

133 pag



Universidad Autónoma Particular de Loja
BIBLIOTECA GENERAL

Revisado el 93-06-23

Valor \$ 200

Nº Clasificación 1993 J61 M.9

549.
Carbón
yacimientos minerales
Santo Domingo
Pichincha.

549.27
549

84X548



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS

T E M A :

**“PROYECTO DE EXPLORACION PRELIMINAR DEL YACIMIENTO
DE CARBON DE SANTO DOMINGO”**

Monografía de Grado previa
a la obtención del Título de
Tecnólogo en Minas

AUTOR:

ARTURO R. JIMENEZ L.

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. CARLOS SALINAS C.

LOJA - ECUADOR

1993



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

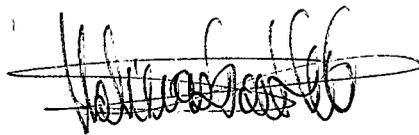
CERTIFICACIÓN

Ing. Carlos Salinas Calero, DIRECTOR DE TESIS,

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de investigación, ha sido minuciosamente revisado, por tanto autorizo su presentación.

Loja, mayo de 1993.



Ing. Carlos Salinas Calero,
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

La responsabilidad de las investigaciones, resultados, discusiones y recomendaciones del presente trabajo pertenecen exclusivamente al autor.

ARTURO JIMÉNEZ LOZANO

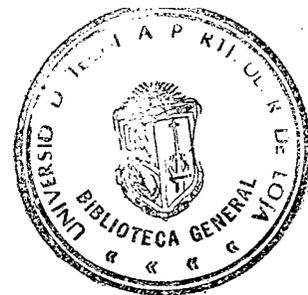
DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico de manera muy especial a mis Padres, no solo por su apoyo material sino también por el moral, ya que ellos me enseñaron que las cosas solo se logran con el esfuerzo y constancia que uno les de a éstas.

ARTURO RENÉ

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a todo el profesorado de la Escuela de Minas que durante todos mis estudios supieron brindarme sus conocimientos, en especial a mi Director de Tesis, Ing. Carlos Salinas C., que con su profesionalismo me dirigió de la mejor manera. Finalmente al personal del Proyecto FODEP por su valioso apoyo durante el desarrollo de mi Tesis.



ESQUEMA

PROYECTO DE EXPLORACIÓN PRELIMINAR DEL YACIMIENTO DE CARBÓN DE SANTO DOMINGO

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. Antecedentes
 - 1.2. Objetivos

2. GENERALIDADES
 - 2.1. Clasificación de los sedimentarios
 - 2.2. Yacimientos de carbón
 - 2.2.1. Formación del carbón
 - 2.2.2. Propiedades físicas y químicas del carbón
 - 2.2.3. Constituyentes del carbón
 - 2.2.4. Clases del carbón
 - 2.3. El carbón en el Ecuador y la provincia de Loja

3. SITUACIÓN FÍSICO-GEODRÁFICO DEL PROYECTO
 - 3.1. Ubicación y Acceso
 - 3.2. Morfología y sistemas de drenaje de la zona
 - 3.3. Clima y vegetación
 - 3.4. Situación Socio-económica de la zona

4. GEOLOGÍA REGIONAL
 - 4.1. Estratigrafía
 - 4.2. Geología Estructural o Tectónica
 - 4.3. Geomorfología

5. GEOLOGÍA LOCAL
 - 5.1. Interpretación geológica de fotografías, aéreas de la zona.
 - 5.2. Estudio litológico y estructural del campo

6. TRABAJOS EXPLORATIVOS
 - 6.1. Trabajos de campo
 - 6.1.1. Ejecución de Labores Mineras
 - 6.1.2. Documentación geológica de las labores
 - 6.1.3. Muestreo de las labores ejecutadas
 - 6.2. Trabajos de laboratorio (Análisis Químico)
 - 6.3. Trabajos de Oficina
 - 6.3.1. Interpretación de los resultados
 - 6.3.2. Delimitación del yacimiento
 - 6.3.3. Cálculo de reservas probables y posibles del yacimiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 - 7.1. Conclusiones
 - 7.2. Recomendaciones

8. ANEXOS

9. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Al hablar sobre las fuentes energéticas más importantes que existen en el país, podríamos decir que los que revisten mayor interés son el Petróleo y la Energía Hidráulica; sobre estos dos el país ha venido forjando su desarrollo durante los últimos años.

Con respecto al petróleo diremos que se trata de un recurso natural no renovable, el mismo que cada vez presenta menos cantidad de reservas, eso tomando en cuenta que este mineral es básico para el desarrollo de las actividades diarias en nuestro país. Por otro lado al hablar de la Energía Hidráulica diremos que es una fuente natural, casi inagotable la cual se la ha venido aplicando en el Ecuador con mucho acierto, teniendo muchas perspectivas para el futuro. A estas dos fuentes energéticas se uniría el carbón mineral que aunque no se presente en gran volumen, pero si como un recurso aprovechable. Este es uno de los recursos no renovables que posee el Ecuador y sin embargo todos los trabajos investigativos que se han hecho sobre

este, han brindado escasa y no muy precisa información creando poca expectativa en el sector empresarial e industrial del país con respecto al aprovechamiento de éste.

Se debe aclarar que este mineral en el siglo XIX sirvió de plataforma para el desarrollo de los países que luego experimentaron lo que se llamó en ese entonces "La Revolución Industrial", aunque el Ecuador no haya llegado a esta, es importante que el carbón mineral se lo incluya en la lista de los recursos energéticos naturales aprovechables en el país.

Según los estudios realizados en el proyecto "Identificación de los carbones del Ecuador y su utilización futura", proyecto auspiciado por el CONUEP, muestran a las zonas de la provincia del Azuay y la provincia de Loja. Como los lugares que se muestran más interesantes en el país, mas específicamente dentro de la provincia de Loja, los carbones de la Cobalera y Santo Domingo los hemos tomado como un importante indicio para realizar un estudio de investigación.

1.2. OBJETIVOS

Con el presente trabajo de investigación, hemos

llegado y pretendemos alcanzar los siguientes objetivos:

Como objetivos de trabajo:

1. Se ha llegado a dar un aporte con la elaboración de una carta topográfica a escala 1:1500.
2. Por medio de un estudio geológico sobre esta zona, llegar a conocer más detalladamente la litología.
3. Someter a un estudio de laboratorio las muestras de carbón con el fin de determinar la calidad de éste.
4. Diseñar el sistema de exploración preliminar para el yacimiento de Santo Domingo, en el proyecto que se plantea, determinar las reservas del carbón probable, lo mismo que permitirá tener un juicio más claro acerca de su rentabilidad para una posible explotación de pequeña minería.
5. Los trabajos que se diseñaran más los que se realizaran pretenden aportar al conocimiento de este importante yacimiento de carbón mineral en nuestra provincia y país.

Como objetivos personales tenemos:

1. Llegar a realizarme como profesional dentro del campo de la Tecnología Minera.
2. Por medio de la investigación haber llegado a

reforzar los conocimientos en Geología y Minería.

2. GENERALIDADES

2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

En primer lugar cuando hablamos de sedimentos o de un proceso de sedimentación, decimos que cuando los productos resultantes de la erosión dejan de estar en suspensión en los medios de transporte (agua, hielo, aire). Se depositan por la acción de la gravedad, originando depósitos que en muchas ocasiones tienden a formar mantos o capas horizontales, estos materiales cuando dejan de estar en contacto con la atmósfera o hidrósfera e ir siendo enterrados progresivamente por las nuevas capas de materiales mas o menos compactos, formando las rocas sedimentarias.

En el proceso de sedimentación podríamos distinguir dos zonas bien delimitadas, una de destrucción y otra de sedimentación. Las primeras serían las zonas más elevadas de los continentes en donde los agentes erosivos y de transporte, con toda su potencia desplazan rápidamente los

residuos de la destrucción; las segundas serían las zonas deprimidas en donde los agentes transportadores pierden su energía y permiten la deposición de la carga que arrastran.

Factores de la Sedimentación

Las características actuales de cualquier sedimento (composición química, composición mineralógica, estructura, etc.) son el resultado de una historia compleja que se inicia durante el comienzo de la destrucción de las rocas y prosigue incluso después que el sedimento se ha formado.

A lo largo de la historia intervienen una serie de factores que conviene analizar con algún detalle, pues conocida su influencia en los sedimentos nos van a permitir determinar en qué condiciones se forman las rocas sedimentarias de otras épocas geológicas.

Factores de Procedencia

Son fundamentalmente la composición de las rocas

originarias y las condiciones que existieron durante su destrucción, tienen especial importancia en las rocas formadas por minerales residuales, ya que la composición y proporción de los distintos granos depende la intensidad con que hayan desaparecido los minerales poco estables.

Factores de la Modalidad de Transporte

Influye en las características de los sedimentos formados por acumulación de material detrítico, es así el transporte por medios muy fluidos en el agua o en el aire que permiten una selección considerable por tamaños.

Factores de la Duración del Transporte

Tiene también influencia ya que los fragmentos angulosos durante el golpeteo experimenta una reducción gradual del tamaño y un redondeamiento progresivo de las aristas.

Tipos de Yacimientos Sedimentarios

Yacimientos Sedimentarios Mecánicos

Como representantes típicos de los yacimientos minerales sedimentarios mecánicos, o clásicos, pueden servir los depósitos de grava, arena y arcilla. Existen relaciones entre estas formaciones según el grosor de los granos que la integra.

YACIMIENTO	Yacimientos de grava
SEDIMENTARIOS	Yacimiento de arena
MECÁNICOS	Yacimiento de arcilla

Yacimientos sedimentarios químicos

Entre los yacimientos sedimentarios químicos se distinguen los formados de soluciones verdaderas a los cuales pertenecen: las sales, el yeso, la anhidrita, los boratos, la baritina y los yacimientos originados de soluciones coloidales que comprenden mineral de hierro, manganeso y aluminio, así como algunos metales no ferrosos y raros.

Yacimientos Sedimentarios Bioquímicos

Estos pueden ilustrarse con el ejemplo de las fosforitas, las rocas carbonatadas y silíceas, así como

los caustobiolitos. Los yacimientos bioquímicos se dividen en:

YACIMIENTOS	}	Fosforitas
SEDIMENTARIOS		Rocas carbonatadas
BIOQUÍMICOS		Carbones

Clasificación de las Rocas Sedimentarias

Esta clasificación está basada en el orden de separación de los productos residuales durante la diferenciación geoquímica sedimentaria y son las siguientes:

a) ROCAS DETRITICAS

Están formadas principalmente por acumulación de fragmentos de rocas y de minerales preexistentes que no se han alterado químicamente o que solo han sufrido alteración parcial. Estas rocas pueden experimentar durante la diagénesis una cementación de los fragmentos inicialmente sueltos, en este caso el cemento puede ser de origen químico. De acuerdo al mecanismo de formación, la composición mineralógica de tipo de material que exista en la corteza terrestre puede originar en condiciones de rápida

destrucción mecánica y débil alteración química fragmentos que tienen la misma composición que el producto inicial. Como varía la destrucción química actúan con mas o menos intensidad; la mayor parte de las rocas de este grupo están formadas por trozos de rocas o minerales estables en la superficie terrestre; entra a estos el más estable que es el cuarzo (SiO_2). Por término medio estas rocas tienen un contenido considerable de este mineral.

Las rocas detríticas se clasifican según el grado de los fragmentos que los componen. El grosor de los componentes detríticos se determina por métodos directos midiendo el diámetro medio de los fragmentos o por métodos indirectos, haciendo pasar el material disgregado por una serie de tamices de mallas decrecientes pesando la porción que ha quedado en cada una de las cribas.

b. ROCAS ARCILLOSAS

Formado fundamentalmente por la aglomeración de partículas de minerales arcillosos, a su vez se han formado por alteración completa de minerales preexistentes.

Las rocas arcillosas, también denominadas FELITICAS, en general lutitas, son rocas detríticas en sentido amplio formadas por partículas de tamaño menor de 0,05 mm., en las que los llamados "minerales de arcilla" forman aproximadamente $1/3$ de su composición. En general son capaces de absorber cantidades variables de agua volviéndose entonces plásticas, por lo cual constituye una de sus propiedades físicas más potentes, tornándose, en cambio muy compacto por disecación.

Las rocas arcillosas son el primer resultado de la alteración superficial de otras rocas preexistente, en las que existían en proporción considerable, minerales aluminicos. Si el proceso de alteración avanza poco a poco por toda la masa de la roca y los minerales arcillosos que se originan, permanecen en el mismo sitio en que se produjeron, se forman entonces depósitos de arcillas residuales llamados así porque, representan los restos no llevados en disolución de la roca primitiva. Como éstos depósitos están formados por materiales poco coherentes, y como las partículas arcillosas son de muy pequeño tamaño, pueden ser arrastrados con cierta facilidad de esta manera ir lentamente formando nuevos depósitos.

Teniendo en cuenta los nuevos mecanismos de formación las arcillas son rara vez rocas puras; en el caso de los depósitos residuales porque junto con los minerales arcillosos quedan residuos inatacados o inatacables de los minerales de la roca primitiva; en el caso de las arcillas sedimentarias, porque el tiempo que caen al fondo los minerales arcillosos pueden hacerlo también todas las partículas minerales que por su reducido tamaño fueron arrastradas en suspensión. Más de una roca que se considera arcillosa, tanto por su aspecto como por su finura de las partículas de que esté integrada, resulta estar compuesta, en gran parte, por diversos minerales detríticos finalmente divididos.

c) ROCAS CARBONATADAS

Son las rocas formadas por carbonatos cálcico y magnésico precipitados de las aguas por mecanismos químicos y bioquímicos, relacionados con ellos están las rocas fosfatadas en donde el calcio se precipita en forma de fosfato cálcico.

El carbonato cálcico (principalmente en forma de calcita) y el carbonato cálcico-magnésico (dolomita),

son los constituyentes principales de las rocas sedimentarias encontrándose en forma considerable en la superficie terrestre.

Las calizas que son las más importantes, proceden en último término de la precipitación del calcio y el anhídrido carbónico que existe en disolución en las aguas continentales u oceánicas, el calcio a su vez procede de la alteración de los minerales de las rocas plutónicas que tengan este elemento, o de la disolución de rocas calcáreas formadas en una época anterior; el anhídrido carbónico, del que existe en la atmósfera, producido fundamentalmente por los fenómenos de oxidación de los seres vivos o de descomposición de sus residuos o de sus gases expulsados por los volcanes.

d) EVAPORITAS O ROCAS SALINAS

Rocas formadas por evaporación de rocas cargadas de sales disueltas; sulfatos y cloruros principalmente.

Las rocas salinas comprenden los compuestos más solubles, sulfatos y cloruros alcalinos o alcalino-terreos, formados a partir de los iones presentes en

el agua del mar o en ciertas lagunas interiores originadas en regiones endorreicas. Se denominan también "evaporitas", porque el proceso de formación de estas rocas tiene lugar al evaporarse el agua de la laguna que las contenía.

El agua del mar tiene actualmente una salinidad que puede evaluarse en un 35 por 1000, como valor medio.

El orden de precipitación de las sales formadas y aun su misma composición, depende, por una parte, de la temperatura del agua y por otra el contenido de los diferentes iones.

e) ROCAS FOSFATADAS

Los fosfatos primarios principalmente el apatito, se encuentran asociados a rocas eruptivas, y son relativamente escasos en la naturaleza; en cambio las formaciones de rocas fosfatadas, generalmente calizas o areniscas de origen sedimentario son frecuentes en determinadas regiones y constituyen los yacimientos de fosfatos de verdadera importancia industrial.

El fosfato tricálcico $(PO_4)_2Ca_3$ que se encuentra asociado a las rocas sedimentarias, procede de la acumulación de restos esqueléticos y excrementos de los vertebrados, los cuales lo han formado de las plantas y estos a su vez del suelo.

f) ROCAS FERRUGINOSAS

Formadas por minerales oxidados de hierro, precipitados en la mayor parte de los casos por floculación de hidróxidos férricos coloidales, mediante procesos químicos o bioquímicos.

El hierro es uno de los elementos metálicos más abundantes en la naturaleza y a la presencia de sus compuestos, principalmente óxidos se deben las coloraciones amarillentas, rojizas, pardas o verdosas de la mayoría de las rocas sedimentarias.

En realidad cualquier mineral de hierro, en presencia del agua y del oxígeno atmosférico, se oxida dando lugar a la formación de limonita ocre, $Fe(OH)_3$ en ambientes o climas templados o fríos, húmedos o secos y de hematites, Fe_2O_3 en climas tropicales o subtropicales, con temperaturas elevadas y grandes aportes de agua.

g) ROCAS ORGÁNICAS

Son las rocas formadas por transformación de residuos orgánicos que se pueden acumular en cantidades considerables, en condiciones especiales de gran proliferación de vegetales o animales y constituyan los carbones y petróleos.

Son muchas las rocas sedimentarias en cuya formación intervienen de alguna forma los seres vivos, pero por regla general, su intervención es puramente "pasiva" ya que solo sus restos esqueléticos mineralizados, después de muertos los organismos, se incorporan como materiales sedimentarios a las rocas detriticas. Así se originan los lumaquelos, la creta, los diatomies, etc.

Las rocas que se pueden llamar propiamente "orgánicas" son aquellas en cuya formación han intervenido directamente los seres vivos, animales o vegetales que están formados por su misma materia orgánica, que ha sufrido ciertas transformaciones químicas por acción de determinadas bacterias anaerobias.

h) ROCAS CARBONOSAS

En esta categoría de rocas, entran en primer lugar, los carbones minerales y también, los hidrocarburos naturales, que se encuentran impregnando determinadas rocas, el petróleo el asfalto, los betunes, etc.

Los compuestos vivientes de la materia viviente sufre combustiones y se transforman en CO₂ y agua. Esta combustión no cesa con la muerte del organismo sino que es reemplazada por la descomposición bacteriana y oxidación directa.

La composición de las rocas carbonosas se basa en los siguientes puntos:

1. Partículas detríticas
2. Cantidades de residuos orgánicos tipo plantas.
3. Cantidad de residuos plantones

Las rocas carbonosas que tienen mayor importancia la economía de un país derivan de la transformación de los puntos 2 y 3 antes anotados

La carbonización se produce por la transformación bajo la presión y temperatura de la turba para

generar la familia de los carbones.

La bituminización origina la formación de lutitas bituminosas y eventualmente de petróleo, rocas que no entran en nuestro estudio.

2.2. YACIMIENTOS DE CARBÓN

La geología de los carbones fósiles es un gran capítulo independiente del estudio de la materia prima mineral el cual se examina en un curso especial aquí para completar el cuadro general de la geología de los minerales.

Formaciones carboníferas y su posición estructural

En la literatura de la geología del carbón, las potentes capas carboníferas de estructura rítmica, relacionadas paragenéticamente entre sí, suelen llamarse formaciones carboníferas. En función de las condiciones de su origen se dividen en formaciones geosinclinales intermedias y de plataforma.

Las formaciones carboníferas geosinclinales

Se originan principalmente en el estado tardío del ciclo geosinclinal de desarrollo en condiciones de

sedimentación costeras o litorales, de laguna y de delta. Para ellos es característico:

1. Una gran potencia de los depósitos carboníferos que alcanza decenas de kilómetros.
2. Un número considerable de estratos de carbón que alcanza decenas e incluso centenas.
3. Su gran extensión (hasta decenas de kilómetros) pero por lo general poca potencia (rara vez pasa de varios metros).
4. Una intensa y discontinua dislocación de plegamiento, así como un gran grado de metamorfismo. Ejemplo: las cuencas hulleras de Donetsk, Kuznetsk y otros.

Las formaciones carboníferas intermedias. Se desarrollan en el estado de transición al régimen de plataforma en condiciones de laguna, litorales continentales y lacustres palustres. Para ellos típico.

- Una potencia moderada de los depósitos carboníferos que rara vez alcanza varios kilómetros.
- Un número limitado de estratos de carbón que tan solo a veces alcanza varias decenas.
- Una extensión menor que el grupo antecedente, una potencia variada, a veces considerable

(hasta 20m) de estratos.

- Una dislocación un metamorfismo relativamente débiles en condiciones de un plegamiento bronqui axial típico, como por ejemplo puede citarse las cuencas de Minusinsk, Ekibastuz.

