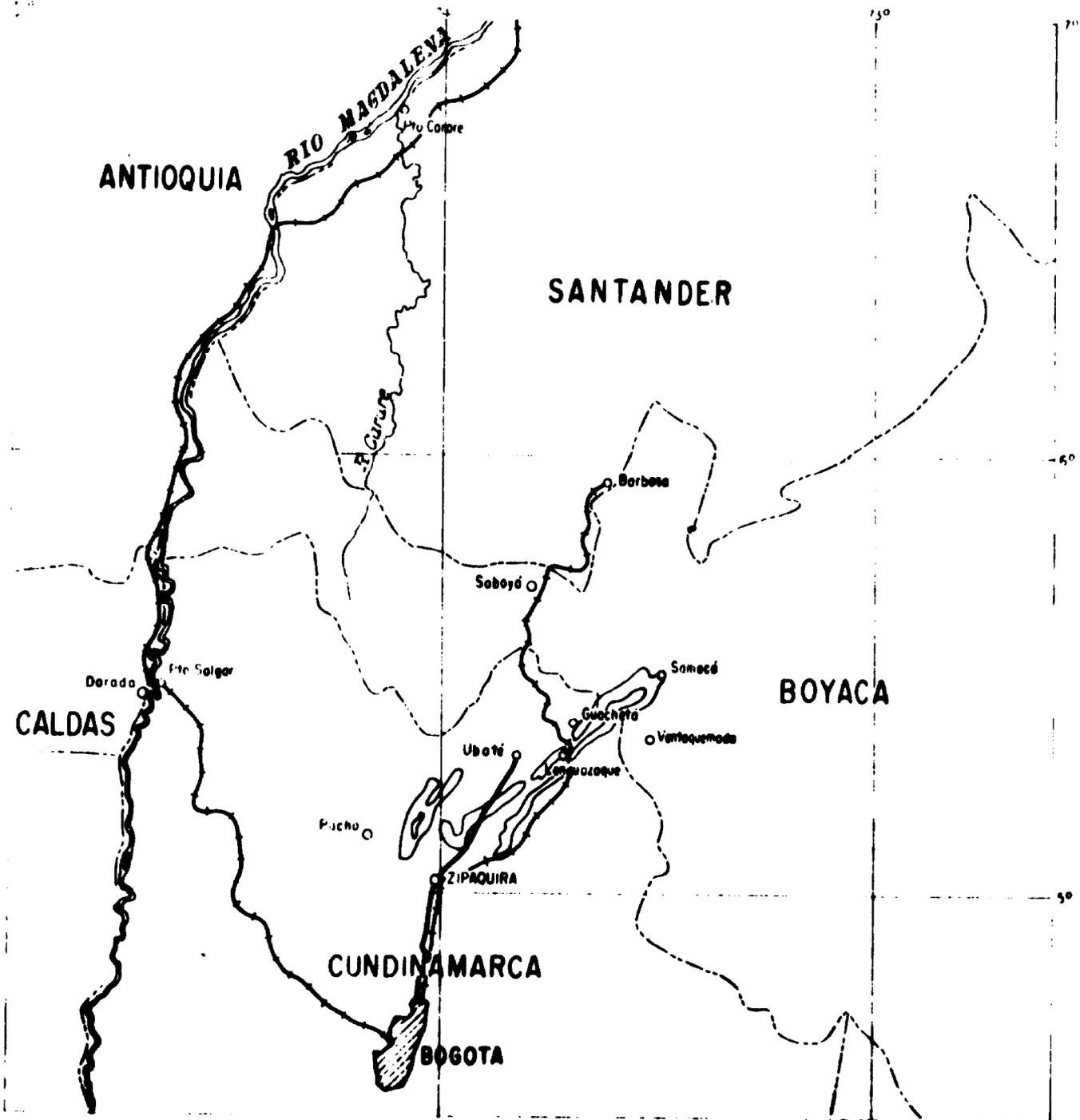
-Temperatura de ablandamiento
 -Temperatura de adición con reacción
 -Temperatura de adición dilatación
 -Valor de dilatación positivo
 -Valor de dilatación negativo

-Temperatura inicial de ablandamiento
 -Temperatura de adición fluidos
 -Temperatura de solidificación

458

459

Anexo III



**CUENCAS CARBONIFERAS
DE CHECUA-LENGUAZAQUE Y RIO FRIO**

ESCALA 1:500.000

Anexo IV

CUENCA CARBONIFERA CHECUA-LENGUAZAQUE
CUADRO DE COMPARACION ENTRE BLOQUES

PARAMETROS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4	
	Tkg. 1	Tkg. 3	Tkg. 2	Tkg. 3	Tkg. 2	Tkg. 3	Tkg. 2	Tkg. 3
Longitud (metros) (Total distancia entre trincheras)	2 600	1 615	7 495	4 840	10 275	9 400	15 300	15 300
Huazamiento (min - max)	5°-70°	50°-60°	45°-55°	45°-50°	30°-35°	20°-45°	60°	40°-50°
Cuota (min - max) mts	131-376	255-367	91-314	220-296	160-649	247-644	445-1.075	457-857
Desnivel (min - max)	15-335	218-308	63-238	178-235	93-335	150-375	425-590	425-540
Espesor total de carbón (mts)	6.01-8.33	2.04-2.26	5.51-6.60	1.49-2.94	1.43-4.20	6.02-12.44	3.60-4.45	5.00
Reservas arriba del nivel del río (millones de toneladas)	9.5 (Probables)	1.2 (Posibles)	14.9 (Probables)	3.1 (Posibles)	19.7 (Probables)	61.6 (Posibles)	58.3 (Posibles)	67.6 (Posibles)
Reservas posibles abajo del nivel del río (Toneladas por metro de profundidad)	38.800	5.400	74.000	15.000	69.600	21.100	118.600	144.000
Indices de Hinchamiento	7½-8-7½-4(?)-7½-7½-7		6½-7-7½-6-8½-8-7-7		7½-7½-7-6½-7-7		8½-7-7½-6	
Número de minas muestreadas	2		1		2		2	

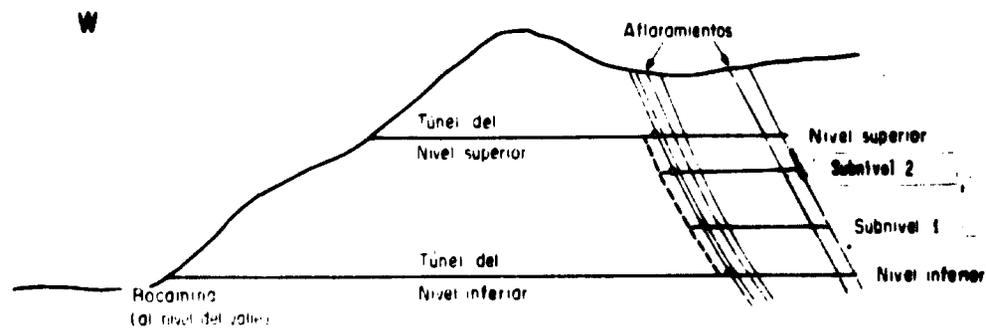
REFERENCIAS: Parámetros referentes a la geología y topografía. Ingeominas, Informe N° 1671.
Indices de hinchamiento. CAF (Proyecto Carbones de Colombia) Trabajos Preliminares-Toma de muestras y resultados de los análisis.

NOTA: Solo las vetas de espesor mayor de 0.60 m se han considerado para el cálculo de las reservas