Las formaciones carboníferas intermedias

Se desarrollan en el estado de transición al régimen de plataforma en condiciones de laguna, litorales continentales y lacustres-palustres. Para ellos es típico: 1) Una potencia moderada de los depósitos carboníferos que rara vez alcanza varios kilómetros. 2) Un número limitado de estratos de carbón que tan solo a veces alcanza varias decenas. 3) Una extensión menor que en el grupo antecedente, una potencia variada, a veces considerable (hasta 20 metros) de estos estratos. 4) Una dislocación y un metamorfismo relativamente débiles en condiciones de un plegamiento bronqui axial típico. Como ejemplo puede citarse las Cuencas de Minusinsk, Ekibastuz.

Las formaciones carboníferas de Plataforma

Se subdividen en dos subgrupos: De plataforma anti-

guas estables y de plataformas jóvenes móviles. Las mismas que se acumularon en condiciones laguna depósitos de agua, litorales continentales e intracontinentales (Lacustres, Palustres, fluviales) en un régimen de plataforma.

Para ellos es típico. 1) Una potencia relativamente pequeña de los depósitos carboníferos, la cual rara vez alcanza centenares de metros en las plataformas antiguas y miles de metros en las plataformas jóvenes. 2) Un pequeño número de estratos que rara vez alcanza una o dos decenas y que, por lo general, constituye varias unidades. 3) Una pequeña extensión, pero una elevada y a veces muy grande (hasta centenares de metros) potencia de los estratos de carbón. 4) Una dislocación insignificante en un metamorfismo débil. A los mismos pertenecen las Cuencas de Moscú, de Tungus, Ka, Kansk - Achinsk y otros localizados en la plataforma más antigua, así como los de Cheliabinsk, Turgaid, los Urales del Sur y otros localizados en plataformas más jóvenes.

Las formaciones carboníferas geosinclinales predominaron en el Paleozoico, las intermedias empezaron a jugar un papel importante a partir del Mesozoico y las de plataforma dominaron en el Cainozoico.

Edad Geológica y Particularidades de difusión de los yacimientos de carbón

Estos yacimientos están difundidos en los sedimentos de la Corteza Terrestre desde el Siluriano hasta el Cuaternario.

Según Stepanov en 1937 estableció que en la historia de sedimentación se distinguen tres máximos o tres épocas de formación del carbón, separados por el tiempo de máxima segregación de carbón. El primero corresponde al Carbonífero Superior - Cretáceo Inferior y el tercero al Cretáceo Superior Terciario.

En la envoltura sedimentaria de la Tierra F. Stepanov ha revelado fajas de acumulación con nódulos de concentración de depósitos carboníferos rodeados de zonas periféricas con débiles manifestaciones de carbón. En la superficie del globo terráqueo se distinguen tres áreas con predominio de acumulación de carbón en: 1) El Carbonífero, 2) El Permiano, 3) El Cretáceo Superior y el Terciario.

El área con predominio de acumulación del Carbonífero abarca la mitad oriental de América del Norte, Europa, la mitad Septentrional de Africa y la parte occidental de

Asia; Dentro de sus límites están concentrados más del 22% de las reservas mundiales de carbón.

En dicha área se distingue la principal faja longitudinal de acumulación del carbón, que se extiende desde los estratos orientales de los EE-UU a través de Inglaterra, Francia, Bélgica, Alemania, Checoslovaquia y Polonia hacia la URSS donde es fijada en el Dombáss, Karagandá y Kazajstán del Norte.

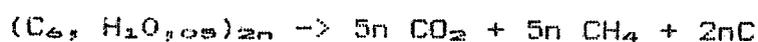
Las áreas con predominio Permeano y Jurásico de acumulación de carbón cubren las partes orientales de Asia y Australia, las tierras polares australes y septentrionales, así como el sudeste de Africa y América del Sur; en su territorio se encuentra un 27% de las reservas mundiales de carbón. La faja de acumulación permeana de carbón se extiende en dirección próxima a la meridional desde la Cuenca de Pechora hasta las Cuencas de Taimir y Tunguska, luego a través de las Cuencas de Kugnetsk y Minusinsk, pasa a la China, a la India y Australia oriental. Las fajas jurásicas tienen orientación latitudinal.

Las áreas con predominio de acumulación de carbón en el Cretáceo Superior y en el Terciario, abarcan la costa oriental de Asia y Australia, los Archipiélagos del Océano Pacífico en forma de un anillo enorme; en este último se

hallan concentrados cerca de las reservas mundiales del carbón.

2.2.1. Formación del Carbón

El carbón se forma principalmente a partir de la celulosa y de la lignina, hidratos de carbono complejos, mediante el proceso de carbonización que consiste en una serie de reacciones anaeróbicas, bajo aguas estancadas carentes de oxigenos en las que se desarrolló una abundante flora bacteriana, que es la responsable de la transformación de restos vegetales en carbón. En esencia el proceso consiste en el desprendimiento de anhídrido carbónico, metano y enriquecimiento de carbono.



Los restos vegetales necesarios para la formación del carbón se han acumulado por un proceso de sedimentación, unas veces en el mismo sitio donde se desarrolló el bosque Carbonífero (yacimientos autóctonos) y luego con el transcurso del tiempo se han ido transformando en carbón por el proceso indicado.

En conjunto la formación de una capa de

carbón constituye un episodio especial dentro del ciclo general sedimentario o ciclotema.

Un ciclotema hullero se inicia por materias detriticas, pudingas y areniscas, continuándose por un depósito de arenas y limos más fino, cuando más avanza el ciclo sedimentario terminando esta primera fase de la sedimentación con el depósito de los limos, sobre los cuales se desarrolla la vegetación palustre en los bordes de la laguna o en toda su extensión si la profundidad es adecuada.

La capa de carbón se forma como consecuencia de la destrucción del bosque hullero, generalmente cuando la profundidad excesiva del agua impide el desarrollo de la vegetación, acumulándose así grandes masas de vegetales necesarios para la formación de la hulla.

En las cuencas de sedimentación situadas en el interior de las áreas continentales llamadas lacustres donde se depositan de preferencia limos y arenas, el ciclo sedimentario termina aquí, pudiendo repetirse muchas veces consecutivas, mientras las condiciones geográficas y climáticas se mantengan favorables.

En otras ocasiones las depresiones donde se

forman las cuencas carboníferas están situadas en llanuras costeras (Cuencas parálidas) y en ellas se producen invasiones periódicas del mar, de esta manera se van sedimentando con el depósito de calizas y margas que contienen fósiles marinos, pizarras ferruginosas y finalmente pizarras sabulosas, es así cuantas veces se repite un ciclo sedimentario se formará una capa de carbón, aunque a veces por no haber concurrido las condiciones adecuadas para la fermentación no llegue a formarse el carbón.

Los depósitos de carbón más importantes son los de hulla que se formaron durante el período Carbonífero, pero en épocas posteriores también se han formado yacimientos de lignitos en condiciones análogas: Con frecuencia en las desembocaduras de los ríos por la acumulación de los restos de coníferos.

2.2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Carbón

Propiedades Físicas:

a) CALOR ESPECIFICO

El calor específico de los carbones difieren considerablemente dependiendo ello de las clases

de carbón, sus cenizas y contenido de humedad, etc. Varían de 0,25 a 0,38.

En el cuadro se dan los valores específicos determinados para el coque metalúrgico de 5% de cenizas.

CUADRO Nro. 1

CALOR ESPECIFICO DEL COQUE

INTERVALO DE TEMPERATURA EN (°C)	CALOR ESPECIFICO MEDIO (Kcal/Kg)
20 - 260	0.240
20 - 538	0.303
20 - 815	0.338
20 - 1033	0.363

b. DENSIDAD A GRANEL O EN MASA

Es el peso en kilogramos por metro cúbico del conjunto de carbón en trozos, comprendiendo los espacios vacíos entre estos, interesa en el almacenamiento del carbón y en su preparación de subproductos, los factores que intervienen o influyen en la densidad; son la densidad del material, sus diversos tamaños, el contenido de humedad, su grado de capacidad y la utilización de aceite en la preparación del carbón, las densidades



típicas de los carbones son los siguientes:

- Sub-bituminosos altos en volátiles.....670 a 900 Kg/m³
- Bituminosos bajos y medios en volátiles...780 a 910 Kg/m³
- Anatracita.....800 a 930 Kg/m³

c. ESTABILIDAD DEL TAMAÑO

Se refiere a la capacidad del carbón para resistir a su ruptura durante su manipulación y expedición o embarque, se determina dejando caer dos veces una muestra de 22.7 kilos (50 lbs.) de carbón sobre una placa de acero desde una altura de 1.85 m. partiendo la distribución por tamaños y después de este ensayo se expresa la estabilidad de tamaño con un factor de porcentaje (A.S.T.M.).

El ensayo de fiabilidad, mide la tendencia del carbón a romperse durante su manipulación. Es realmente el complemento de la estabilidad del tamaño y se determina por el ensayo standar al tambor (A.S.T.M.). En general los carbones bituminosos altos en volátiles son menos fiables que los bajos en volátiles.

d. INDICE DE MOLIBILIDAD

Se emplea para indicar la facilidad relativa con que se pulveriza el carbón. La A.S.T.M. ha

adoptado los métodos de la máquina Hardgrove y del molino de bolas en un intento de normalizar los procedimientos. El método de la máquina Hardgrove, mediante el empleo de una máquina moledora de diseño especial suministra un índice de molibilidad relativa basado sobre un carbón que se supone tiene un índice de 100.

El método de molino de bolas determina las cantidades de energía necesarias para pulverizar distintos carbones colocando una muestra de cada uno de ellos en un molino de bolas y hallando el número de revoluciones necesario para molerlas de modo que su 80% pase por el tamiz Nro. 200. Conversiones aproximadas de los índices de molibilidad en el molino de bolas a los correspondientes en la máquina Hardgrove.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CARBÓN

El carbón está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno; el nitrógeno es un componente menor lo mismo que el azufre. Su cantidad de material mineral (ceniza) es variable. Las proporciones de los diversos componentes varían con la clase del carbón. Las variaciones de los componentes principales (C, H, N, O) desde la madera hasta la antracita pueden verificarse por el siguiente cuadro.

CUADRO Nro. 2
COMPOSICIÓN PROMEDIO DE MADERA, TURBA Y CARBONES(%)
 (Según Clarke 1924, Pág. 773)

	CARBONO	HIDRÓGENO	NITRÓGENO	OXÍGENO
Madera	49,64	6,23	0,92	43,20
Turba	55,44	6,28	1,72	36,56
Lignito	72,95	5,24	1,31	20,50
Carbón bituminoso	84,24	5,55	1,52	8,69
Antracita	23,50	2,81	0,97	2,72

Este cuadro puede presentarse en otra forma, es decir, haciendo figurar las proporciones de hidrógeno, de nitrógeno y de oxígeno frente a 100 partes de carbono. De esta manera se pone de manifiesto la disminución uniforme del hidrógeno y del oxígeno. Además la disminución proporcional es mayor en el oxígeno que en el hidrógeno. En la celulosa ($C_6 H_{10} O_5$) estos dos elementos existen exactamente en las mismas proporciones que en el agua (de 1 a 8). En la madera el hidrógeno supera levemente esta relación (1 a 7), y este exceso aumenta en forma constante hasta que en la antracita es aproximadamente 1 a 1.

2.2.3. Constituyentes del Carbón

Material Inorgánico del Carbón

- a. LOS CONSTITUYENTES MINERALES QUE FORMAN LA CENIZA DEL CARBÓN SE HAN ORIGINADO

- De las cenizas de la planta original.

- Por deposición sedimentaria.
- Por depósitos procedentes de aguas terrestres de percolación.
- De materiales procedentes del techo o piso de la mina que se ha incorporado, durante el laboreo de la mina.

Sus ingredientes principales son: pizarra, arcilla, piedra de arenisca, esquistos bituminosos, carbonatos, pirita y yeso.

Durante el proceso de combustión, la arcilla y el esquistos pierden su agua de hidratación, sus carbonatos se descomponen liberando anhídrido carbónico y la pirita se oxida pasando a óxido férrico desprendiendo anhídrido sulfuroso. Las cantidades relativas de los constituyentes minerales determinan las características de la ceniza e imponen ciertas limitaciones a la utilización del carbón.

5. EL AZUFRE DEL CARBÓN SE PRESENTA EN TRES FORMAS:

- Azufre piritico en forma de piritica o marcasita.

- Azufre orgánico que consiste en azufre combinado químicamente con una sustancia carbonosa.
- Azufre en sulfato, el cual se presenta como sulfato de hierro o calcio.

No hay evidencia de que el azufre se presente en el carbón en estado libre. Proporciones relativas de azufre encontradas en el carbón varían mucho aunque en la forma de sulfato no se presenta sino en pequeñas cantidades, en los carbones recién extraídos de mina. Durante la combustión del carbón de un 70 a 90% del azufre aparece en los productos de combustión en forma de anhídrido sulfuroso.

Constituyentes Orgánicos del Carbón

El estudio microscópico del carbón suele realizarse por reflexión sobre una superficie plana pulimentada, previamente tratada, la misma que pone de manifiesto las estructuras, por ataque diferencial. Si se examina un pequeño trozo de carbón bituminoso, se encuentra corrientemente que está formado por láminas. A través de la superficie del trozo normal al plano original del estrato o lecho del carbón, las secciones aparecen en bandas.

También se puede estudiar en láminas delgadas por los métodos petrográficos normales, pero en espesores de 10 veces menos que en las demás rocas, empleando técnicas que permitan aclarar y diferenciar sus elementos constitutivos.

El examen microscópico en estas condiciones nos demuestra la existencia de una sustancia amorfa, es así:

La Vitrina.- De naturaleza coloidal que forma el cemento de unión y otras partes organizadas con estructura propia, que se pueden aislar en los carbones con más de un 20% de materias volátiles, mediante técnicas adecuadas de maceración, por lo que a estos compuestos se les da el nombre de macerales.

Principalmente son: La fusita y la durita.

La Fusita.- Se compone de escamitas microscópicas de una materia carbonosa, muy friable, que tizna los dedos, asociada generalmente a tejidos vegetales bien conservados. Los carbones ricos en fusita presentan una marcada tendencia a formar polvo muy fino, y son pobres en materias volátiles a pesar de lo cual se inflaman fácilmente.

La Durita.- Es un tipo de carbón opaco, negruzco, tenaz, que se encuentra asociado a las cutículas de las esporas procedentes de las plantas criptógamas que formaron los bosques del carbonífero, susceptibles de ser aisladas y estudiadas al microscopio. Hay carbones como el llamado "cannel", en Inglaterra, que están formados casi exclusivamente por esporas.

Por otra parte la proporción en que se encuentran estos tres componentes del carbón, la vitrina, fusita y durita, es característica para el carbón formado en una época determinada, y está en relación con las condiciones climatológicas y físico químico en que tuvo lugar el depósito: humedad atmosférica, temperatura del agua, temperatura ambiente, etc. Así un carbón muy rico en durita corresponde al depósito en una cuenca de aguas profundas, mientras que otro, rico en vitrina, es característico del depósito en aguas de escasa profundidad.

2.2.4. Clases de Carbón

Debido a la naturaleza variable y compleja, los intentos para clasificar los carbones se han basado

sobre casi todas sus características físicas, químicas o de utilización, pero pocos han sido aceptados de una manera general. A.S.T.M. ha adoptado métodos estándares para la clasificación de sus carbones según su calidad, variedad, grado y tamaño.

En la clasificación según la calidad, los carbones se agrupan de acuerdo a su grado de metamorfismo o alteración progresiva por procesos dinamoquímicos en series desde lignito a la antracita. El método de la A.S.T.M. se basa en el carbón fijo y la potencia calorífica sobre la exenta de material mineral. Se emplea pocas propiedades físicas para diferenciar los carbones de su calidad inferior.

La A.S.T.M. define las siguientes variedades comunes: propiedades físicas y químicas no corrientes y que caen dentro de los límites del carbono fijo o de Kcal/Kg de las calidades bituminosas altas en volátiles y sub-bituminosa.

Todos estos carbones contienen menos de 48% de carbón fijo exento de material mineral o bien tiene más de 8.600 kcal/kg sobre base exenta de material mineral.

También se clasifican los carbones según su

variedad, es decir, de acuerdo con la alteración natural y bioquímica de los siguientes variedades comunes:

a. Carbón Bandeado común.- La variedad común de los carbones bituminosos y sub-bituminosos, consiste en una sucesión de capas o lenticulas alternas irregulares de:

1. Material negro homogéneo con lustre vítreo brillante.
2. Material estriado, menos brillante y negro grisáceo de ordinario con lustre sedoso.
3. Bandas o lenticulas, generalmente más delgada de partículas pulverulentas o fibrosa de carbón bituminoso fibroso. La diferencia de brillo o lustre de las bandas es mayor en los carbones bituminosos.

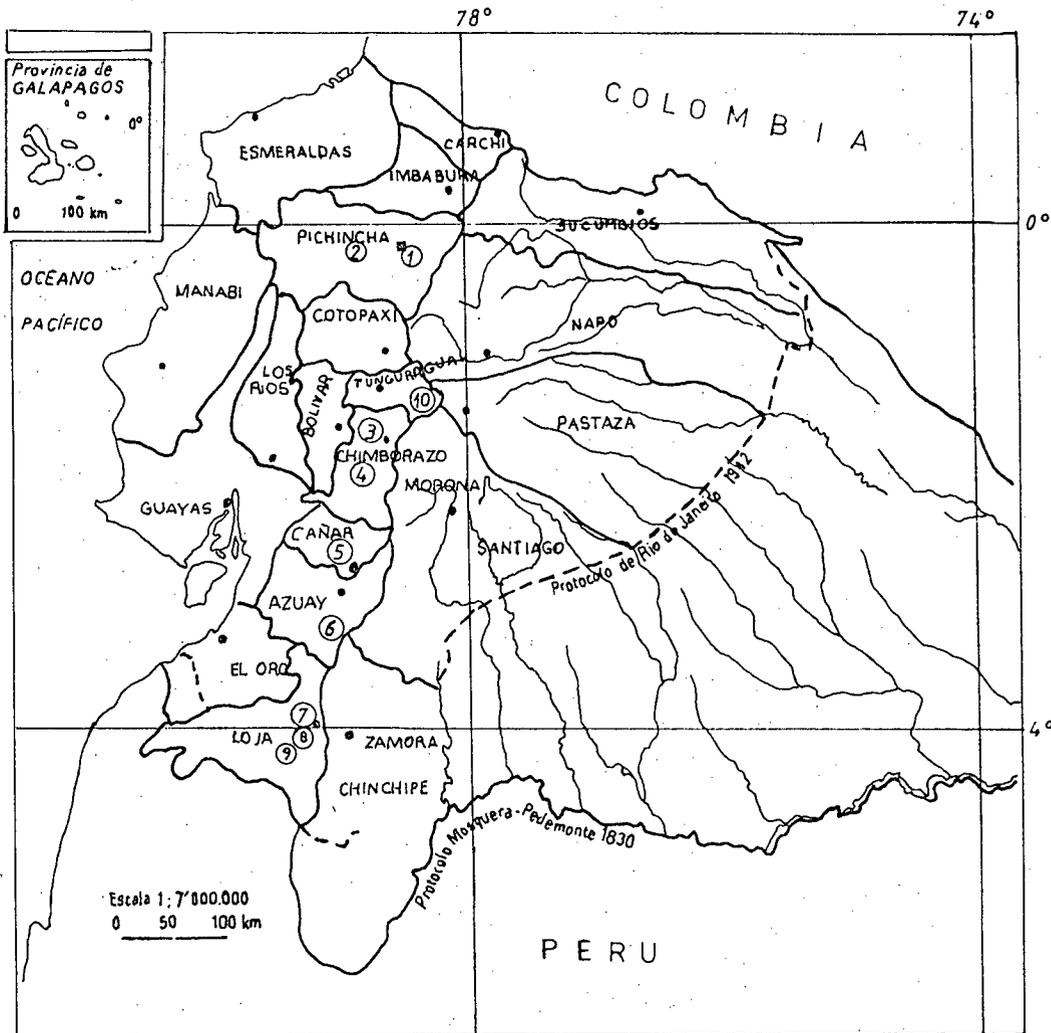
b. Carbón bituminoso duro (Splint coal).- Variedad de los carbones bituminosos y sub-bituminosos que tienen comúnmente un lustre mate y un color negro grisáceo y es de estructura compacta, conteniendo a menudo algunas bandas irregulares con lustre vítreo; es duro, tenaz y se rompe con fractura irregular hasta, y a veces astillada, arde con facilidad y no se hincha cuando se calienta.