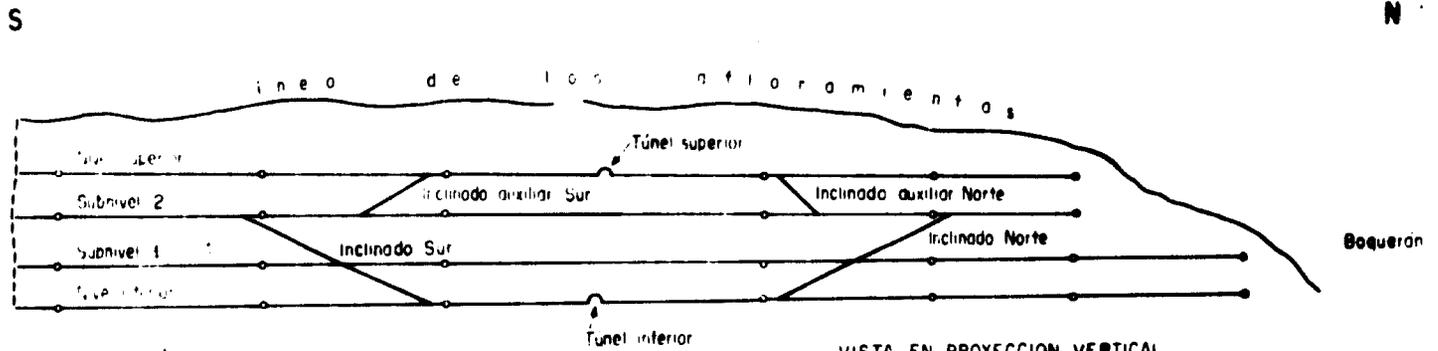
Anexo V

**ESQUEMA DE LAS ARTERIAS PRINCIPALES
EN UNA MINA DE LA CUENCA DE CHECUA**

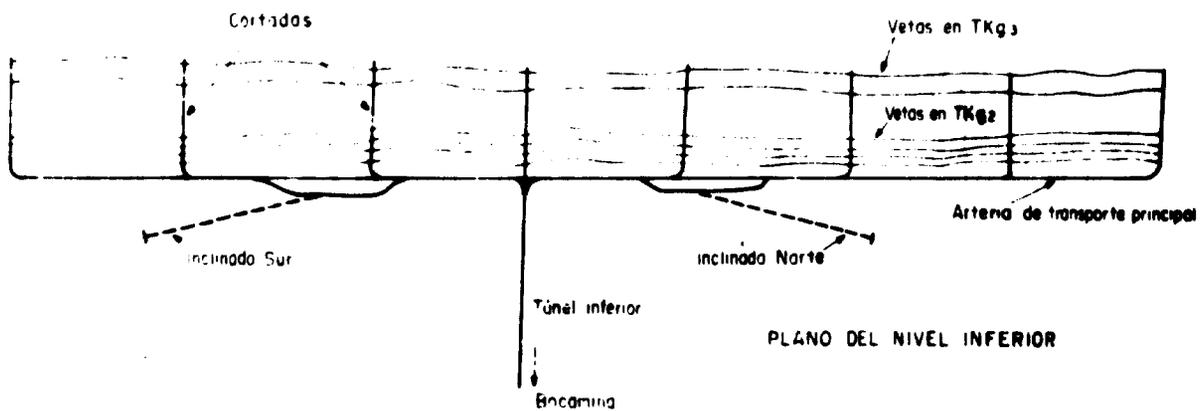
Escala aproximada 1:15000



PERFIL POR LOS TUNELES



VISTA EN PROYECCION VERTICAL



PLANO DEL NIVEL INFERIOR

Anexo VI

PRECAUCIONES EN CUANTO A LOS ANALISIS Y ENSAYOS

Toma de muestras

Utilizar el sistema por canales. Romper los trozos de tamaño mayor de 2 centímetros. Mezclar y partir varias veces hasta que se obtenga una muestra de peso requerido (más o menos 1.5 kilogramos). Dichas muestras pueden transportarse en bolsas de plástico al laboratorio donde, sin demora, se pondrán en agua.

Ensayos

Observar las normas. (En particular, el ensayo con dilatómetro Audibert-Aznu se efectuará conforme a la norma Afnor NF M 11006.)