- c. Carbón mate o de bujía (Cannel coal).- Variedad de los carbones bituminosos y sub-bituminosos de textura compacta y uniforme de granos finos, careciendo de estructura bandeada; su color es de gris oscuro a negro con lustre grasiento y su fractura es concoidea. No se apelmaza, rinde un gran porcentaje de materia volátil, se enciende fácilmente y arde con llama humeante y bituminosa.
- d. Carbón boque (boghead coal).- Variedad de los carbones bituminosos y sub-bituminosos parecidas en su aspecto y comportamiento en la combustión al carbón de bujía. Se caracteriza por un alto porcentaje de restos de algas y materia volátil. En su destilación de rendimientos extraordinariamente altos de alquitrán y aceite.

2.3. EL CARBÓN EN EL ECUADOR Y LA PROVINCIA DE LOJA

A los yacimientos de carbón que existen en el Ecuador y en la provincia de Loja, dirigimos nuestra mirada a los que por métodos convencionales de exploración son antieconómicos y aquellos que sirven para obtener combustibles líquidos o gaseosos a partir de carbones

UBICACION DE CUENCAS CARBONIFERAS DEL ECUADOR (SITIOS ESTUDIADOS)



- 1. SAN ANTONIO DE PICHINCHA
- 2. NONO NANEGAL NANEGALITA
- 3. SASAPUD Y PUCARUMI
- 4. DERRUMBE Y SIBAMBE
- 5. BIBLIAN AZOGUEZ
- 6. NABON
- 7. LOJA
- 8. MALACATOS
- 9. QUILANGA
- 10. RIO TIGRE Y NERA

— Limite Provincial
 ■ Capital del Estado
 • Capital Provincial

MAPA N° 1

impurificados con azufre y cenizas son los aconsejables para aprovechar nuestros yacimientos tildados por estudios y experiencias anteriores, de no ser económicamente explotables.

Yacimientos de carbón conocidos en el rango de Lignito se encuentran en 10 lugares del país: los más importantes, por su volumen, son: los de las cuencas Cañar-Azuay y Loja-Malacatos; los otros están en Cariamanga (Loja), Nabón (Azuay), San Antonio (Pichincha) y en la provincia del Chimborazo, los de Pepelí, Alausí y Palmira.

Seguidamente se va a detallar los yacimientos más importantes:

YACIMIENTO DE CAÑAR-AZUAY

Características

Los afloramientos de lignito se exhiben en una extensión de 25Km, desde el norte de Biblián hasta el río Sidcay, próximo a la población de Ricaurte. Arman los estratos en la formación Mangán, constituida principalmente de lutitas de edad dudosa Miocena.

Dos sistemas de estratos no continuos, paralelos separados de 500 a 700m, entre si y denominados sistema Washington y Cañari, conforman el yacimiento: el primero estratigráficamente debajo del segundo.

Tres estratos de Lignito con intercalaciones de lutitas y arenisca, se hallan en el sistema Washington. Su rumbo es aproximadamente N - S y su buzamiento fuerte llega hasta los 70° E. La potencia sumada de los tres estratos es de 1 a 1.50m. Otros estratos angostos se hallan repartidos en una zona de 50m de espesor, vecina al anterior.

El sistema Cañari consta de un estrato principal que varia en su potencia de 2 a 5 metros, tiene rumbo y buzamiento similares a los del primer sistema y de igual manera tienen intercalaciones de lutitas y arenisca. Fallas y pliegues afectan fuertemente al yacimiento, a tal punto que las cajas son débiles y el carbón se muestra triturando en muchos lugares.

Cabe señalar que estas características fueron determinantes para que la tonelada de carbón extraído de la mina San Luis, actualmente abandonada por la empresa industrial Guapán S.A. costará 21 dólares; valor elevado que impidió que fuera utilizado en el

funcionamiento de una planta termoeléctrica que se proyectaba montar cerca de Cuenca y que iba a consumir 200.000 toneladas de Lignito por año.

En este lugar se han realizado varios estudios, según Pierre Management Corporation, 1946; las reservas medidas o seguras no pasan de 50.000 toneladas.

Según los cálculos de Luther Yantis, 1943, de acuerdo a sus cálculos arroja un valor de 22,5 millones de toneladas.

Las NN.UU. en 1968 estimó que las reservas son del orden de 15 a 20 millones de toneladas.

YACIMIENTOS EN LA PROVINCIA DE LOJA

En la provincia de Loja existen 7 lugares donde afloran los yacimientos de carbón a los cuales describimos y tenemos los siguientes: mina Rodríguez, mina San José, Quebrada Zamora, quebrada Santo Domingo, Quebrada Cobalera, Quebrada Naranjo Dulce y Quilanga.

en la mina Rodríguez y San José, no se encontraron

los afloramientos, en tanto que la quebrada Zamora y Q. Naranjo Dulce; las averiguaciones realizadas por el proyecto "Identificación de los carbones del Ecuador y su utilización futura" proyecto auspiciado por el CONUEP, no confirma la presencia de carbón.

Los afloramientos de las quebradas Santo Domingo, Cobalera y la Merced pertenecen a la cuenca de Loja, los mismos que corresponden a rocas Miocénicas de la formación San cayetano que consiste principalmente de Areniscas finamente estratificadas, limolitas, lutitas, sílices, lutitas calcáreas, mantos de carbón, estratos delgados de conglomerados y capas guijarrosas.

El afloramiento de Quilanga se encuentra en la cuenca de Gonzanamá del Paleoceno, que consiste en una secuencia de sedimentos y volcánicos intercalados.

1. Nudo de Cajanuma

Se encuentra ubicado en la Cuenca de Loja, aproximadamente a 11 Km. de la ciudad de Loja en la vía Loja Malacatos.

Encontramos afloramientos de capas decimétricas a centimétricas de lutita parda y lutitas grises carbonosas, donde ocurren intercalaciones

centimétricas y decimétricas de carbón de las cuales la capa más importante alcanza 0.6 m.

2. Quebrada Santo Domingo

Los afloramientos de carbón se encuentran aproximadamente a unos 300m aguas arriba de la intersección de la Q. Santo Domingo y la Cobalera en la cuenca de Malacatos.

3. La Merced

Se encuentra aproximadamente a 3.5 Km de San Agustín siguiendo la vía La Merced-San Agustín, en la cuenca de Malacatos. El afloramiento consiste de Lutitas pardo plegadas donde se encuentra intercalada una capa de carbón de 0,3 m de carbón.

4. Quilanga

Está ubicada en la vía Gonzanamá-Quilanga a unos 10.4 Km. al sur de Gonzanamá, en la cuenca de Gonzanamá.

3. SITUACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICO DEL PROYECTO

3.1. UBICACIÓN Y ACCESO

El lugar de trabajo se encuentra ubicado en el valle de Malacatos, el mismo que se localiza a 32 Km. de la ciudad de Loja, en dirección sur; el sitio de trabajo está a unos 8 km. de distancia aproximadamente, en dirección noroeste de la población de Malacatos en el lugar comprendido entre las quebradas La Cobalera y Santo Domingo.

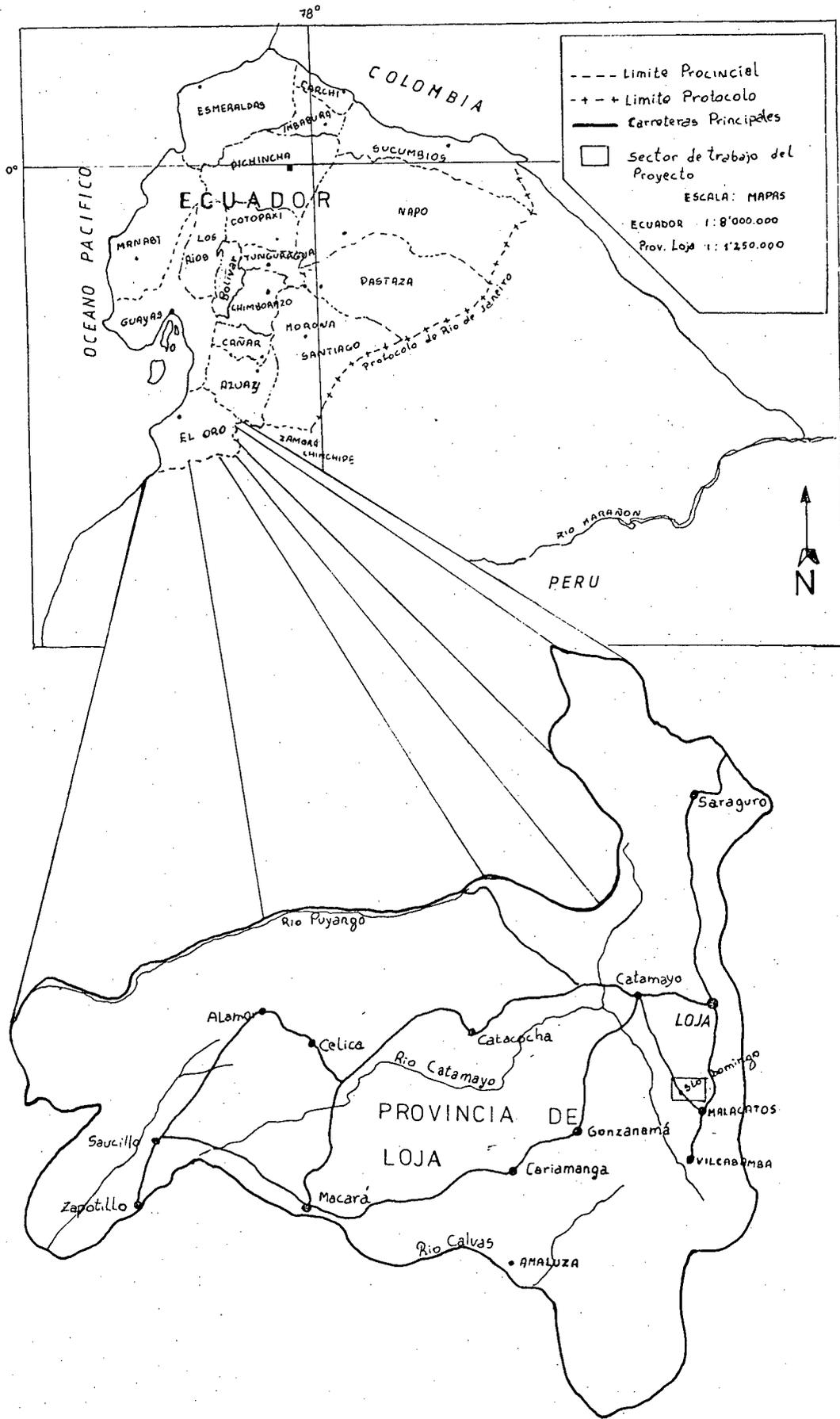
Además este lugar está junto al pequeño caserío llamado Santo Domingo. Como otro aspecto importante podemos hacer notar la presencia de una carretera que pasa a un lado de este lugar, que es la vía que conduce a El Tambo.

Con respecto al acceso podríamos decir que no existe ningún problema y se encuentra con las mejores condiciones para realizar éste.

Para dirigirnos al sitio de trabajo en primer lugar encontramos una carretera de primer orden entre la ciudad

UBICACION GEOGRAFICA

MAPA N° 2



de Loja y la población de Malacatos. Luego tenemos una carretera de segundo orden que va desde la población de Malacatos a la población del Tambo, y a una serie de pequeños poblados y caseríos.

Desde la población de Malacatos dirigiéndose en vehículo toma un tiempo aproximado de 15 minutos, de allí el ingreso al lugar de trabajo lo hacemos a pie hasta encontrarnos con las quebradas antes indicadas que es donde se encuentra el yacimiento.

3.2. MORFOLOGÍA Y SISTEMAS DE DRENAJE

El relieve en esta región es montañoso, con altitudes que varían de 1.200 a 3.700 m.s.n.m., teniendo como principales elementos a las cordilleras oriental y occidental de los Andes que son los que predominan en altura, pero sin lugar a dudas donde alcanza mayor elevación es la cordillera suroriental de Los Andes; así tenemos la cordillera del Buitre que alcanza los 3.695 m.s.n.m. y la cordillera de Paredones que alcanza los 3.617 m.s.n.m. Su relieve es muy complejo, existe la presencia de picachos, junto a depresiones muy abruptas.

Por otro lado, en la cordillera occidental como más

destacada elevación tenemos al Villonaco con una altura de 2.946 m.s.n.m. Aquí las elevaciones y depresiones son más moderadas; por su puesto sin dejar de ser complicadas y de considerable altura.

En segunda instancia en esta región tenemos la presencia de dos cuencas muy importante que son la de altura sobre el nivel del mar que la primera. Es así la población de Malacatos se encuentra sobre esta cuenca está a 1.539 m.s.n.m., pero la población que se encuentra aún a menor altura es la de La Toma a 1.181 m.s.n.m. que es aparentemente el lugar menos elevado de esta región.

Ya introduciéndonos más al lugar de trabajo nos referiremos directamente a la cuenca de Malacatos que es de una considerable extensión. Dentro de ésta podemos encontrar una serie de pequeñas elevaciones que no la hacen mayormente complicada a la morfología del terreno.

Una de ellas es muy clara y se encuentra aislada como es el caso del cerro Minas, la misma que se encuentra desconectada de la cadena montañosa; podríamos decir que dentro de la cuenca de Malacatos, esta elevación junto con el cerro Mandango serían los más importantes ya que cuentan con 1.800 m.s.n.m. y 2.022 m.s.n.m. respectivamente, siendo de absoluto predominio.

Pasando a los sistemas de drenaje, principales o primarios en esta región podemos nombrar los siguientes:

En primer lugar empezando por el oriente tenemos la presencia del río Bombuscara que va en dirección sur-norte para ir a desembocar en el río Zamora, luego ya en la cuenca de Malacatos tenemos la presencia de otro drenaje muy importante que es el río Malacatos y su curso es norte-sur, y he aquí una cuestión interesante; es la del cambio de curso, esto seguramente se debe al diaclazamiento que se encuentra en dirección norte-sur, contraria seguramente a la que se encuentra allá en el río Bombuscara.

Como tercer drenaje de importancia tenemos el río que nace con el nombre de Piscopamba para luego tomar el nombre de Solanda y seguidamente el nombre de Chinguilamaca para finalmente tomar el nombre de río Catamayo. Estos cambios de nombre se producen en una distancia no mayor a 40 Km., este río fluye en dirección sur-norte.

Como drenajes secundarios tenemos los afluentes que alimentan a los anteriormente nombrados como principales, es así que los drenajes que alimentan al río Bombuscara van en dirección oeste-este, mientras que los afluentes

que alimentan al río Malacatos van de dirección este-oeste, siendo estos la mayoría y habiendo unos pocos en dirección contraria.

A continuación los afluentes que alimentan al tercer drenaje principal es el río conformado de varios nombres (Fiscopamba, Solanda, Chinguilamaca, Catamayo), el mismo que es alimentado por afluentes que van en ambas direcciones este-oeste y oeste-este, siendo alimentados mayormente por los drenajes que van en dirección de este último.

Dentro del lugar de trabajo en la cuenca de Malacatos, y dentro del polígono de trabajo tenemos la presencia en primer lugar de la quebrada Santo Domingo que se dirige de este a oeste, la misma que va a desembocar en el río Solanda. Además a esta quebrada se unen otras pequeñas como son: la quebrada Jaboncillo, la quebrada Picota y la quebrada La Cobalera, las mismas que se dirigen de norte a sur; aquí la presencia de agua relativamente es poca.

3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

En primer lugar, por encontrarse el sitio del

proyecto dentro de la sierra austral ecuatoriana, nos referiremos a lo complejo que se presenta el clima, quizás por su geomorfología complicada que hace que encontremos dentro de esta región dos clases de clima bien marcados, así tenemos, en primer lugar, un clima subtropical seco, que comprende las mesetas y valles entre los 1.700 y 500 m.s.n.m., así tenemos como ejemplo las poblaciones de Malacatos, Vilcabamba, etc.

Por otra parte tenemos el clima templado andino, que comprende la cuenca alta del Zamora donde se asienta la capital provincial de Loja. Las mesetas y pequeños valles que se encuentran sobre los 1.700 m.s.n.m. siendo un clima netamente serrano, de igual manera parte de la cordillera oriental conserva el clima antes nombrado, pero en las partes más bajas podemos encontrarnos con un clima cálido húmedo asemejándose al amazónico.

Ya refiriéndonos más concretamente, el clima que se presenta en el lugar de trabajo que en este caso es la cuenca de Malacatos nos encontraríamos con un clima subtropical seco, donde la temperatura normal se registra durante el día de 20 a 25°C, y descendiendo en la noche bajo los 20°C, pero la temperatura generalmente es estable.

Con respecto a las precipitaciones, solo se las tiene algunos meses del año; desde el mes de junio, mes de diciembre casi no las hay, tornándose más seco el clima, pero el resto del año las lluvias son normales; pero podríamos resumir que la pluviosidad promedio anual estaría entre 1.000 y 600 mm.

En lo que se refiere a la vegetación en esta región, tenemos que en el clima subtropical seco encontramos bosque de tipo seco premontano, el cual en su mayoría es escaso y disperso. Por otro lado dentro del clima templado andino tenemos una variada vegetación dentro del que denominamos bosque nublado, el mismo que puede estar compuesto por coníferas autóctonas e introducidas, helechos y orquídeas, sauces y alisos, capulies, eucaliptus; además tenemos otras especies vegetales oriundas de esta región como de tamarindo o tomate de árbol, babaco o chamburo y la sinchona o cascarilla.

Con respecto a la vegetación sobre la cuenca misma, y por ser un sector netamente agrícola, predominan la caña de azúcar y el tabaco como principales. Además tenemos pequeñas plantaciones de banano, café, maíz y plantaciones frutales.

Ya en las partes más elevadas e irregulares donde se

encuentra el área de estudio, por no ser muy aptas para la siembra podemos encontrar pequeñas chacras de maíz y una variedad de vegetales propios del lugar como son: algarrobos, cactus de varias especies, faiques, buganbillas y otros.

3.4. SITUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA ZONA

Para referirnos a este punto, podemos decir que la economía se mueve sobre la base de la agricultura y ganadería, luego gracias al comercio y la industria.

Con respecto a la agricultura, como más importante tenemos: el cultivo de café, caña de azúcar, tabaco, maíz, tubérculos y frutales. A pesar de que esta región cuenta con una topografía compleja, no ha impedido que se realicen cultivos no sólo en las mesetas y valles, sino en las laderas y partes altas de las montañas.

Los campesinos llevan su producción a la capital provincial que es Loja para ofrecer sus productos. En lo que se refiere a la ganadería cuenta aproximadamente con 305.000 hectáreas destinadas para pastos y se hallan repartidos en los cantones de Loja, Gonzanamá y Saraguro., produciendo ganado de tipo porcino, vacuno, caprino y ovino.

Al referirnos a la industria, podemos decir que las más importantes están relacionadas directamente con la agricultura y la ganadería; es así que existe la industria de embutidos cárnicos, de elaboración de productos lácteos, de procesamiento de madera, además se cuenta con un ingenio azucarero.

Con respecto al comercio lo tenemos concentrado en la ciudad de Loja, donde un gran porcentaje de personas se dedican a este oficio, comercializando muchas clases de productos.

Dentro de la zona de trabajo que es la parroquia de Malacatos, la economía se mueve en base a la agricultura. La mayoría de su población está compuesta por agricultores; aquí se produce la caña de azúcar, tabaco, café, maíz, yuca, camote, árboles frutales como naranja, lima, limón, aguacate, bananos y otros.

Además, aprovechando la presencia de arcillas y del carbón, existen personas que se dedican a la pequeña industria como son: las fábricas de ladrillo y teja.