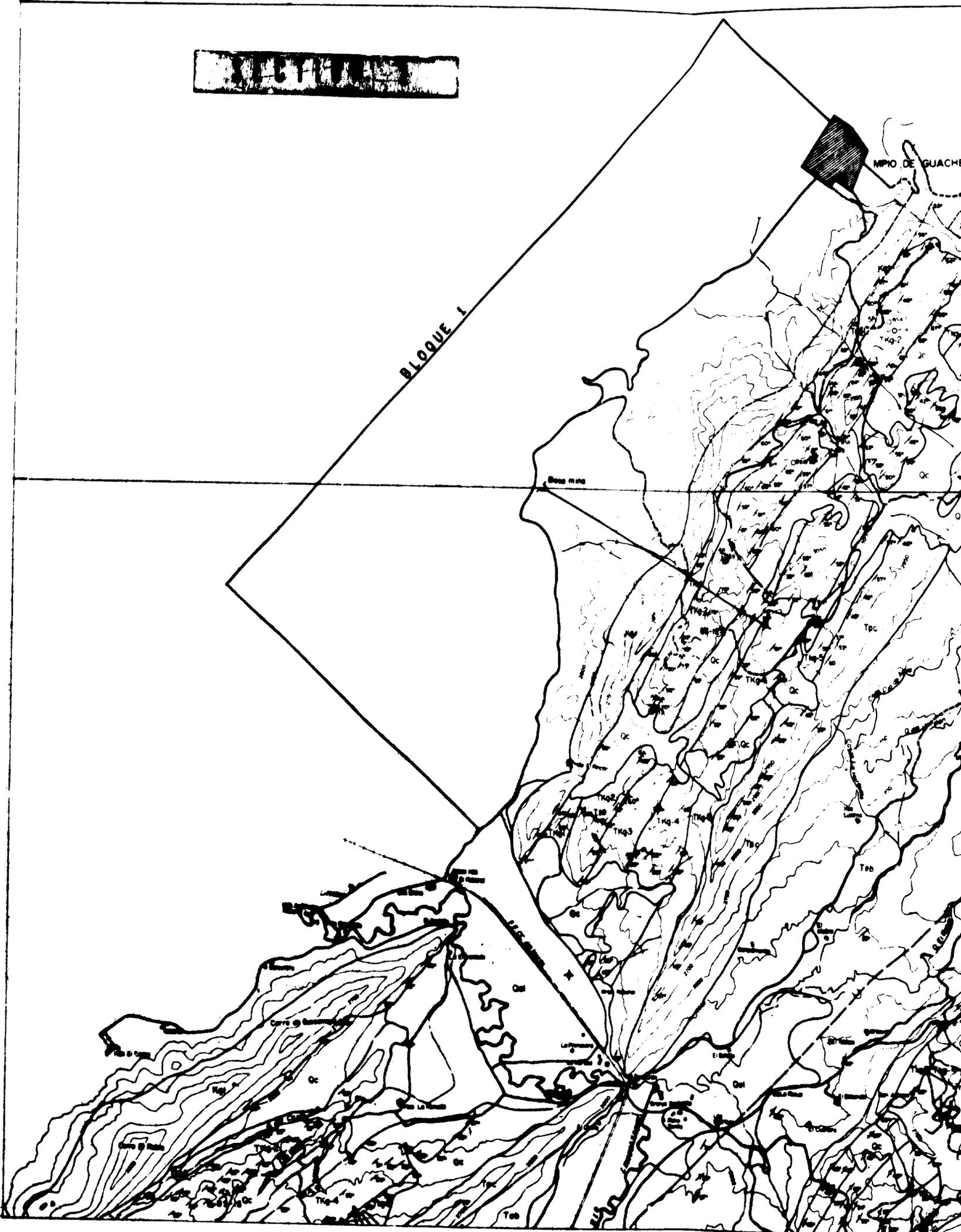
Testigos

Unos 500 gramos de las muestras de carbón con índice de hinchamiento mayor de 7 se conservarán bajo agua en frascos de vidrio.