4. GEOLOGÍA REGIONAL

4.1. ESTRATIGRAFÍA

La zona de interés se encuentra en la sierra austral del Ecuador, donde tenemos rocas que van desde el Paleozoico hasta el Mio-Plioceno. (Ver mapa Nro. 3)

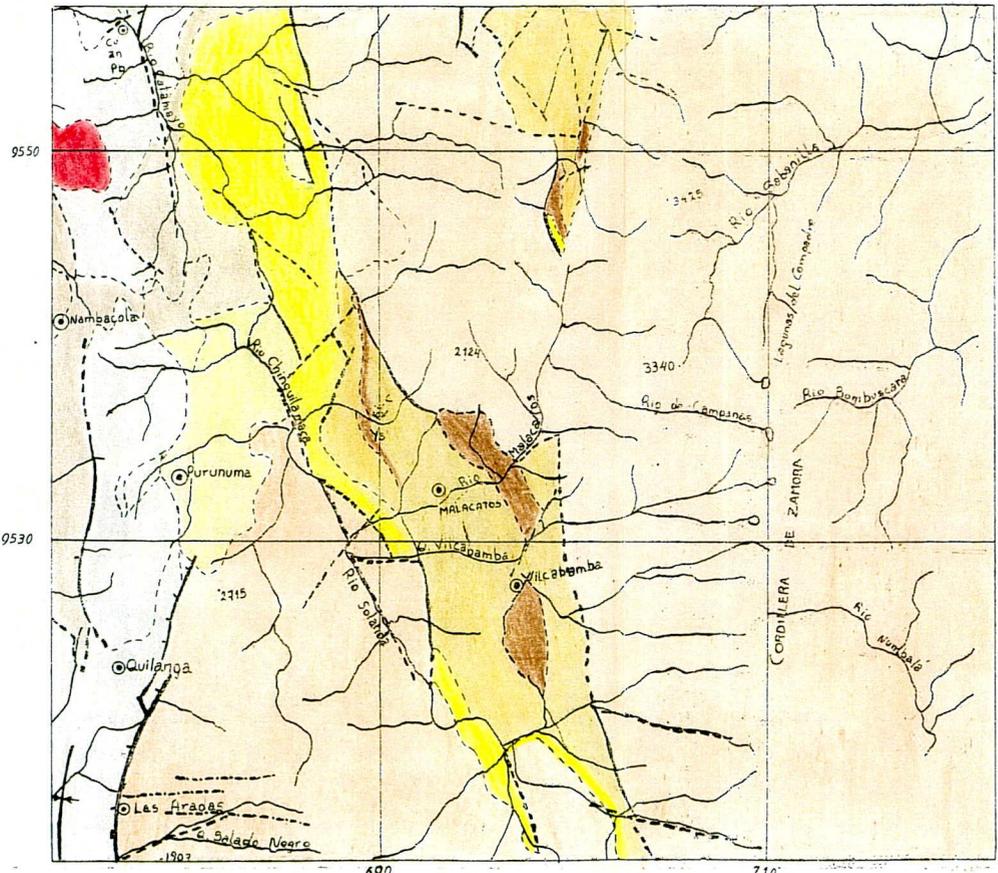
Serie de Zamora

Se encuentra localizada al este y oeste de la hoja geológica de Gonzanamá ocupando un 60% de ésta. Esta formación está constituyendo la cordillera de los Andes y contiene principalmente: filitas, cuarcitas, micaesquistos. Las cuarcitas predominan al oeste de Loja, además los esquistos grafiticos son notables. Se puede hacer notar la presencia de muscovita y biotita en este tipo de rocas.

El espesor de esta formación no es posible determinarla, pero se calcula en miles de metros. La serie Zamora data de la era Paleozoica.

Formación Piñón

Se encuentra al oeste de Nambacola, y su extensión



LEYENDA

	COLADAS Y TOBAS DE ACIDO E INTERMEDIO	GRUPO CHINCHILLO DE LOJA Y MALACATOS	TERCIARIO
	CONGLOMERADOS, ARCILLA SILTOSA Y (CARBON MIOCENO) TOBAS, AGLOMERADOS Y LAVAS.		
	ARCILLA SILTOSA Y ARENISCA (MAESTRICHTIANA)	GRUPO GONZANAMA	MESOZOICO
	ANDESITAS TOBAS Y AGLOMERADOS	GRUPO SACAPALCA	
	GNEIS, ESQUISTOS Y FILITAS	SERIE ZAMORA	PALEOZOICO
	DIORITA-GRANDIORITA		

SIMBOLOS

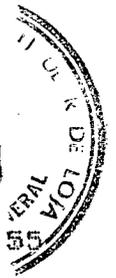
	CONTACTO		EJE ANTICLINAL
	FALLA		EJE SINCLINAL
	FALLA INFERIDA		SITIO DE MINERAL
	FALLA DE CORRIMIENTO		CIUDAD
	RIO		MINA

ESCALA: 1:250000



- Formación Quillalaco
- Formación San Cayetano
- Formación Trigal
- Formación Loma Blanca
- Formación Gonzanamá
- Formación Sacapalca
- Formación Piñón

Contiene: GEOLOGIA REGIONAL (Mapa copiado por Kennerley 1970)		
ESCALA: 1:250000	Realizado por Ego ARTURO JIMENEZ L	Revisado por Ing. Carlos Salinas
Fecha: 12-03-93		MAPA No 3



aproximada es de 13 Km. y su ancho de 3 km, asemejándose su forma a una cuña, está constituida por andesitas porfiríticas, verdosas que contienen fenocristales feldespáticos de más de 6 mm. de diámetro. En la quebrada Santal aparece una capa aislada de lutita negra de varios metros de espesor que está interestratificada en los volcánicos de la Formación Piñón. Esta Formación pertenece al Cretácico.

Formación Sacapalca

Esta Formación está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas, lo que rellena una fosa tectónica, alineada de norte a sur de cerca de 25 Km de ancho, la misma que se extiende fuera del borde occidental de la hoja.

Las lavas son andesíticas porfiríticas de color café castaño o gris, en contraste con las andesitas verdes de la Formación Piñón. Estas son ricas en fenocristales de Andesita - Labradorita. Los minerales máficos incluyen algunas lavas basálticas; los piroclásticos son tobas andesíticas con tobas aglomeráticas subordinados. El espesor de esta Formación es desconocido porque está limitado por fallas, pero se ha deducido que tiene varios miles de metros.

Formación Gonzanamá

La Formación Gonzanamá se encuentra en una franja estrecha a lo largo del borde oriental de la fosa ocupada por la formación Sacapalca, y tiene una extensión aproximada de 25 Km². Es una secuencia de sedimentos y volcánicos intercalados. Los sedimentos están bien estratificados en capas de 2 a 30 cm. de espesor y consisten de lutitas predominantemente negras y limolitas con areniscas y arenas de grano grueso.

Estratos de Chert y concreciones calcáreas aparecen en las lutitas y capas delgadas de caliza se encuentran a lo largo del camino de Nambacola. Un conglomerado basal y rizaduras de areniscas afloran en la escuela Jerinoma.

La Formación Gonzanamá descansa sobre la Formación Sacapalca con una concordancia aparente en Gonzanamá y Jerinoma, pero en otros sitios no se puede establecer la relación.

Está cubierta discordantemente por la Formación Loma Blanca y las porfiritas Purunuma, en la cuenca de La Toma. Esta Formación viene del Paleoceno, y se estima que tiene por lo menos 1.000 metros de espesor.

Formación Loma Blanca

Los volcánicos de la Formación Loma Blanca afloran a lo largo de casi toda la cuenca de Malacatos, pero predominan al norte. Consiste en un aglomerado basal cubierto por una toba aglomerática y flujos de lavas. Los aglomerados contienen bloques de más de un metro de diámetro. Las tobas que llegan a ser dominantes al sur son generalmente amarillas y de composición andesítica.

Contienen abundantes cristales de cuarzo y fragmentos de filita de más de 4 cm. de diámetro. Un flujo de lava presente en la Formación es una andesita porfirítica con fenocristales de hipersteno y andesita en una matriz de vidrio ligeramente desvitrificada y cristales de magnetita.

Se estima que el espesor supera los 1.500 metros y su edad es del Oligoceno - Mioceno inferior.

Formación Trigal

La Formación Trigal descansa concordantemente sobre la Formación Loma Blanca. Está constituida por arcillas con capas delgadas de arenisca, limolita y toba. Las arci

llas contienen vetas de yeso y cristales de selenita impregnados de sulfuro. Los mantos de lignito se encuentran al tope de la Formación. El espesor de ésta es de 450 metros. La formación trigal en la cuenca de Loja está totalmente laminada. ésta pertenece a la edad Miocénica del Período Terciario.

Formación San Cayetano

Esta Formación descansa concordantemente sobre la Formación Trigal. Consiste en areniscas finamente estratificadas; limolita, lutita silicia, lutita calcárea, mantos de carbón, estratos delgados de conglomerados y capas guijarrosas.

Los mantos de carbón que llegan hasta 2 metros de espesor se los ha clasificado como sub-bituminosos o lignito. El espesor de esta Formación oscila en unos 700 m y data de la época del Mioceno.

Formación Quillollaco

Esta formación descansa discordantemente sobre las formaciones del terciario más antiguas. Está compuesta

principalmente de conglomerados con arenas de grano grueso, areniscas y limolita micacea, formando capas prominentes. El conglomerado es generalmente amarillento-café y forman componentes bien redondeados de 2 a 30 cm. de diámetro de cuarcita, cuarzo de vetas, filita y esquistos sericíticos derivados de las rocas metamórficas circundantes. Tiene estratificación gruesa y en la cuenca de Loja forma crestones pronunciados. El espesor aproximado es de 800 m. y pertenece a la época del Mio-Plioceno.

4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Dentro de la región existe la presencia de 3 unidades estructurales: así, la más antigua es de origen metamórfico, luego tenemos la de origen volcánico que está compuesta por las siguientes Formaciones: Formación Piñón, Formación Sacapalca y Formación Gonzanamá; y finalmente la tercera unidad estructural que es la más joven y de origen sedimentario. Está conformada por la Formación Loja Blanca, Formación Trigal, Formación San Cayetano, y por la Formación Quillollaco.

a. En la primera unidad estructural de edad Paleozoica está compuesta al este y oeste de Loja por filitas, cuarcitas y micaesquistos. Un gneis biotítico-muscov

vítico de grano medio a grueso, se encuentra al oeste de Vilcabamba. El rumbo de foliación es generalmente NNE y las rocas están plegadas isoclinalmente siguiendo ejes de dirección similar a la foliación. Los ejes de plegamiento son pocos, pero los registrados presentan una inmersión suave hacia el norte.

- b. Al referirnos a la segunda unidad estructural, tenemos en primera instancia a una pequeña Formación llamada Piñón, de edad Cretácea compuesta por andesitas y una capa de arcilla. Diríamos que es un paquete estructural de origen volcánico que no presenta mayor complejidad en su estructura, dentro de la misma unidad tenemos la presencia de las filitas de Zambí que se encuentran en un bloque fallado, casi junto a la Formación Piñón, o sea en dirección norte; luego existe la formación Sacapalca del Paleoceno y está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas y rellena una fosa tectónica alineada de norte a sur de cerca de 25 Km de ancho.

Al sur se presentan plegamientos de ejes NNW, pero generalmente las capas buzcan al este. El espesor de la Formación es desconocido porque está limitado por fallas. Con respecto a la Formación Gonzanamá, esta

se encuentra en una franja estrecha a lo largo del borde oriental de la fosa ocupada por la Formación Sacapalca, la misma que está compuesta por arcilla, limolita, arenisca, caliza y por unas pequeñas capas volcánicas, la secuencia buza al este pero localmente, estratos contosionados sugieren un hundimiento intraformacional.

La Formación Gonzanamá descansa sobre la Formación Sacapalca con concordancia aparente en Gonzanamá y Gerinoma. En general decimos que hay un sistema de bloques fallados por hundimiento al oeste y se inclina al este.

- c. Al referirnos a la tercera unidad estructural que es la sedimentaria podríamos decir que los sedimentos en las cuencas de Malacatos y Loja generalmente buzan al este, pero existe un plegamiento moderado a fuerte, y el estrato está aun volcado cerca de Picota. Por fallamiento también se repite parcialmente la secuencia en las dos cuencas.

El plegamiento implica fuerzas compresionales y el estrato volcado cerca de Picota sugiere que las fallas a lo largo del lado oriental de las cuencas pueden ser fallas inversas altamente inclinadas.

4.3. GEOMORFOLOGÍA

Dentro de esta región es fácil darse cuenta que en las 3 unidades estructurales que tenemos, la morfología es diferente. Es así:

- a. En primer lugar se puede destacar dentro de la serie Zamora, que por su origen metamórfico y por estar conformado por una roca dura como son los esquistos, el terreno alcanza considerables alturas (hasta los 3.800 m.s.n.m.), la superficie es escarpada y muy regular, dándole la forma de "V". Este lugar carece totalmente de superficies planas.

Además es muy claro observar la secuencia clara de las cadenas montañosas, las mismas que están dirigidas de Norte a Sur-oriente.

Las partes más tendidas se encuentran a menor altura junto a los picachos, los mismos que han sido originados por la meteorización de estas rocas.

Como hablamos anteriormente acerca de su forma (V), han dado lugar a formación de lagunas, las mismas que se encuentran en la parte de mayor elevación de esta zona.

- b. En la siguiente unidad estructural se puede observar un terreno de un relieve menos pronunciado que el anterior; esta es una formación de tipo magmático y su diferencia de cota fluctúa entre los 1.500 y 2.900 m.s.n.m.

Dentro de esta formación no existe elevaciones que se destaquen por su altura, sino que todas éstas conservan una constante elevación. Además existe superficies no muy accidentadas, las mismas que presentan una forma cóncava y convexa, en las cuales se observa una meteorización más fuerte y con más plegamientos.

Estas Formaciones se encuentran integrando la cadena montañosa occidental.

- c. Finalmente existe la tercera unidad estructural, que es la sedimentaria y que lógicamente va a ser un terreno de bajo relieve y bastante plegada, hallándose principalmente conformado por conglomerados, areniscas y arcillas. Las cotas van desde los 1.300 a los 2.300 m.s.n.m.

Las partes más tendidas o planas se encuentran junto a las riberas de los ríos formando de esta manera el valle de Malacatos, mientras que las partes más

elevadas se encuentran cerca de las Formaciones antes indicadas (La parte montañosa). Estas elevaciones muestran en cierta forma los rasgos claros de meteorización permanente, es así que las formaciones arcillosas muestran formas raras.

5. GEOLOGÍA LOCAL

5.1. INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE LA ZONA DE TRABAJO

Para llevar a cabo el estudio del polígono de trabajo por medio de la fotointerpretación, hemos utilizado los siguientes instrumentos y materiales: Un estereoscopio de espejos (TOPCOM), un par de fotografías aéreas traslapadas, micas y marcadores de varios colores.

A este estudio se lo ha dividido en 3 partes: el drenaje, relieve y la estructura.

Además hemos tenido la oportunidad de realizar este mismo estudio en el equipo de fotorestitución computarizado, para lo cual los resultados los podemos observar en los anexos

a. Estructura (Ver lámina Nro.1)

a.1. Contactos

Por las características antes observadas en el relieve, específicamente por las tonalidades que

muestra, encontramos la presencia de unos 5 posibles contactos, es así en primer lugar encontramos los dos contactos que separan las rocas duras de las suaves, y estos se sitúan en el lado este y oeste de la fotografía. Estos contactos se extienden de sur a norte.

Dentro del grupo de las rocas suaves encontramos dos posibles contactos que se encuentran paralelos y en dirección SE - NW. Este grupo de rocas suaves es posible que su origen sea sedimentario. Además aquí nos llama la atención la presencia de unas manchas gris claro a blancas de mediana dimensión, las cuales muestran claramente que están formando estratos.

Existe un quinto contacto en la parte noroeste de la fotografía y es en forma un tanto circular. Es posible que se trate de un flujo volcánico.

a.2. Fallas

Con respecto a éstas nos hemos basado principalmente en las líneas rectas que se pueden

observar sobre el relieve. Es así como una de las principales posibles fallas, es la que sigue el curso del río Solanda y se puede observar más adelante que ésta es cortada transversalmente por otra posible falla.

Por otro lado, existe la posibilidad de tener la presencia de dos fallas más que se encuentran así mismo un tanto paralelas y al lado este de la falla del río Solanda.

b. Relieve (Ver lámina 2)

Aquí en el relieve nos hemos basado nuevamente en las tonalidades que presentan las fotografías y las características de relieve que se pueden apreciar a través del estereoscopio.

Básicamente de acuerdo a las tonalidades nos hacen distinguir tres grupos de rocas; en primer lugar, rocas de un color gris oscuro que se encuentran al extremo este y oeste de la fotografía, mientras que los que presentan un color gris claro con manchas blancas se encuentran en la parte central de la fotografía, ocupando un 70% de la misma.

Ya observando a través del aparato, podemos darnos cuenta del relieve que así mismo presentan 3 grupos de rocas que las dividimos en rocas duras, rocas suaves y posiblemente flujos volcánicos.

b.1. Rocas Duras

Se encuentran en los extremos este y oeste de la fotografía, y nos dan a pensar que se trata de rocas duras principalmente por las características que presentan. Es así: elevaciones un poco pronunciadas y filudas, con lo que sacamos la conclusión de que se trata de rocas resistentes, además, algunas de estas crestas forman ramales, los mismos que se encuentran ordenados un poco en forma paralela en dirección este-oeste y casi todas estas se encuentran unidas a un ramal mas grande que se halla en la parte este de la fotografía.

Como dijimos anteriormente, estas rocas presentan hacia la parte oeste de la fotografía, la elevación de las montañas aumentan considerablemente. Las crestas son de igual manera filudas y pronunciadas. Estos ramales están conectados a un más grande que posiblemente se trate de la

cordillera de los Andes.

b.2. Rocas Suaves

A continuación encontramos en la parte central de la fotografía un grupo de rocas que representan un relieve en la cual la elevación es menor y presentan crestas bien redondeadas, lo que nos hace prever de que se trata de rocas de fácil erosión, además algunas de estas formaciones tienden a encontrarse en forma aislada, limitadas por quebradas o ríos bien marcados, por otro lado ya para la parte sur - este de la fotografía se puede observar parte del valle de Malacatos, el mismo que también está conformado este grupo de rocas.

b.3. Volcánicos?

En la parte extrema nor - oeste de la fotografía encontramos lo que posiblemente sean rocas de origen volcánico; es así como característica principal es la presencia de elevaciones un poco tendidas, además su tonalidad las viene a demarcar en una forma clara.

c. **Drenaje (Ver lámina 3)**

En primera instancia, basándonos en las tonalidades que presentan las fotografías, podemos darnos cuenta que los sistemas de drenaje presentan una coloración gris oscura con pequeñas manchas blancas y posiblemente se trate de la refracción que la luz produce sobre el agua en movimiento.

Otro medio para reconocer estos sistemas es la búsqueda de formas enraizadas, que lógicamente representan las quebradas y por consiguiente se unen a un tronco principal, que en este caso es el río en que desembocan. Por otro lado, a través del estereoscopio se puede distinguir fácilmente que están sobre un relieve negativo.

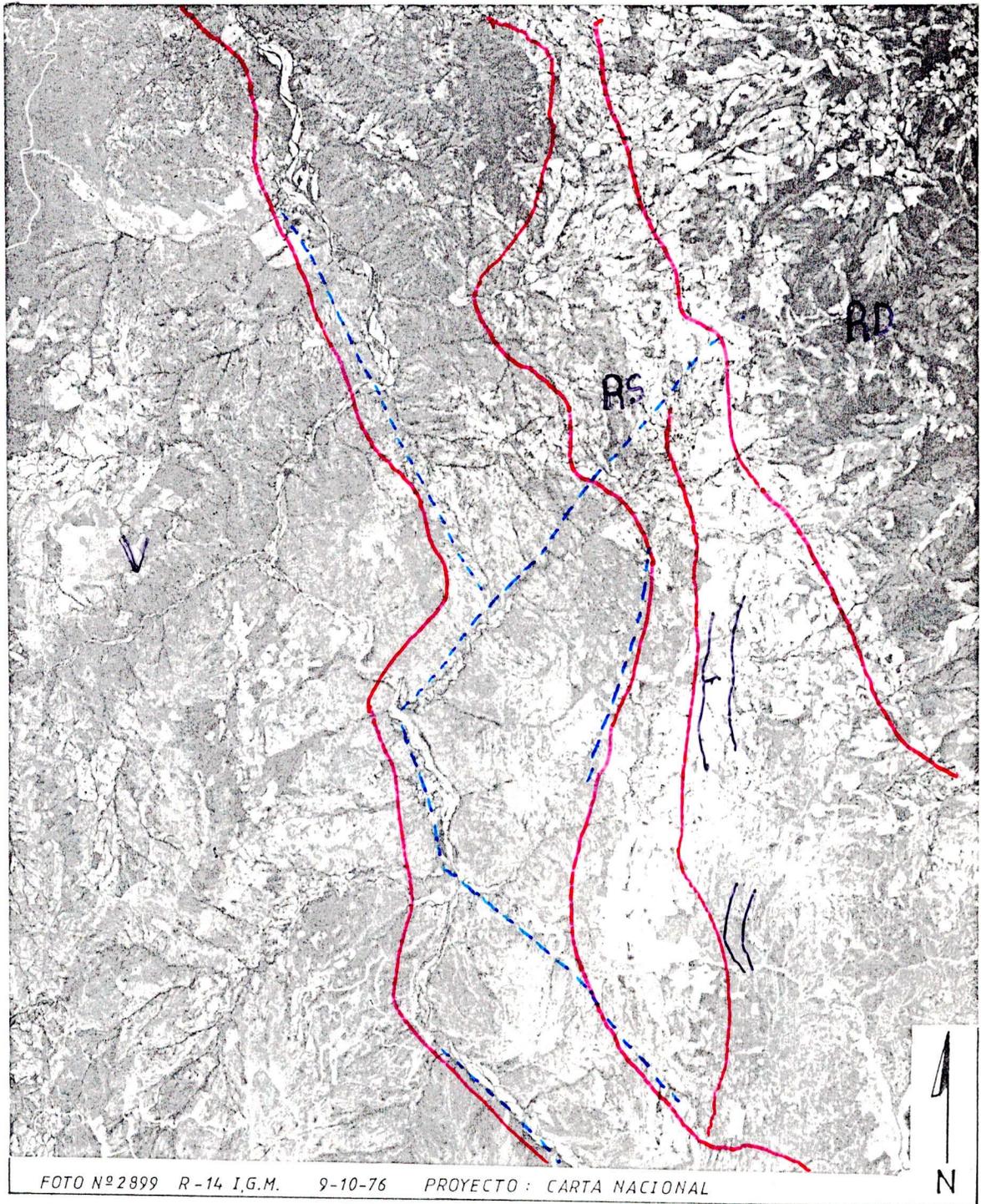
Ya una vez hecho los respectivos análisis, concluimos que el sistema principal fluvial se trata del río Solanda o Chuquiribamba y su curso va de Sur a Norte y como afluentes principales a éste, podemos nombrar al río Malacatos y una serie de quebradas como son: la San Miguel, Santo Domingo, etc.

Las quebradas que desembocan en el río Solanda, fluyen en dos direcciones, las que están al costado oeste,

INTERPRETACION GEOLOGICA DE FOTOGRAFIAS AEREAS DE LA ZONA.

a. ESTRUCTURA

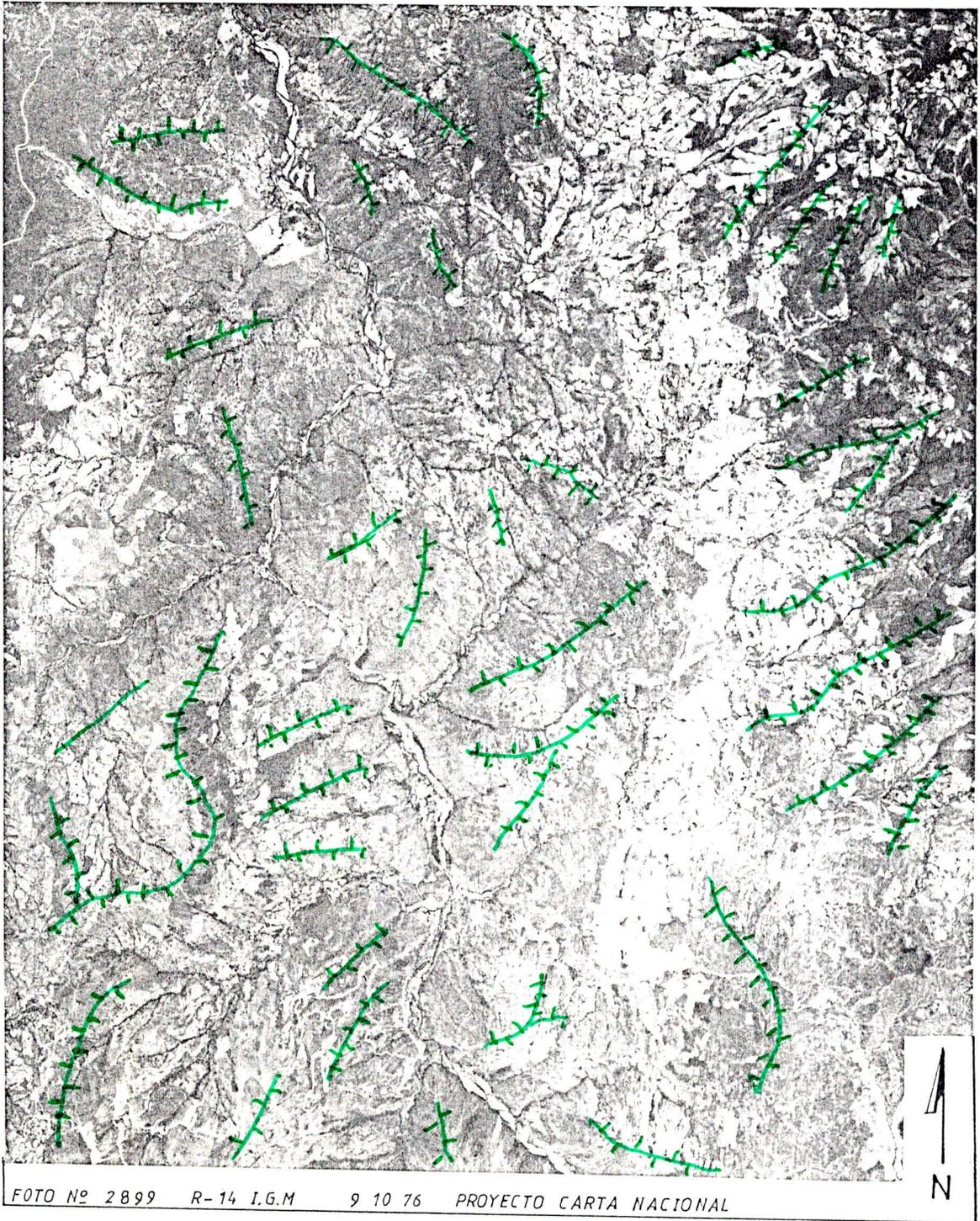
71



SIMBOLOGIA

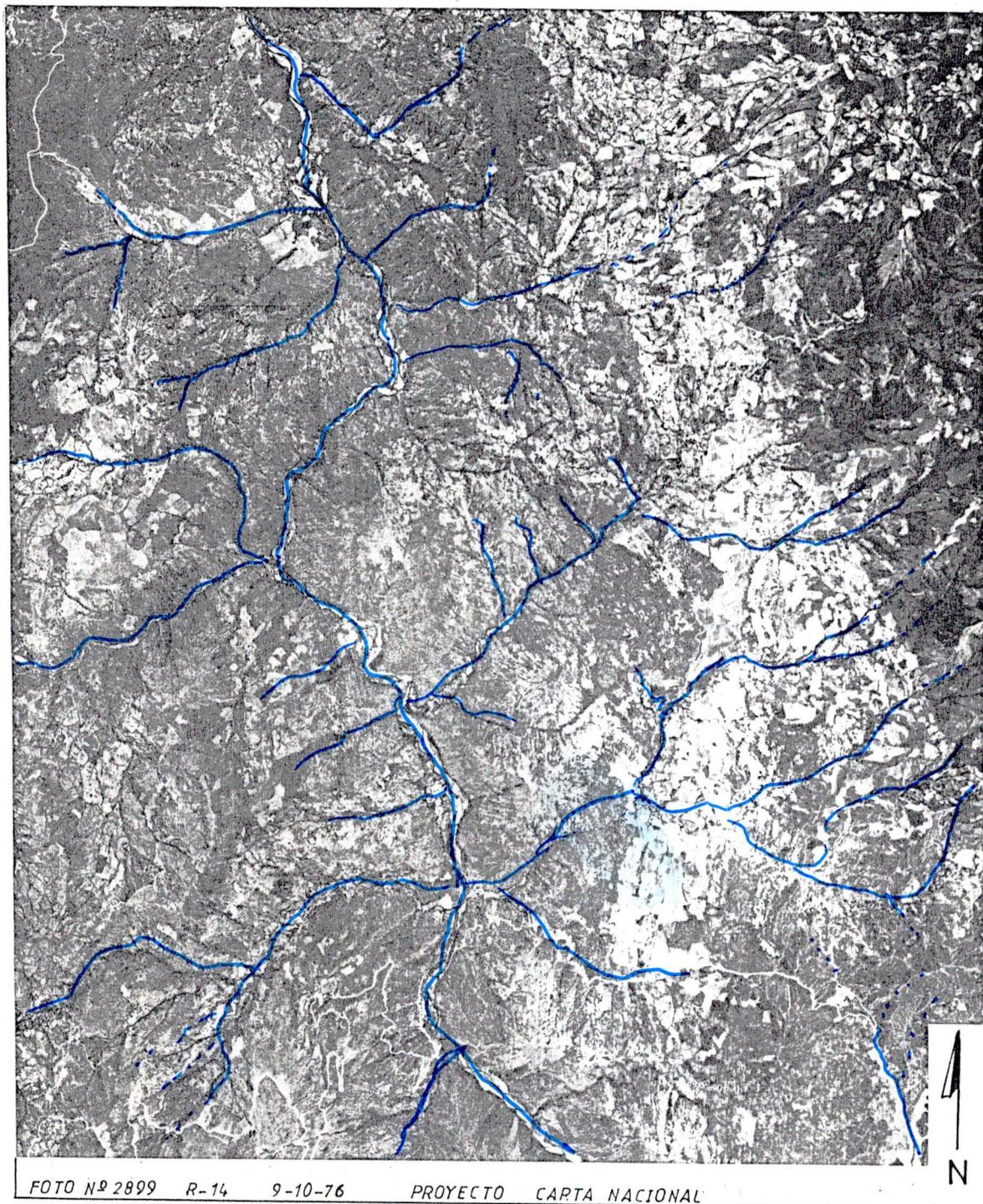
- | | | | | | | | |
|---|----------|---|-------|---|---------------|---|-------------------|
|  | CONTACTO |  | FALLA |  | ESTRAFICACION |  | RD — ROCAS DURAS |
| | | | | | |  | V — VOLCANICOS |
| | | | | | |  | RS — ROCAS SUAVES |

b. RELIEVE



CRESTAS DE MONTAÑA ———

c. DRENAJE



-  — RIOS
-  — QUEBRADA
-  — QUEBRADA INTERMITENTE

van en dirección este a oeste, mientras que las que se encuentran al margen oeste van en dirección oeste a este.

El drenaje dentro de la zona misma de trabajo, podemos decir que como principal tenemos la quebrada Santo Domingo. A ésta se unen las quebradas Jaboncillo, Picota y Cobalera. Hay que destacar que además tenemos la presencia de quebradas que en verano son totalmente secas, pero en invierno aumentan considerablemente su caudal.

5.2. ESTUDIO LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DE LA ZONA

Litología

En el corte litológico desde abajo hasta arriba tenemos la presencia de formaciones sedimentarias, las mismas que han sido denominadas con el nombre de series, las cuales que en orden de antigüedad van de 1 a 4. El estudio se lo ha realizado sobre la quebrada Santo Domingo, Cobalera y en la parte alta de entre las dos quebradas (Ver mapa Nro. 3 en Anexos)

Serie Nro. 1

Esta serie se encuentra ubicada dentro del mapa entre los puntos topográficos D, F y L en las dos quebradas.

Ya hacia la parte inferior de esta formación se observa limolitas grises en capas de arcilla, hacia arriba de este se observa el primer manto de carbón que tiene 1 m de potencia, este se encuentra un poco alterado, hacia la parte superior de este se puede observar capas de lutita negras, café y crema con pigmentaciones amarillas posiblemente se trate de mineralización de azufre, además es posible encontrar pequeñas escamas de yeso.

Al observar los componentes superiores de este manto, tenemos una secuencia de lutitas, de una coloración café claro junto a un manto de carbón con una potencia de 0,5-1 m, además se debe notar la presencia de pequeñas capitas de yeso intercaladas en las lutitas.

Hacia el corte alto de esta serie, es decir donde finaliza ésta, tenemos un estrato de considerable potencia, el mismo que no está compuesto totalmente por carbón, ya que tiene intercalaciones de lutitas bituminosas, este manto aflora en las dos quebradas antes mencionadas.

Es importante hacer notar que en este estrato es posible encontrar lentes de concreciones posiblemente de roca metamórfica, específicamente se las observa sobre la quebrada Cobalera.

En este estrato por no contar con el contacto inferior no hemos podido determinar su potencia pero se la ha calculado en más de 200 m.

Serie Nro. 2

Este estrato se encuentra ubicado en el mapa entre el punto topográfico D y B en la quebrada Santo Domingo, cruzando la parte alta de la montaña, el mismo que se vuelve estrecho hacia la parte de la quebrada Cobalera hasta cerca del punto topográfico L.

El tipo de roca que encontramos en éste es una limolita de una coloración amarillenta compactada con intercalaciones de arcilla interestratificada, con la presencia de un pequeño manto de carbón y todo esto formando un considerable estrato. La potencia para este estrato varía, es así que estaría entre los 10 a 25m.

Serie Nro. 3

Este estrato está ubicado entre los puntos topográfi-

cos A, B Y C en la quebrada Santo Domingo y M en la quebrada Cobalera, de manera que está cruzando la montaña.

En este estrato se ha podido observar que la lutita predomina con respecto a las limolitas, arcillas y además los estratos de carbón son de una potencia de 0,50m a 2m.

Hacia la parte baja de este estrato se puede observar un manto de carbón de aproximadamente 1m de potencia, ya hacia el corte superior de este yacen pequeñas capas de limolita junto con capas de lutita gris claro y a continuación se observa un manto de carbón de 60 cm de potencia con lutitas en este caso gris oscuro, en otro de los flancos de este manto su potencia varía de 1 - $\frac{1}{2}$ m y las lutitas bituminosas con pequeñas capas de carbón de unos 20 cm de potencia, que se nota la presencia de escamas de yeso cristalino.

Luego se puede observar la secuencia de limolitas, arcillas y lutitas bituminosas, aquí las lutitas presentan pigmentaciones amarillas que posiblemente se trate de mineralización de azufre.

Esta serie finaliza con la presencia de un manto de carbón en el cual se están realizando labores de explotación artesanal. Este tiene una potencia aproximada

de 2 m y está encajado hacia su parte inferior por arcillas compactadas con lutitas y hacia su parte superior por lutitas y areniscas.

Hay que resaltar además que en esta serie se determina la presencia de restos fósiles de vegetales los cuales se encuentra bien laminado.

Este estrato tiene potencia de aproximadamente unos 50 m.

Serie Nro. 4

Este estrato se encuentra ubicado hacia la parte alta montañosa aflorando desde la quebrada Santo Domingo.

Este es un tanto distinta a las demás series, aquí en primera instancia tenemos la presencia de limolitas y lutitas grises compactadas, notándose luego la presencia de pequeñas capas de yeso de 3 - 15 cm. Hacia la parte superior de esta formación podemos observar capas de limolita compacta y capas de yeso lechoso y cristalino de una potencia de 15 cm.

Tenemos que recalcar que dentro de esta secuencia de estratos, la serie Nro. 4 es la más joven.

La potencia para esta no ha podido ser determinada con exactitud por no contar con el contacto superior de ésta, pero se la ha calculado en más de 100 m.

Depósitos Superficiales

Al referirnos a los depósitos superficiales que se observa en primer plano, son los deluviales, estos se encuentran a lo largo de las quebradas Cobalera y Santo Domingo, sobre las partes más accidentadas, además aquí se puede observar claramente el proceso de meteorización por acción del viento, especialmente sobre las lutitas.

Ya sobre las quebradas es posible observar formaciones de terrazas las mismas que están conformadas por cantos de rocas posiblemente de origen metamórfico y estos se encuentran sedimentados por arcilla y arena, pero sobre la quebrada Santo Domingo estas terrazas contienen cantos de yeso lechoso y carbón, estos van de 0,5 - 10 cm de diámetro.

Sobre la quebrada Cobalera podemos notar la presencia de terrazas que se encuentran bastante elevadas con respecto al nivel de la quebrada, se las puede observar hasta unos 40 metros de altitud.

Por otro lado existe la presencia de conglomerados finos, los mismos que se encuentran conformados por el mismo tipo de roca que se encuentra en las terrazas.

Tectónica

una vez realizado el estudio litológico sobre el campo en las dos quebradas, queda determinado que las diferentes formaciones que afloran en cada uno de estas, pertenecen a una misma estructura o unidad estructural.

Durante el estudio geológico sobre la quebrada Santo Domingo, se pudo observar una posible falla que se encuentra frente al punto topográfico B, esta forma una escarpa pequeña de 1,5 m entre la carretera y la quebrada, la dirección de esta falla es de NNW-SSE. Por otro lado en la quebrada Cobalera cerca del punto topográfico M se localiza la segunda posible falla que se encontraría cubierta, por las medidas estructurales que tenemos nos hace pensar que se trata de una falla, eso sin destacar la posibilidad de que se trate de una zona plegada, la dirección de esta sería NNW-SSE.

A nivel regional, sobre la cuenca de Malacatos, las rocas se encuentran plegadas asimétricamente, esto se puede observar claramente sobre nuestra zona de estudio,

sobre las capas aflorantes. Además esta secuencia sedimentaria está conformando un gran monoclinal, el mismo que tiene un rumbo N 30°E y se encuentra buzando al SE con un ángulo que varía desde 30° hasta 55°. Esta secuencia es posible que sea al flanco de un anticlinal o en su defecto de un sinclinal, esto no se ha comprobado.

Ya sobre la confluencia de las dos quebradas se pudo observar la presencia de un plegamiento en forma bastante sinuosa y de escasas dimensiones, distribuido en 2 anticlinales y 2 sinclinales, los ejes de estos van en dirección NNW-SSE y sus medidas estructurales se las observa sobre el mapa geológico.

En la secuencia de las lutitas compactas, en la quebrada Santo Domingo se puede observar un diaclasamiento cuyos elementos son 280°/80°.

6. TRABAJOS EXPLORATIVOS

6.1. TRABAJOS DE CAMPO

Dentro de los trabajos realizados sobre el campo en la zona de estudio, tenemos:

1. Levantamiento topográfico realizado sobre 22,5 has.
2. Estudio litológico y estructural de campo sobre el mapa topográfico.
3. Muestreo de los mantos de carbón a explorarse para determinar la calidad.

6.1.1. Ejecución de las Labores Mineras

Luego de haber determinado los mantos de carbón de mayor importancia, se ha decidido tomar en cuenta para el proyecto de exploración preliminar, objeto de diseño en esta tesis, un socavón artesanal (en el bloque Nro. 1), ya franqueado en una distancia de 70 metros y que va por el rumbo del estrato de carbón, desde el cual se

diseñaran los chiflones y contracielos que siguen el buzamiento del estrato (ver mapa Nro. 5 anexo). A continuación se presentan las especificaciones de las galerías ya construidas y las proyectadas.

a. Galerías Construidas

Estos trabajos que se encuentran ya realizados, han llegado a constituirse como de vital importancia, para la consecución de los trabajos exploratorios sobre este yacimiento, además han servido de base para realizar el diseño del sistema exploratorio, el mismo que podría ser ejecutado en un futuro próximo. A continuación se presentan las especificaciones de las galerías construidas (ver cuadro Nro. 3).

b. Galerías Exploratorias a Proyectarse

De acuerdo al diseño del sistema exploratorio se ha optado en primer lugar por qué tipo de galerías irían y cuántas serían necesarias para este yacimiento (ver mapa Nro. 6 anexo), contando con estos se ha procedido a elegir las características técnicas más convenientes que tendrían cada una de las galerías, a continuación se muestran estas (ver cuadro Nro. 4 y 5).