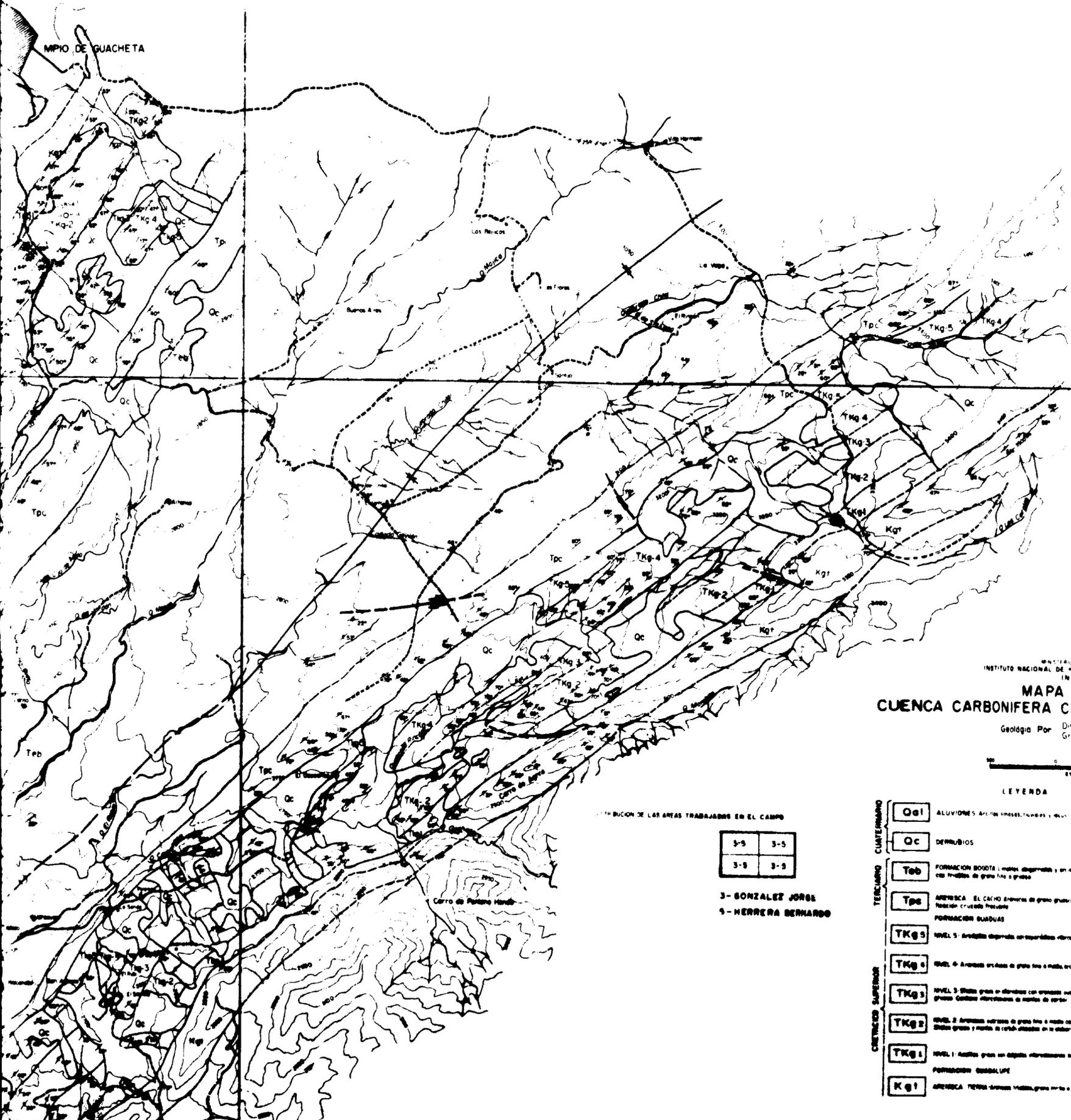
SECRET

BLOQUE 1

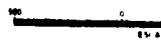
MPIO DE GUACH



SECTION 1



INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA Y MINERÍA
MAPA
CUENCA CARBONIFERA CH...
 Geología Por: Dr. G. G. G.



LEYENDA

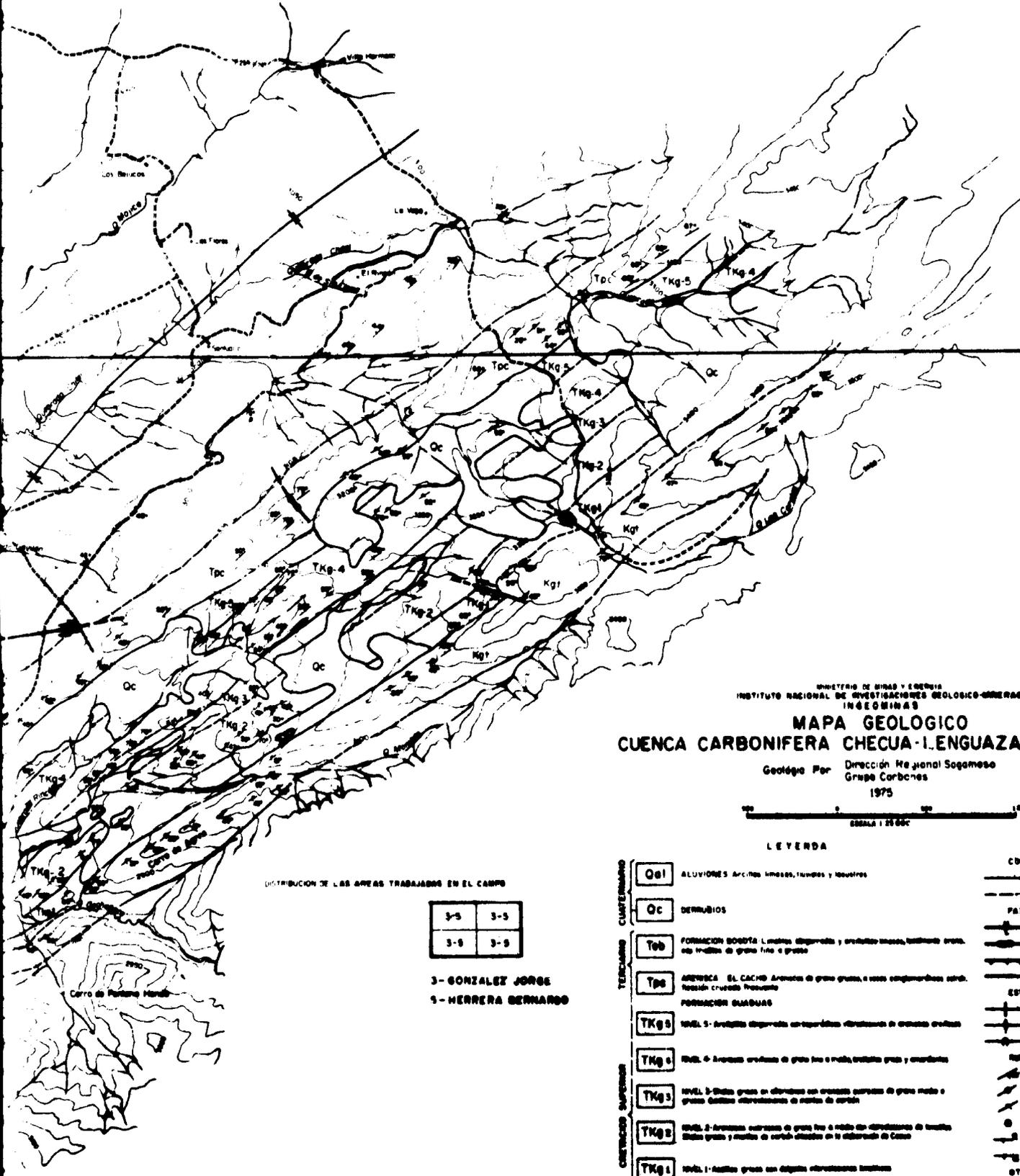
- CUATERNARIO**
- Qc!** ALUVIONES: Arcillas, arenas, limos y gravas
- Qc** DERRUBIOS
- TERCIARIO**
- Teb** FORMACION BOGOTA: arenas, limos y arcillas con fragmentos de gran fino a grueso
- Tps** ARENISCAS EL CACHO: arenas de grano grueso y medio con fragmentos de gran fino a grueso
- TKg5** NIVEL 5: arenilla de grano fino a medio con fragmentos de gran fino a grueso
- TKg4** NIVEL 4: Arenas de grano fino a medio con fragmentos de gran fino a grueso
- TKg3** NIVEL 3: Arenas de grano fino a medio con fragmentos de gran fino a grueso
- TKg2** NIVEL 2: Arenas de grano fino a medio con fragmentos de gran fino a grueso
- TKg1** NIVEL 1: Arenas de grano fino a medio con fragmentos de gran fino a grueso
- CONCRETOS SUPERIORES**
- Kg!** ARENISCAS TIERRA: arenas, limos y gravas