CUADRO Nro. 3

GALERIAS CONSTRUIDAS
(GALERIAS ARTESANALES EXISTENTES)

CARACTERISTICAS TECNICAS

S O C A V O N E S						
DENO- MINA- CION	DIREC- CION	DIMENSIONES		ANGULO DE IN- CLINAC. GALERIA	FORMA DE DE LA GALERIA	TOTAL ME- TROS A - FRANQUEAR
		Sección (m ²)	Longitud (m)			
S ₁	N30°E	1,89	72	2°	Aboved.	72 m
C O N T R A C I E L O S						
C ₁	N 77°O	1,3	3	35°	Aboved.	34 m
C ₂	N 80°O	1,54	4	35°	Aboved.	
C ₃	N 76°O	1,56	5	35°	Aboved.	
C ₄	N 72°O	1,68	8	35°	Aboved.	
C ₅	N 60°O	1,60	5	35°	Aboved.	
C ₆	N 57°O	1,4	5	35°	Aboved.	
C ₇	N 59°O	1,36	4	35°	Aboved.	
C H I F L O N E S						
CH ₁	S 80°E	1,07	3	-30°	Aboved.	31,5 m
CH ₂	S 80°E	1,45	5	-35°	Aboved.	
CH ₃	S 78°E	1,21	4	-35°	Aboved.	
CH ₄	S 76°E	1,10	3,5	-35°	Aboved.	
CH ₅	S 64°E	1,28	4	-35°	Aboved.	
CH ₆	S 59°E	1,20	5	-35°	Aboved.	
CH ₇	S 58°E	1,16	4	-35°	Aboved.	
CH ₈	S 55°E	1,32	3	-35°	Aboved.	

CUADRO Nro. 4

GALERIAS EXPLORATORIAS A PROYECTARSE

CARACTERISTICAS TECNICAS (BLOQUE Nro. 1)

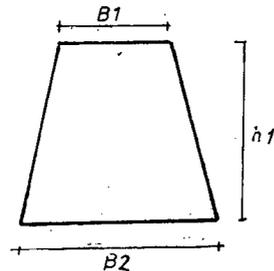
S O C A V O N E S						
DENO- MINA- CION	DIREC- CION	DIMENSIONES		ANGULO DE IN- CLINAC. GALERIA	FORMA DE DE LA GALERIA	TOTAL ME- TROS A - FRANQUEAR
		Sección (m ²)	Longitud (m)			
S ₁	N35°E	2,51	250	2°	Trapezo.	350m
C O N T R A C I E L O S						
C ₁	N 60°O	2,25	47	40°	Cuadrado	377m
C ₂	N 60°O	2,25	82	40°	Cuadrado	
C ₃	N 60°O	2,25	83	40°	Cuadrado	
C ₄	N 60°O	2,25	95	40°	Cuadrado	
C ₅	N 60°O	2,25	70	40°	Cuadrado	
C H I F L O N E S						
CH ₁	S 60°E	2,25	35	-40°	Cuadrado	175 m
CH ₂	S 60°E	2,25	35	-40°	Cuadrado	
CH ₃	S 60°E	2,25	35	-40°	Cuadrado	
CH ₄	S 60°E	2,25	35	-40°	Cuadrado	
CH ₅	S 60°E	2,25	33	-40°	Cuadrado	

CUADRO Nro. 5

CARACTERISTICAS TECNICAS (BLOQUE Nro. 2)

S O C A V O N E S						
DENO- MINA- CION	DIREC- CION	DIMENSIONES		ANCULO DE IN- CLINAC. GALERIA	FORMA DE DE LA GALERIA	TOTAL ME- TROS A FRANQUEAR
		Sección (m ²)	Longitud (m)			
S ₁	N20°E	2,51	140	2°	Trapezo.	140m
C O N T R A C I E L O S						
C ₁	N 70°O	2,25	64	55°	Cuadrado	84m
C H I F L O N E S						
CH ₁	S 70°E	2,25	35	-55°	Cuadrado	105m
CH ₂	S 70°E	2,25	35	-55°	Cuadrado	
CH ₃	S 70°E	2,25	35	-55°	Cuadrado	

Sección de Socavón (en roca desnuda sin entibación)



$$B_2 = 1,65$$

$$B_1 = 1 \text{ m}$$

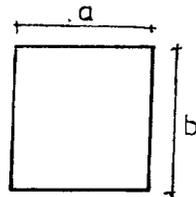
$$h = 1,90$$

$$S = \frac{B_1 + B_2}{2} \cdot h_1$$

$$S = \frac{1 + 1,65}{2} \cdot 1,90$$

$$\underline{S = 2,51 \text{ m}^2}$$

Sección del Chiflón y Contracielo



$$a = 1,5$$

$$b = 1,5$$

$$S = a \times b$$

$$\underline{S = 2,25 \text{ m}^2}$$

6.1.2. Documentación Geológica de las Labores

Para la documentación geológica de las labores mineras, hemos utilizado el método del espejo, el cual consiste en tomar las medidas y datos estructurales, en las dos paredes de las galerías, a un metro de altura desde el suelo de estas, y luego sobre la lámina dibujar la galería desdoblada, donde se colocarán todos los datos obtenidos sobre el campo. Estos trabajos no se tornaron muy complicados ya que las galerías se encuentran franquea

das sobre el carbón, de manera que los datos estructurales casi no varían, lo único que se pudo observar claramente fue una serie de pequeñas fracturas que se encontraban rellenas de arcilla. Tenemos que indicar que el socavón no tiene una dirección constante y su nivelación es irregular (ver Anexos lámina Nro. 8 y 9).

Para la documentación de los contracielos y chiflones, se lo ha hecho sobre todas las labores, aquí las que han tenido mayor importancia han sido el socavón principal y un contracielo de 8 metros de longitud, los otros por sus pequeñas dimensiones no se mostraron muy importantes, pero se los ha tomado en cuenta. (ver Anexos láminas Nro. 4 y 5).

6.1.3. Muestreo de las Labores Ejecutadas

Para realizar el muestreo de estas labores, se ha procedido en primer lugar a tomar dos muestras dentro del socavón, cada una de aproximadamente 1 Kg, la primera fue tomada donde finaliza el socavón, es decir a los 72 m de longitud, la segunda en uno de los contracielos.

Para el segundo bloque como no hemos contado con labores subterráneas, se ha tenido que excavar

un pequeño pozo, para sacar una muestra fresca, ya que el carbón de la superficie se encuentra meteorizado.

Una vez recolectadas las muestras, éstas han sido enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

6.2. TRABAJOS DE LABORATORIO (Análisis Químico)

Los análisis de laboratorio contemplados en este estudio, fueron los convencionales, desgraciadamente cuando se solicitaron los mismos al laboratorio de la UTPL, éste se encontraba en proceso de mudanza de un edificio a otro, así actualmente no puede brindarnos este servicio en virtud del turno que hay que esperar. Ante tal circunstancia y teniendo el conocimiento de la existencia de una buena información sobre análisis realizados con anterioridad por los Proyectos Carbones de la UTPL y la ESPOL, se decidió utilizar los resultados de esos análisis para los fines de la investigación propuesta, estas muestras además fueron tomadas justamente de los estratos que hemos estudiado.

Dentro de los análisis convencionales para el carbón, se pidió realizar los siguientes: Cenizas, material

volátil, azufre, humedad, y determinación del carbón fijo, más la determinación de la densidad, análisis que si ha realizado el laboratorio de la U.T.P.L., no se pidió poder calorífico por cuanto no se cuenta con el equipo para el mismo (este análisis se puede realizar en la ESPOL, ver análisis en anexos).

6.3. TRABAJOS DE OFICINA

La información obtenida del trabajo de campo y los datos obtenidos de la bibliografía existente en el archivo del Proyecto Carbones de la UTPL, servirán de base para el diseño del proyecto de exploración preliminar del yacimiento de carbón de Santo Domingo.

PROYECTOS DE EXPLORACIÓN PRELIMINAR

I. Clasificación del yacimiento en base a su génesis y clasificación Industrial

Este yacimiento por su clasificación industrial corresponde a los yacimientos de hidrocarburos o caustobiolíticos.

Por el tipo genético corresponde a los yacimientos de

génesis sedimentarias y se encuentra dentro de las familias no detríticas y se forma por la compactación de plantas, algas y organismos.

II. Ubicación del Yacimiento Mineral en uno de los grupos exploratorios

En base a que este yacimiento presenta una distribución uniforme de sus componentes útiles, está clasificado entre los yacimientos de tipo estratiformes, que según Kraiter lo clasificó en el Grupo 7 de los yacimientos minerales con fines exploratorios.

III. Sistema Exploratorio

Para entrar a la elección del sistema exploratorio, en primer lugar hemos podido comprobar que este yacimiento se encuentra en un relieve montañoso alto y accidentado, siendo sus cotas más bajas la quebrada La Cobalera y Santo Domingo, mientras que sus cotas más altas se encuentran en las inmediaciones de entre las dos quebradas.

Sobre las deducciones anteriores, el sistema exploratorio que primeramente se tenía en mente, fue el de utilizar sondajes y galerías mineras, pero se presentan varios factores para descartar los sondajes, es así que el relieve no favorece en nada a las perforaciones; ya que estas se las ejecutaría en su mayoría por estéril, lo que no es convincente ya que el gasto por metro de exploración es de alrededor de 80.000 sucres, mientras que el costo por metro de avance de un socavón llega a menos de la mitad de este valor para el caso nuestro.

Por otro lado se pudo comprobar que artesanalmente se está trabajando sobre el mineral con el franqueo de un socavón de 72 m de longitud construido por el rumbo del cuerpo mineral.

Tenemos que acotar que en este yacimiento que está formado por capas de estructura simple, los parámetros como el rumbo y el buzamiento son constantes.

De esta manera y por lo antes expuesto el sistema más adecuado de exploración y que recomiendo para este caso es de Galerías Mineras, el cual comprende la proyección de las siguientes labores.



a. SOCAVÓN

Esta galería se la franqueará en la zona de cota baja, horizontalmente siguiendo el mismo rumbo de la galería ya construida (galería artesanal), tratando de atravesar la montaña a lo largo del rumbo del manto de carbón. Las dimensiones de esta es casi constante en toda su trayectoria y de igual manera su dirección no cambia.

Desde esta labor en la profundidad se proyectarán galerías inclinadas como contracielos y chiflones.

b. CONTRACIELOS

Entre tipo de labor se ejecutará de abajo hacia arriba y será franqueado en mineral, siguiendo el huzamiento del estrato.

Los contracielos serán proyectados con un intervalo desde la entrada del socavón de 72 m, franqueándose un total de 5. Con respecto a la longitud, ésta varía de acuerdo a la topografía de la superficie, es decir tratando de salir a

esta, en la cual se dejará un margen de 10m entre la parte final del contracielo y la superficie.

Este tipo de galería nos permite constatar la uniformidad del estrato y delimitar el yacimiento en el flanco oeste.

c. CHIFLONES

Para este tipo de galería el franqueo se lo realizará de arriba hacia abajo; desde el socavón, siguiendo el buzamiento del estrato. Estas labores se las realizará siguiendo un intervalo de 70m desde la entrada del socavón, quedando en la misma dirección que los contracielos.

Para elegir la profundidad de estos se ha tomado como base la mitad de la distancia del carbón aflorante en el socavón hecho por los mineros artesanales, la mitad es 35m y este será el bloque Este.

Por otro lado para elegir la distancia de separación de los contracielos y chiflones se lo ha

hecho pensando en su futura explotación ya que así se facilitaría la división del yacimiento en bloques de 35m.

Los chiflones nos van a permitir comprobar la uniformidad del estrato hacia la profundidad y además sus reservas.

V. Características Técnicas de cada Galería Minera

a. ENTIBADO

El entibado del socavón se lo hará con marcos de forma trapezoidal, con marco incompleto, este consta de una cumbrera que va ensamblada por el sistema de media madera, a los montantes, los mismos que tienen una inclinación de 80°, estos marcos serán construídos con bigas cilíndricas de 15 cm de diámetro, estos marcos tendrán un tiempo de vida de 2 a 5 años o más.

Los marcos de entibación se colocarán espaciados con una distancia de 1,2 m, los cuales irán encofrados donde se requiera, es decir en las

partes que se presenten mas inestables dentro de la mina.

Los montantes de un cuadro incompleto se colocarán en muescas especiales realizadas en el suelo, de unos 20 cm de profundidad, con el fin de que las puntas inferiores de los montantes se encuentren bien fijadas.

Para el entibado de los contracielos y chiflones, utilizaremos marcos de entibación cuadrados que van armados completos, el mismo que lleva una cumbrera, dos montantes y dos durmientes.

Estos trabajos se los hará permanentemente con 3 hombres por turno y su desarrollo irá paralelo al avance de la galería.

b. MÉTODOS DE LABOREO DE LAS GALERÍAS

Excavación del socavón. - Para el laboreo de esta galería se lo hará a base de personas, utilizando herramientas manuales como son picos, palas, etc., y para las partes más compactas un pequeño rompedor (máquina perfo

radora). Para el desalojo del material, se utilizarán carretillas. Se empleará este método por la dureza relativamente suave del carbón y por ser más barato.

Para el franqueo del socavón se realizará un turno con obreros que se encuentren en el frente de avance, específicamente van a ser 3 trabajadores por turno, que realicen la labor de rompimiento del mineral y sondeo de la galería. Por otro lado la carga y el desalojo del mineral se lo va a realizar en este mismo turno con trabajadores más carretilleros.

Conociendo el peso volumétrico de este carbón que es igual a 1,1; por la dureza del carbón y examinando un poco la eficiencia de los trabajadores, se ha llegado a concluir que el avance diario sería de 3m de longitud aproximadamente, así tenemos:

$$\text{Movimiento de roca} = S \times L \times \rho$$

S = Sección del socavón

L = Longitud de avance

ρ = Peso Volumétrico del carbón

$$MR = 2,51 \text{ m}^2 \times 3\text{m} \times 1,1$$

$$MR = 8,28 \text{ Tn}$$

Excavación de los Contracielos. - Para iniciar la construcción de éstos, en primer lugar se debe haber pasado los 70m de avance del socavón ya que éstos van a estar separados por esta distancia, iniciando desde la entrada; para el franqueo de estas galerías se lo hará de la misma manera a base de personas, utilizando el mismo tipo de herramientas de la construcción del socavón. Para el desalojo del material se lo hará aprovechando la fuerza de gravedad (caída libre), utilizando canaletas, además en el frente de ataque se construirá una plataforma de madera para que los trabajadores puedan desarrollar su trabajo en condiciones favorables, esta plataforma se la irá moviendo de acuerdo al avance de la galería, la misma que será fácilmente movida y va a estar conformada de dos bigas que se aseguran a presión en las paredes de la galería y sobre esta descansa una plancha conformada de tablas.

Los trabajos de construcción de los contracielos se los irá realizando paralelo al laboreo del socavón por lo cual aquí tendremos de igual manera un turno diario de 8 horas; en lo que se refiere al arranque y desalojo del mineral, se

necesitará la ayuda de dos obreros para el frente y 2 para la carga.

Para el avance diario de esta labor se ha utilizado los mismos parámetros que para el franqueo del socavón, como son: peso volumétrico del carbón, dureza y eficiencia de los trabajadores, llegando a obtener un avance aproximado de 2m de longitud de avance por día. El movimiento de roca diario para esta galería es:

$$MR = S \times L \times f$$

$$MR = 2,25 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}^2 \times 1,1$$

$$MR = 4,95 \text{ Tn}$$

MR = Movim. de Roca
S = Sección galer.
f = Peso volumétrico del carbón.

Excavación de los Chiflones.- Para la excavación de éstos, primeramente se debe haber terminado la construcción del contracielo que se encuentra en esta misma dirección, esto por el problema de deslaves de material ya arrancado sobre los trabajos del chiflón.

Las labores de esta galería se las hará con un turno diario de 8 horas. En lo que se refiere al arranque y desalojo del mineral, en este caso necesitaremos la ayuda de dos obreros para

realizar el arranque del mineral y tres para el desalojo desde el chiflón a la galería principal y luego para su evacuación a la superficie.

Para el desalojo del material desde el chiflón hasta el socavón, lo haremos utilizando un recipiente de madera, tirado manualmente con la ayuda de poleas fijadas a un caballete o viga que se encuentra en el socavón; este sistema permanecerá armado hasta que se termine la construcción del chiflón.

Para calcular el avance diario del chiflón, se ha tomado en cuenta las condiciones de trabajo y los problemas que ocasionan retrasos, como en el caso del polvo que produce el carbón el mismo que entorpece los trabajos y además es perjudicial para los trabajadores, de igual manera el arranque y desalojo se hará mas complicado. Es así que con todo lo antes dicho, el avance diario se ha calculado en 1,5m de longitud.

El movimiento de roca diario para esta galería es:

$$MR = S \times L \times \rho$$

$$MR = 2,25 \text{ m}^2 \times 1,5\text{m} \times 1,1$$

$$MR = 3,71 \text{ Tn}$$

c. VENTILACIÓN

Para el desarrollo normal de las labores mineras un factor importante va a ser la ventilación, ya que por tratarse de un mineral como es el carbón, que el momento de su arranque levanta muchas partículas de polvo, el mismo que puede ser un factor muy grave para la salud de los obreros y consecuentemente provocaría el retraso para los trabajos exploratorios.

Para solucionar este problema se ha diseñado un sistema de ventilación natural, es decir conforme el avance de las labores, específicamente en los contracielos que sería sobre el Nro. 3 y Nro. 5 se llegará a la superficie de manera que se provocará un tiro de aire desde el socavón hacia la superficie en el bloque Nro. 1; para el bloque Nro. 2 se lo hará de la misma manera en el contracielo "Nro. 1".

d. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS PARA LA EXCAVACIÓN DEL SOCAVÓN, CONTRACIELOS Y CHIFLONES POR DÍA.

Las operaciones que se realizarán diariamente han sido organizadas en turnos diarios de 8 horas, y tenemos:

e. ORGANIGRAMA DE LOS TRABAJOS EXPLORATORIOS

Los trabajos exploratorios se desarrollan en el siguiente orden:

- 1) Teniendo el diseño del sistema exploratorio se inician los trabajos de laboreo de las galerías como son: el socavón, contracielo y chiflón.
- 2) Se realizará la documentación geológica con la investigación de los contactos y posibles fallas del estrato, tomando el rumbo y la potencia de estos.
- 3) Observar la relación que tiene el estrato en su interior con respecto a los afloramientos de la superficie.
- 4) Proceder a realizar el muestreo para el posterior envío de muestras al laboratorio.

CUADRO Nro. 7

**CRONOGRAMA DE LAS LABORES EXPLORATORIAS
A PROYECTARSE**

	M E S E S																			
BLOQUE Nro. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Socavón	=====																			
Contracielos				=====																
Chiflones										=====										
BLOQUE Nro. 2																				
Socavón															=====					
Contracielos																				
Chiflones																		=====		

CUADRO Nro. 8

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA EXPLORACIÓN

LABOR	Longitud(m) Franqueada	Avance diario(m)	Tiempo de du- ración (meses)
B L O Q U E N r o . 1			
Socavón	290 m	3	3,11
Contracielo	377 m	2	6,28
Chiflones	175 m	1,5	3,88
B L O Q U E N r o . 2			
Socavón	140	3	1,55
Contracielo	64	2	1,06
Chiflón	105	1,5	2,33

6.3.1. Interpretación de los resultados

1. Una vez realizados los estudios litológicos y estructurales sobre la superficie, como ya se dijo antes, los afloramientos de carbón que existen se ha concluido y pertenecen a una misma unidad estructural.
2. Con la documentación geológica se ha podido comprobar la uniformidad que tiene el estrato, además las condiciones geológicas y estructurales en que se encuentra el manto y se podría decir que no existe mucho problema con la presencia de fallas, es decir estas son escasas.
3. Hasta los 72m de excavación del socavón y por la presencia de los pequeños chiflones y contracielos, se puede observar que la potencia del estrato de carbón casi no cambia y de igual manera la calidad de carbón es la misma.
4. Después de haber realizado los análisis de las muestras en el laboratorio, este tipo de carbón se los puede clasificar como lignito, esto de acuerdo a los resultados que existen, por el porcentaje de carbón fijo, a pesar que contiene azufre y cenizas.