DISTRIBUCION DE LAS AREAS TRABAJADAS EN EL CAMPO

3-5	3-5
3-5	3-5

3 - SONZALEZ JORGE
 5 - HERRERA BERNARDO

SECTION 3



DISTRIBUCION DE LAS AREAS TRABAJADAS EN EL CAMPO

3-5	3-5
3-5	3-5

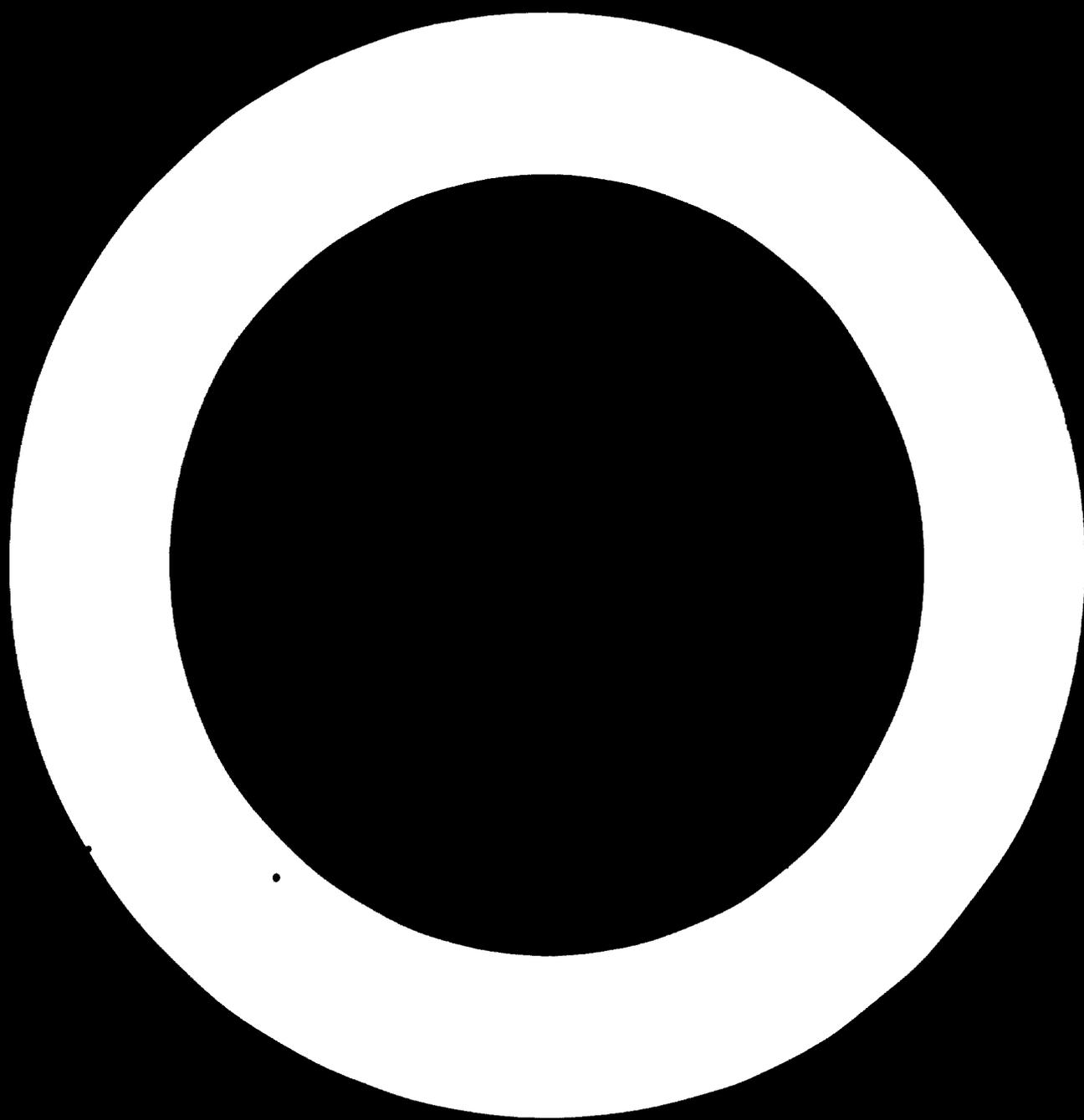
3 - GONZALEZ JORGE
5 - HERRERA BERNARDO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-AMBIENTALES
MAPA GEOLOGICO
CUENCA CARBONIFERA CHECUA-LENGUAZAQUE (CUND)
Geólogo Por Dirección Regional Segamoso
Grupo Carbones
1975



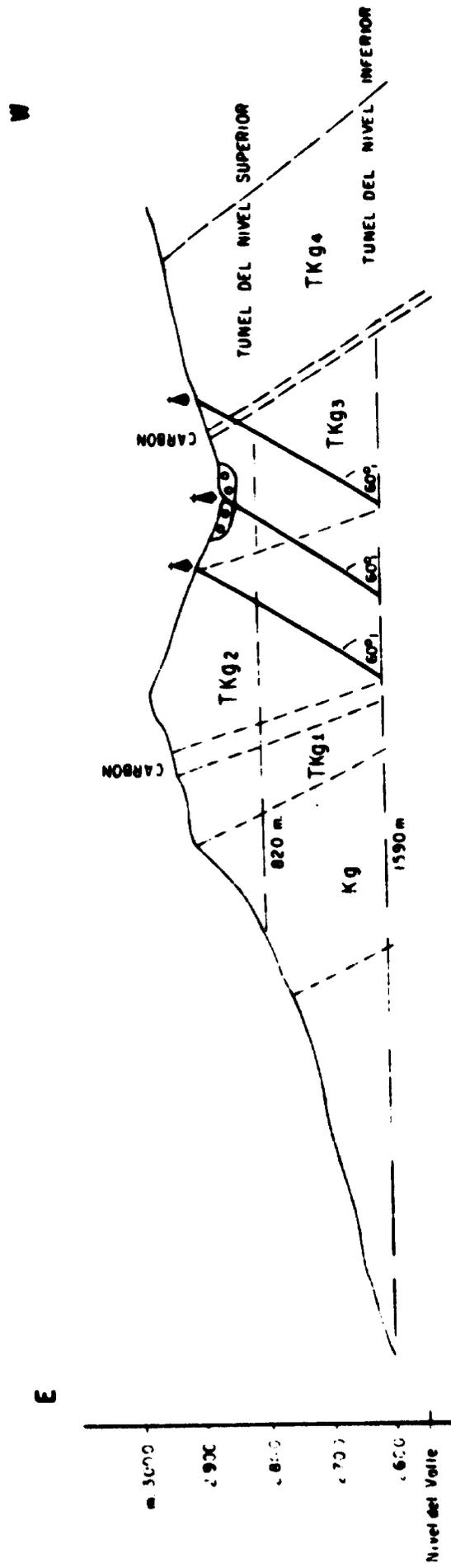
LEYENDA

<p>CUATERNARIO</p> <p>Qal ALUVIONES Arcillas limosas, limos y arenas</p> <p>Oc DERRUBIOS</p>	<p>TERCIARIO</p> <p>Tob FORMACION BOBOTA: Limos, arcillas y arenillas limas, también aren. de medio de grano fino a grueso</p> <p>Tpc ARENICA EL CACHO: Arenas de grano grueso, a veces conglomeradas aren. fósiliferas gruesas</p> <p>TKg-5 NIVEL 5: Arenas arenosas arenopelíticas areníferas de arenas arenosas</p> <p>TKg-4 NIVEL 4: Arenas arenosas de grano fino a medio, arenillas gruesas y arenosas</p> <p>TKg-3 NIVEL 3: Arenas gruesas en arenillas con arenillas gruesas de grano medio a grueso también arenopelíticas de arenas de arenillas</p> <p>TKg-2 NIVEL 2: Arenas arenosas de grano fino a medio con arenillas de limos. Arenas gruesas y arenas de arenillas arenosas en la parte superior de CUND</p> <p>TKg-1 NIVEL 1: Arenas gruesas con arenillas arenopelíticas limosas</p> <p>Kgl ARENICA TAYAN: Arenas limosas, gruesas y finas, arenillas gruesas</p>	<p>SIMBOLOS</p> <p>CONTACTOS</p> <p>— Definidos en el campo</p> <p>- - - - - Interpretados</p> <p>FALLAS</p> <p>— Normal, L. Levantada</p> <p>— Rebaso</p> <p>— De entablamiento</p> <p>— Infrada</p> <p>ESTRUCTURAS DE PLEGAMIENTO</p> <p>— Anticinal</p> <p>— Sinclinal</p> <p>— Sinclinal invertido</p> <p>NUMEROS Y QUEDAMIENTOS</p> <p>— Intermedios</p> <p>— Verticales</p> <p>— Invertidos</p> <p>— Horizontal</p> <p>— De basamento en contacto</p> <p>— En basamento desconocido</p> <p>OTROS</p> <p>— Ubicación de perforaciones</p>
---	---	--