(que son componentes negativos para el carbón) este podría ser utilizado con un tratamiento previo de lavado, para la industria de la elaboración de bloques y ladrillos, para quemar cal y para las fundidoras posiblemente.

5. A partir de los resultados, mas adelante se hará el cálculo de reservas y se dará las características técnico-económicas del proyecto de exploración preliminar.

6.3.2. Delimitación del Yacimiento

Una vez realizado el diseño del sistema de galerías exploratorias, se llegaría luego a obtener los límites o a delimitar el yacimiento y es así:

Para el Bloque Nro. 1 tenemos:

- Por el flanco NE del yacimiento está limitado por la parte final del socavón principal y por el contraciello y chiflón Nro. 5.
- Por el flanco NO del yacimiento, estaría limitado por los contracielos Nro. 1, 2, 3, 4, 5.

- Por el flanco SE por los chiflones Nro. 1, 2, 3,4, 5.
- En la superficie por los afloramientos alterados y en partes frescos del estrato de carbón.

Para el Bloque Nro. 2 tenemos:

- Por el flanco NE del manto de carbón por donde finaliza el socavón Nro. 1 y por el contracielo Nro. 2 y chiflón Nro. 3.
- Por el flanco NO y SO estaría limitado por los afloramientos que existen en la superficie (Ver mapa Nro. 4 Anexos).

De esta manera el yacimiento quedaría delimitado en los dos bloques, de tal forma que el área que tiene mayor interés y sobre la que se ha trabajado es de aproximadamente de 4,2 Has.

6.3.3. Cálculo de reservas probables y posibles del yacimiento

1. CALCULO DE RESERVAS B

Para realizar el cálculo de reservas B en bloque Nro. 1 se ha obtenido primero la superficie y luego el

volumen del cuerpo mineral. Para los cálculos del volumen, hemos tomado el valor de la potencia del estrato que es 1,90m, multiplicando luego por un coeficiente de seguridad de 0,9 y hemos obtenido una potencia con un margen de seguridad para el estrato, resultando una potencia de 1,71m con la cual se hará todos los cálculos.

BLOQUE Nro. 1

Volumen del Cuerpo mineral

$$V = S \times P$$

S = Superficie del cuerpo mineral (cálculo ver anexos).

$$V = 34.679 \text{ m}^2 \times 1,71\text{m}$$

$$\underline{V = 59.301,09 \text{ m}^3}$$

P = Potencia del manto

Reservas B

$$Q_1 = V \times f$$

f = Coeficiente del peso volumétrico del carbón.

$$Q_1 = 59.301,09 \times 1,1$$

$$\underline{Q_1 = 65.231,19 \text{ Tn}}$$

BLOQUE Nro. 2

Al igual que en el bloque Nro. 1, tomando la potencia del estrato que es de 2,50m, multiplicando luego por el coeficiente de seguridad de 0,9 obtendremos una

potencia asegurada de 2,25 que es con la cual trabajaremos. Este cuerpo mineral también ha sido dividido en figuras geométricas para calcular su superficie y luego su volumen. (Ver anexos)

Volumen del cuerpo mineral

$$V = S \times P$$

$$V = 9.800 \text{ m}^2 \times 2,25 \text{ m}$$

$$\underline{V = 22.050 \text{ m}^3}$$

Reserva B

$$Q_2 = V \times f$$

$$Q_2 = 22.050 \text{ m}^3 \times 1,1$$

$$\underline{Q_2 = 24.255 \text{ Tn}}$$

$$\text{TOTAL reservas B del Yacimiento} = Q_1 + Q_2$$

$$= 65.235,19 \text{ Tn} + 24.255 \text{ Tn}$$

$$= \underline{89.490,19 \text{ Tn}}$$

2. MINERAL EVACUADO DURANTE LA EXPLORACIÓN

Para conocer éste, tomaremos en cuenta el material que saldrá de las galerías que serán franqueadas, y tenemos:

BLOQUE Nro. 1Socavones

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{\text{TF}} \times f & S &= \text{Sección del Tunnel} \\
 &= 2,4 \text{ m}^2 \times 350\text{m} \times 1,1 & L_{\text{TF}} &= \text{Longitud total, franqueado} \\
 &= \underline{924 \text{ Tn}} & V_{\text{evac}} &= \text{Vol. de mineral a evacuar.}
 \end{aligned}$$

Contracielos

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{\text{TF}} \times f \\
 &= 2,25 \text{ m}^2 \times 377\text{m} \times 1,1 \\
 &= \underline{933,07 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

Chiflones

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{\text{TF}} \times f \\
 &= 2,25 \text{ m}^2 \times 175\text{m} \times 1,1 \\
 &= \underline{433,12 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

Volumen total a evacuar Bloque Nro. 1 = 2.290,19 Tn.

BLOQUE Nro. 2Socavones

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{\text{TF}} \times f \\
 &= 2,4 \text{ m}^2 \times 140\text{m} \times 1,1 \\
 &= \underline{369,6 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

Contracielos

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{TF} \times f \\
 &= 2,25 \text{ m}^2 \times 64\text{m} \times 1,1 \\
 &= \underline{158,4 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

Chiflones

$$\begin{aligned}
 V_{\text{evac}} &= S \times L_{TF} \times f \\
 &= 2,25 \text{ m}^2 \times 210\text{m} \times 1,1 \\
 &= \underline{519,75 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

Volumen total a evacuar Bloque Nro. 2 = 1.047,75 Tn.

TOTAL Mineral que se evacuará

$$\begin{aligned}
 \text{durante la exploración} &= V_{\text{ev}B_1} = V_{\text{evac} B_2} \\
 &= 2.290,19 \text{ Tn} + 1.047,75 \text{ Tn} \\
 &= \underline{3.337,94 \text{ Tn}}
 \end{aligned}$$

3. TIEMPO DE VIDA DEL YACIMIENTO

En este yacimiento al proyectar su futura explotación, hemos llegado a realizar el cálculo aproximado del tiempo de vida que este tendría. Es así que se han tomado algunos parámetros generales y prácticos que se refieren a los trabajos de explotación, de tal forma que utilizando personas, realizaríamos las labores de arranque manualmente y

consistiría en trabajar paralelamente sobre los dos estratos.

Aquí para la explotación se lo haría arrancando bloques de 2,5 x 2,5m x 1,71 por día.

Material explotado

$$\begin{aligned} \text{por día} &= V_{\text{exp}} \times \rho \\ &= 10,63 \text{ m}^3 \times 1,1 \\ &= \underline{11,69 \text{ Tn}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{exp}} &= \text{Volumen explotado} \\ \rho &= \text{peso volumétrico} \\ &\text{del carbón} \end{aligned}$$

Producción

$$\begin{aligned} \text{Diaria} &= VB_1 + VB_2 \\ &= 11,69\text{Tn} + 11,69\text{Tn} \\ &= \underline{23,38 \text{ Tn}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VB_1 &= \text{Volumen explotado} \\ &\text{bloque 1} \\ VB_2 &= \text{Volumen explotado} \\ &\text{bloque 2} \end{aligned}$$

Tiempo de vida

$$\begin{aligned} \text{del yacimiento} &= \frac{\text{Reservas B}}{\text{Producción diaria} \times 1 \text{ año (365 días)}} \\ &= \frac{29.490,19\text{Tn}}{25,92\text{Tn} \times 365 \text{ días}} \\ &= \underline{9,45 \text{ años}} \end{aligned}$$

4. COSTOS DEL PROYECTO

Costos directos

<u>Denominación</u>	<u>Total</u>
-Compra del terreno 4,5Ha (c/Ha = s/.1'000.000)	4'500.000,00
-Compra de madera entibado (c/bigra 5m = s/1.000)	1'335.700,00
TOTAL:	5'835.700,00

Costos indirectos

<u>Denominación</u>	<u>Total</u>
-Costo mano de obra franqueo socavones	8'198.000,00
-Costo mano de obra franq.contracielos	8'820.000,00
-Costo mano de obra franqueo chiflones	8'020.625,00
-Gasto herramientas para trabajos (picos, palas, etc.)	950.000,00
-Compra de accesorios varios (cables, luz, clavos, etc.)	400.000,00
-Costo labores mineras de ventilación (franqueo de 30m de galería)	499.200,00
-Costos de trabajo de entibación	3'288.000,00
-Pago de Ingeniero	5'098.800,00
-Pago de Tecnólogo en minas	4'552.500,00
	<hr/>
	s/. 39'827.125,00

Costo total del Proyecto

$$CT = CD + CI$$

$$CT = 5'835.700,00 + 39'827.125,00 \text{ sucres}$$

$$CT = \underline{45'662.825 \text{ sucres}}$$

5. INVERSIONES MENSUALES

Una vez realizado el calendario de trabajos se ha calculado un total de 546.3 días que va a durar toda la exploración que equivale a 18,21 meses, así tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Inversión mensual} &= \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Duración en meses del proyecto}} \\ &= \frac{45'662.825 \text{ sucres}}{18,21} \\ &= \underline{2'507.568,6 \text{ sucres}} \end{aligned}$$



6. VALÍA DEL YACIMIENTO MINERAL

$$V_{ym} = Q \times Vc$$

$$V_{ym} = 89.490,19Tn \times 3.000 \text{ sucres}$$

$$V_{ym} = \underline{268'470.570 \text{ sucres}}$$

Q = Reservas B del yacimiento

Vc = Valor de la tonelada de carbón en Loja.

7. UTILIDAD BRUTA

$$UB = V_{ym} - CT$$

CT = Costo Total del Proyecto de Exploración

V_{ym} = Valía del Yacimiento mineral

$$UB = 268'470.570 \text{ sucres} - 45.662.825 \text{ sucres}$$

$$UB = \underline{222'807.745 \text{ sucres}}$$

8. UTILIDAD NETA

$$UN = UB - (15\% + 25\%)$$

UB = utilidad Bruta

15% = Impuesto que se paga al Ministerio de Finanzas

25% = Utilidad que se reporten entre los trabajadores

$$UN = 222'807.745 \text{ SUCRES} - 89'123.098 \text{ sucres}$$

$$UN = \underline{133'684.647 \text{ sucres}}$$

9. EFECTIVIDAD DE LAS INVERSIONES

$$E_x = \frac{V_{ym}}{CT}$$

V_{ym} = valía del yacimiento
CT = Costo Total

$$E_x = \frac{268'470.570 \text{ sucres}}{45'662.825 \text{ sucres}}$$

$$E_x = 5,8 \text{ sucres/sucres}$$

RESERVAS POSIBLES

Para realizar el cálculo de las reservas posibles se ha tomado parámetros como la uniformidad de los estratos de carbón y la constancia que tengan estos en la profundidad, además un poco sobre la estructura que presenta este yacimiento, teniendo esto se ha procedido a realizar una interpolación hacia la profundidad de los mantos (ver anexos).

BLOQUE Nro. 1

$$P_p = L_T \times 1/3 \quad P_p = \text{Profundidad posible del estrato}$$

$$P_p = 350.1/3 \quad L_T = \text{Longitud del socavón}$$

$$P_p = \underline{116,6 \text{ m}}$$

$$V_c = S \times p \quad V_c = \text{Volumen del bloque C de las reservas posibles.}$$

$$V_c = 40.810 \text{ m}^2 \times 1,7 \text{ m}$$

$$V_c = \underline{69.377 \text{ m}^3} \quad S = \text{Superficie}$$

$$p = \text{potencia del estrato}$$

Reservas posibles Bloque Nro. 1

$$C_{B1} = V_c \cdot \rho \quad \rho = \text{Peso volumétrico del carbón.}$$

$$= 69.377 \text{ m}^3 \times 1,1$$

$$= \underline{76.314,7 \text{ Tn}}$$

BLOQUE Nro. 2

$$Pp = Lt \times \frac{1}{2}$$

$$Pp = 140 \times \frac{1}{2}$$

$$Pp = \underline{70m}$$

Pp = Profundidad posible del estrato.

Lt = Longitud del socavón

$$Vc = S \times p$$

$$Vc = 9.800 \text{ m}^2 \times 2,25m$$

$$Vc = \underline{22.050 \text{ m}^3}$$

Vc = Volumen del Bloque c de las reservas posibles.

S = Superficie

p = Potencia del estrato

Reservas posibles Bloque Nro. 2

$$C_{B2} = Vc \times f$$

$$= 22.050 \text{ m}^3 \times 1,1$$

$$= \underline{24.255 \text{ Tn}}$$

C_{B2} = Reserv. Posibl. Bloque 2

Vc = Volumen del bloque C de la Reservas posibles

f = Peso Volúmetrico del carbón.

$$\text{Total reservas posibles} = C_{B1} + C_{B2}$$

$$= 76.314,7 \text{ Tn} + 24.255 \text{ Tn}$$

$$= \underline{100.569,7 \text{ Tn}}$$

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de la información recopilada en el campo y los ensayos realizados en el Laboratorio, podemos hacer las siguientes conclusiones:

1. El levantamiento geológico a escala 1:1.500, ha permitido llegar a establecer los contactos litológicos y la secuencia sedimentaria en lo que yacen importantes mantos de carbón de este yacimiento, teniendo así una visión más clara de la morfología y de las condiciones de dirección y buzamiento de los mantos.
2. El diseño del sistema de exploración preliminar que programamos da un paso importante para complementar los estudios anteriores que se habrían realizado sobre este yacimiento.
3. En base a los resultados obtenidos de los análisis del carbón, en el laboratorio, tenemos que por el porcentaje de carbón fijo, los estratos muestreados

se pueden clasificar como lignitos.

4. Donde el punto de vista geológico y estructural se puede decir que el yacimiento de carbón de Santo Domingo está formando parte de un monoclinal, el cual tiene un rumbo N 30°E.
5. La presencia de fósiles en el lugar, como son las hojas vegetales entre los lutitas nos habla claramente acerca de el proceso de formación del carbón de Santo Domingo.
6. Sobre los afloramientos de carbón de la quebrada Cobalera se observa que existió mayor actividad tectónica, especialmente esto por el buzamiento y la dirección que presentan estos.
7. El estudio se ha concretado en los dos estratos, que los hemos denominado como bloque Nro. 1 y 2, por haberse mostrado de mayor interés desde el punto de vista de la potencia y sus condiciones de explotación artesanal actual.
8. Los carbones de Santo Domingo se pueden utilizar en cierto tipo de pequeños industrias, las cuales se verían favorecidas en nuestro medio, como son las

fábricas de cal y ladrillo pero haciendo cierto tratamiento preliminar sencillo, y así mismo explotarlo de una forma más técnica.

7.2. RECOMENDACIONES

1. Por las reservas probables y posibles que han calculado en este yacimiento, creo conveniente sugerirlo como rentable para una explotación de pequeña minería.
2. Según los estudios y diseños para en un futuro ser aplicado sobre este yacimiento, se podría recomendar utilizar como inicio las actuales labores artesanales, esto sobre el bloque Nro. 1, mientras que para el bloque Nro. 2, sería necesario retirar un poco el material meteorizado que se encuentra en la parte donde se ha planificado la entrada del tunel.
3. Para una futura explotación se debe tomar en cuenta los valores de rentabilidad del yacimiento, ya que podrían variar, esto ya sea por el precio del carbón en el mercado local como internacional, y por los costos de mano de obra y material, es decir estos dos

parámetros siempre irán juntos.

4. Para la realización de las labores mineras en la exploración preliminar se debe tomar en cuenta como fundamental los trabajos de entibación, esto por seguridad.
5. Para longitud de las labores que se ha planeado en el diseño propuesto en este estudio, podría variar de acuerdo a las condiciones que este yacimiento vaya presentando durante el avance de los trabajos.
6. Es necesario adecuar las vías de acceso a los dos bloques para los futuros trabajos a realizarse; para el bloque Nro. 1 no se torna muy dificultoso, pero la del bloque Nro. 2 sería necesario prácticamente construir una vía de acceso a este lugar.
7. Para la futura utilización de este carbón se ha comprobado por estudios realizados por la Escuela de Minas de la U.T.P.L. que recibiendo un tratamiento de prelavado se minimizaría las emisiones de azufre durante la combustión a la atmósfera, con lo cual se mejoraría el rendimiento en la Industria y produciría menos impacto al medio ambiente.

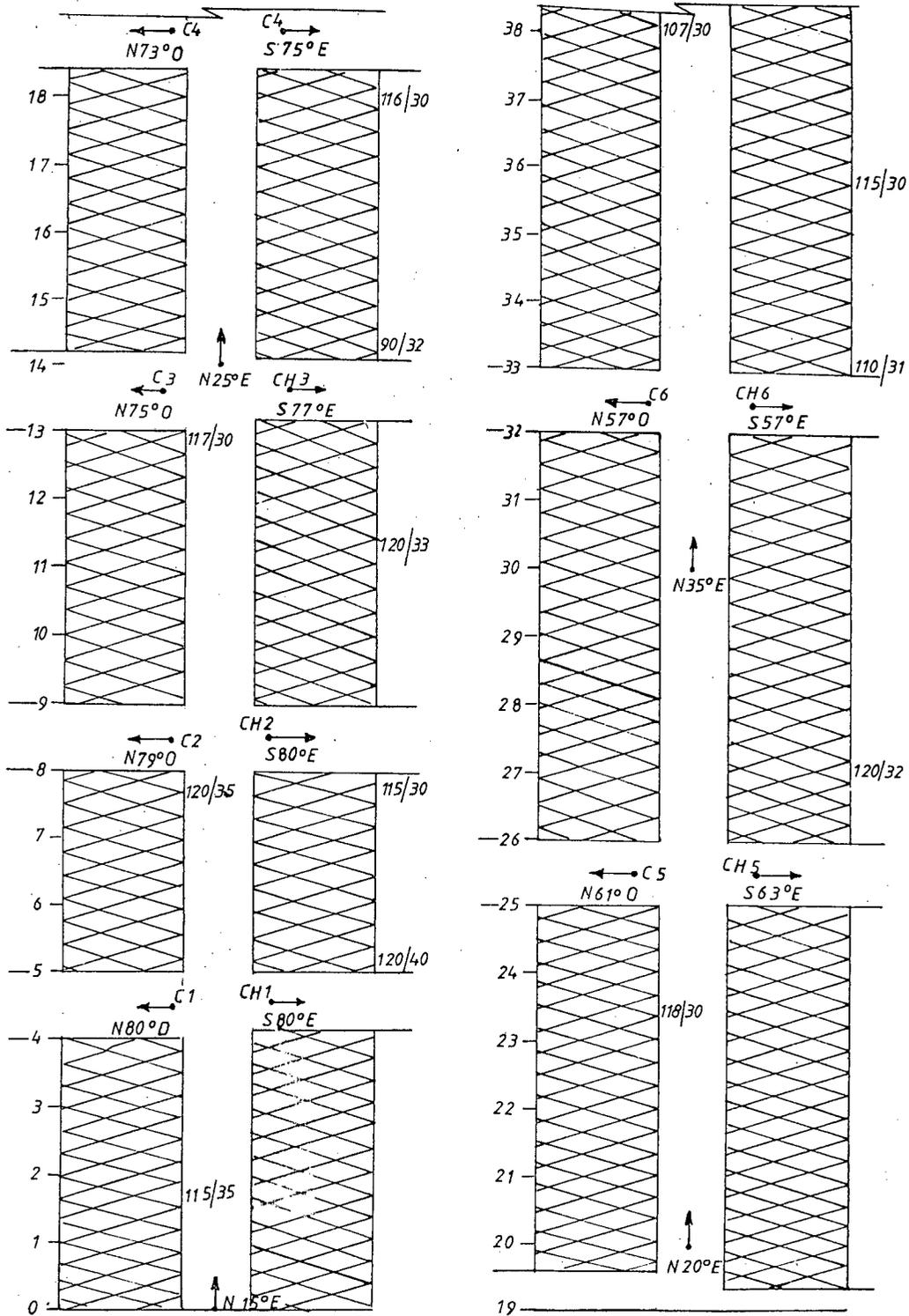
8. Para el rendimiento normal de los mineros en las labores de este yacimiento es necesario que se tengan muy en cuenta las normas de seguridad, especialmente las sanitarias, esto por los problemas que ocasiona el carbón.
9. Para el aprovechamiento al máximo de esta fuente de energía se daría, con la construcción de una fábrica de yeso, para aprovechar el yacimiento de este mineral que se encuentra junto al de carbón (La Merced), ya que actualmente las reservas de yeso que se explotan son comercializadas a otras provincias como son Guayas y Cañar.
10. Aunque nuestro estudio lo hemos concentrado sobre los dos estratos (Bloque Nro. 1 y 2), no descartamos que se pueda realizar más investigación sobre los estratos pequeños.