Anexo VIII

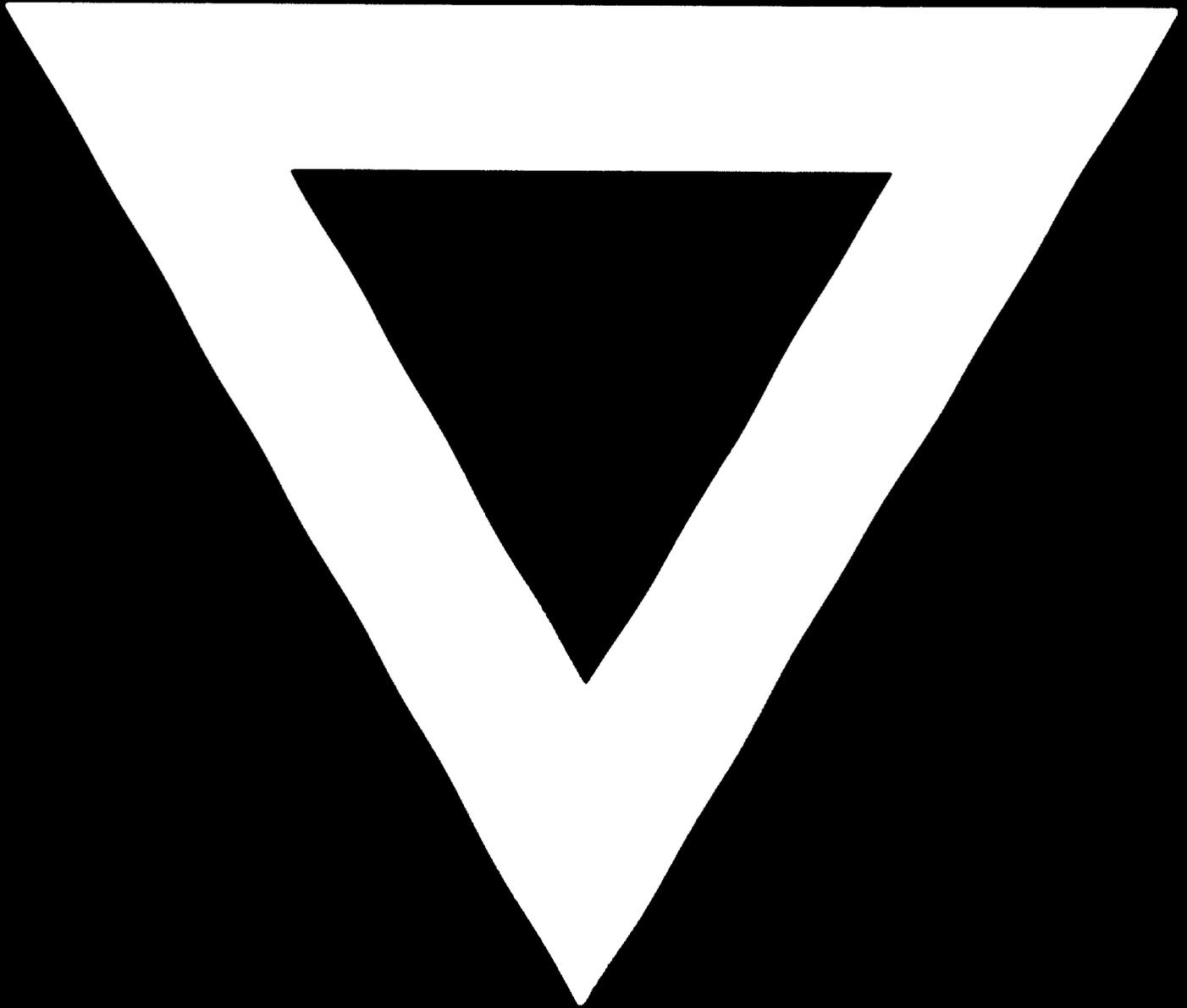
PERFIL DEL BLOQUE I MOSTRANDO LAS PERFORACIONES
Y LOS TUNELES



Escala 1:10 000

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper quality standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

G - 332



77.09.26