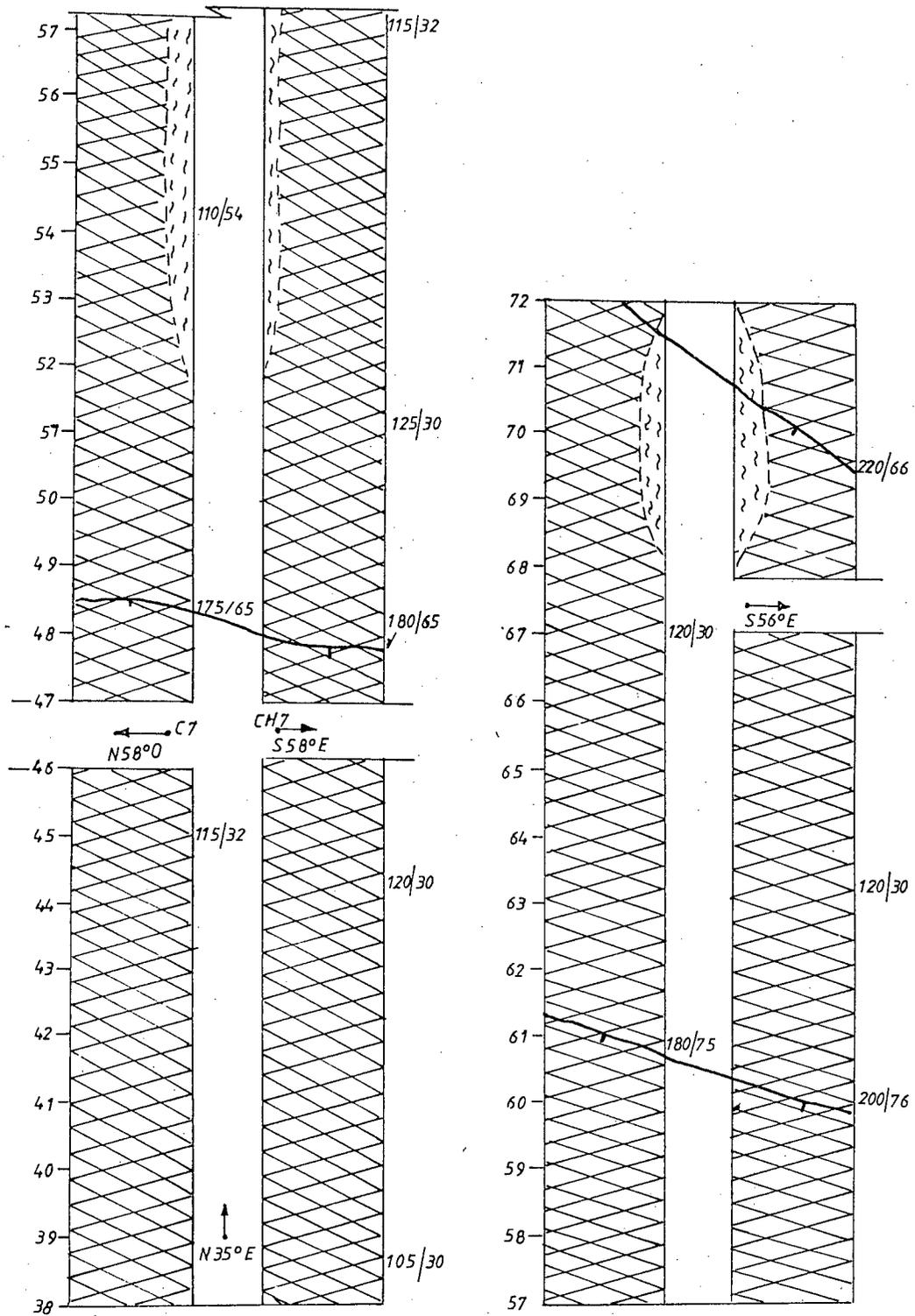
ANEXOS

DOCUMENTACION GEOLOGICA DE LAS LABORES

(GALERIAS ARTESANALES EXISTENTES)

SOCAVON S.1.

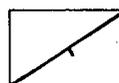




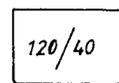
ESCALA 1:100



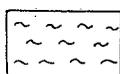
CARBON



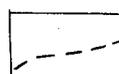
FRACTURA



AZIMUT/BUZ.



LUTITAS
GRISES

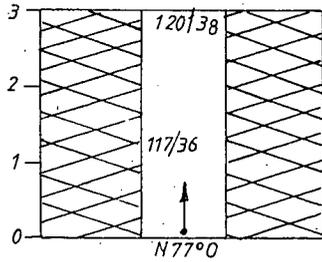


CONTACTO

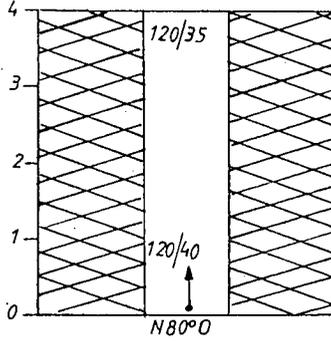
LAMINA N°9

CONTRACIELOS

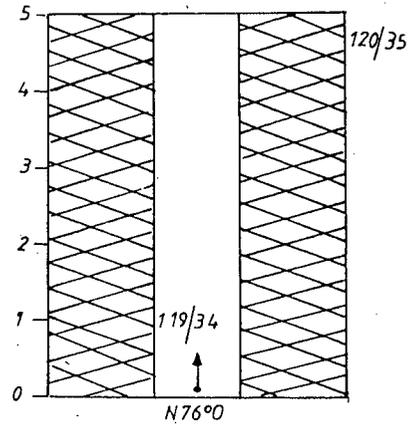
C.1



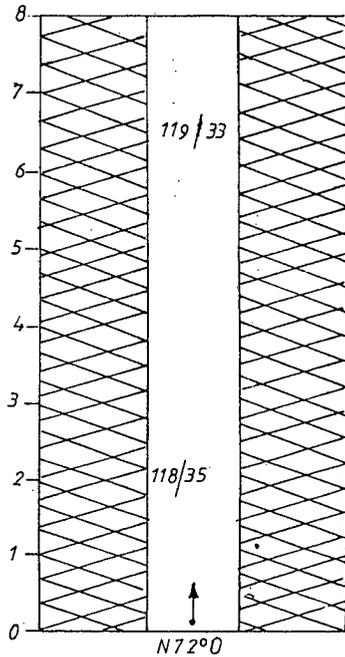
C.2



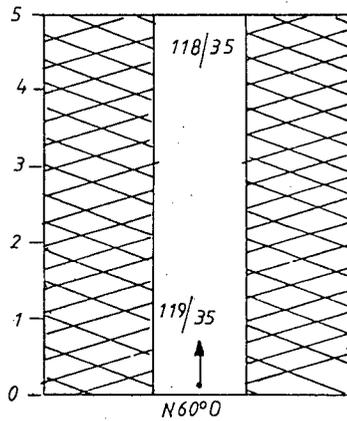
C.3



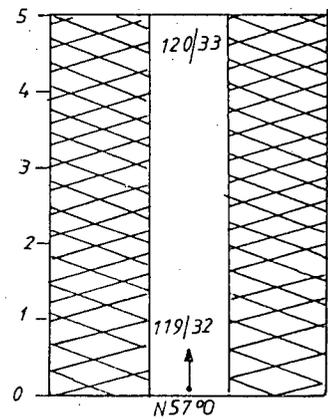
C.4



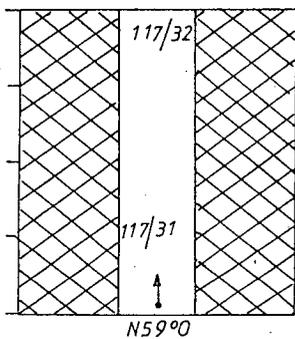
C.5



C.6



C.7

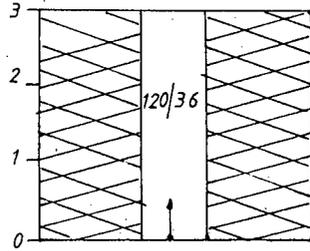


ESCALA 1:100

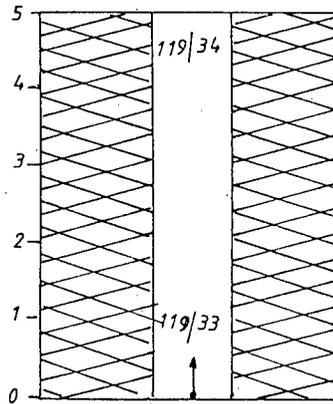
LAMINA N° 10

CHIFLONES

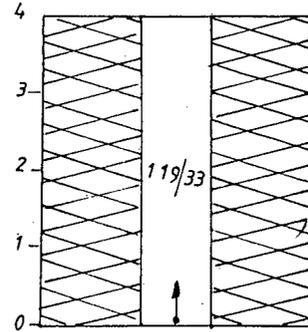
CH.1



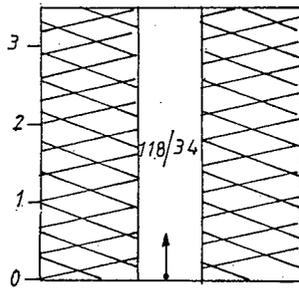
CH.2



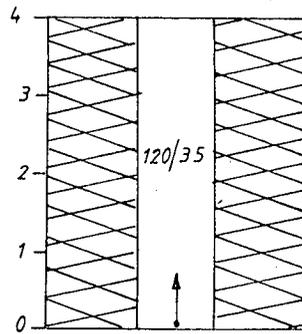
CH.3



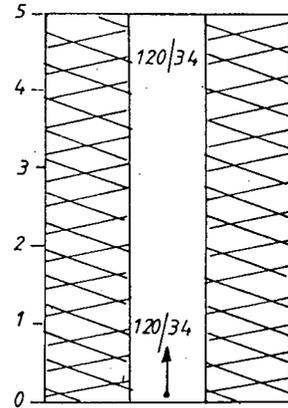
CH.4



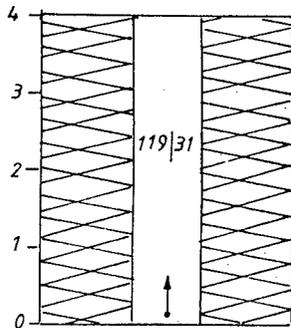
CH.5



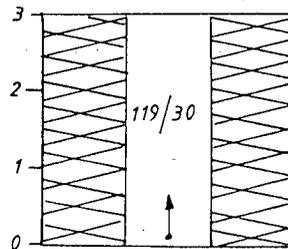
CH.6



CH.7



CH.8



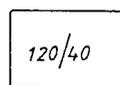
ESCALA 1:100



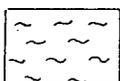
CARBON



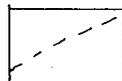
FRACTURA



AZIMUT/BUZ

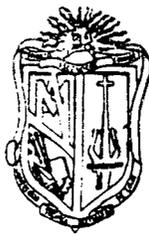


LUTITAS
GRISES



CONTACTO

LAMINA N° 11



Universidad Técnica Particular de Loja

LABORATORIO DE ANALISIS INSTRUMENTAL

"Análisis de alta precisión"

Reporte laboratorio No 015-L-AI-UTPL

Muestra: CARBONES

Procedencia: SANTO DOMINGO LOJA
Cantón Provincia Ciudad

Fecha de recepción: Loja, 1989 - 01 - 24

Solicitante: Escuela de Minas (Proyecto Carbones)

Análisis solicitados: Completo

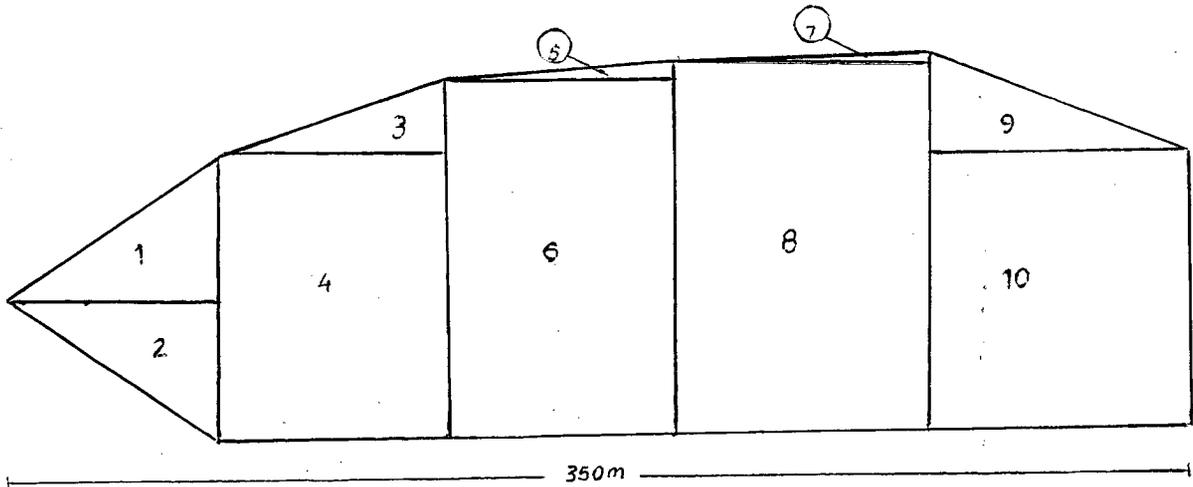
Fecha de análisis: 1989 - 02 - 09

Análisis	Resultados en ppm					
	MPC-SD1	MPC-SD2	MPC-SD3	MPC-SD4	MPC-SD5	MPC-SD6
Humedad (%)	8,32	11,55	10,97	14,09	10,34	12,83
Cenizas (%)	56,56	32,10	39,54	9,69	38,39	13,46
Materia Volátil (%)	20,97	31,24	24,17	38,99	21,16	34,68
Azufre (%)	5,19	4,59	4,20	3,33	2,00	1,38
Carbón Fijo (%)	14,14	25,12	23,27	37,23	30,00	38,74

ppm=
c.c. Archivo
Análisis por Gravimetría
/.

f)
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ANALISIS INSTRUMENTAL

**CALCULO DE LA SUPERFICIE
DEL BLOQUE Nro. 1**



1. $S_1 = b \times 1/2 h$

$S_1 = 70 \times 1/2 (55)$

$S_1 = 1.925 \text{ m}^2$

2. $S_2 = b \times 1/2 h$

$S_2 = 70 \times 1/2 (33)$

$S_2 = 1.155 \text{ m}^2$

3. $S_3 = b \times 1/2 h$

$S_3 = 70 \times 1/2 (22)$

$S_3 = 770 \text{ m}^2$

4. $S_4 = b \times h$

$S_4 = 70 \times 90$

$S_4 = 6.300 \text{ m}^2$

5. $S_5 = b \times 1/2 h$

$S_5 = 70 \times 1/2 (6)$

$S_5 = 210 \text{ m}^2$

6. $S_6 = b \times h$

$S_6 = 70 \times 112$

$S_6 = 7.840 \text{ m}^2$

7. $S_7 = b \times 1/2 h$

$S_7 = 70 \times 1/2 (5)$

$S_7 = 175 \text{ m}^2$

8. $S_8 = b \times h$

$S_8 = 70 \times 118$

$S_8 = 8.260 \text{ m}^2$

$$9. \quad S_{\varphi} = b \times 1/2 h$$

$$S_{\varphi} = 70 \times 1/2 (20)$$

$$S_{\varphi} = 700 \text{ m}^2$$

$$10. \quad S_{10} = b \times h$$

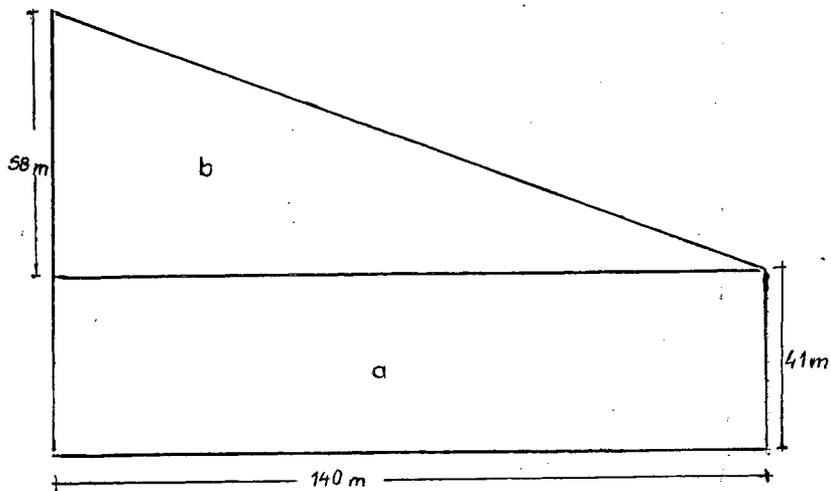
$$S_{10} = 72 \times 102$$

$$S_{10} = 7.344 \text{ m}^2$$

$$SB_1 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 + S_{10}$$

$$SB_1 = 34.679 \text{ m}^2$$

CALCULO DE LA SUPERFICIE DEL BLOQUE Nro. 2



$$S_a = b \times h$$

$$S_a = 140\text{m} \times 41\text{m}$$

$$S_a = 5.740 \text{ m}^2$$

$$S_b = b \times 1/2 h$$

$$S_b = 140\text{m} \times 1/2 (58\text{m})$$

$$S_b = 4.060 \text{ m}^2$$

$$SB_2 = S_a + S_b$$

$$SB_2 = 9.800 \text{ m}^2$$

9. BIBLIOGRAFÍA

- EGUEZ, Hugo, Identificación de los carbones en el Ecuador y su futura utilización, Informe de avance Nro. 3, Proyecto auspiciado por el CNUEP, Guayaquil, 1987.
- GUERRERO, Stalin, Búsqueda y Exploración de yacimientos Minerales, Llanganatis Editores 1986, Pág. 193.
- KIRSCH, Helmut, Mineralogía Aplicada para Técnicos y Estudiantes, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires 1980, Pág. 266.
- KRAYTER, V.M., Investigación y Prospección Geológica, Trad. Emilio Romero, Ediciones Paraninfo, Madrid 1978, Pág. 193.
- LONGWELL y FLINT, Geología Física, Editorial Limusa S.A., México 1978.
- MARTÍNEZ, J.A., ALVAREZ, Mapas Geológicos explicación e interpretación, Paraninfo S.A. Madrid 1981, Pág. 258.
- Mc KINSTY, Extor, Geología de Minas, Ediciones Omega Barcelona 1977, Pág. 671.

PALADINES, Agustín, Zonificación Geotectónica y Metalogenia del Ecuador, Mañana Editores, Quito 1989, Pág. 192.

RAMSAY, John G, Plegamiento y Fracturación de Rocas, Ediciones Castilla S.A., Madrid 1977, Pág. 583.

RIOFRIO Armijos, Jaime, Estudio Geológico Estructural del Yacimiento de Carbón de Anganuma y Estudio, Loja, 1991.

SALINAS, Carlos, Lavado Preparación y transporte de las hullas de Loja y Sibambe para su futura Explotación, Proyecto auspiciado por el CONUEP, Informe de avance Nro. 4, Loja 1988-1989.

TORRES, Raúl, Identificación de los carbones en el Ecuador y su futura utilización, proyecto auspiciado por el CONUEP, informe de avance Nro. 1, Guayaquil.

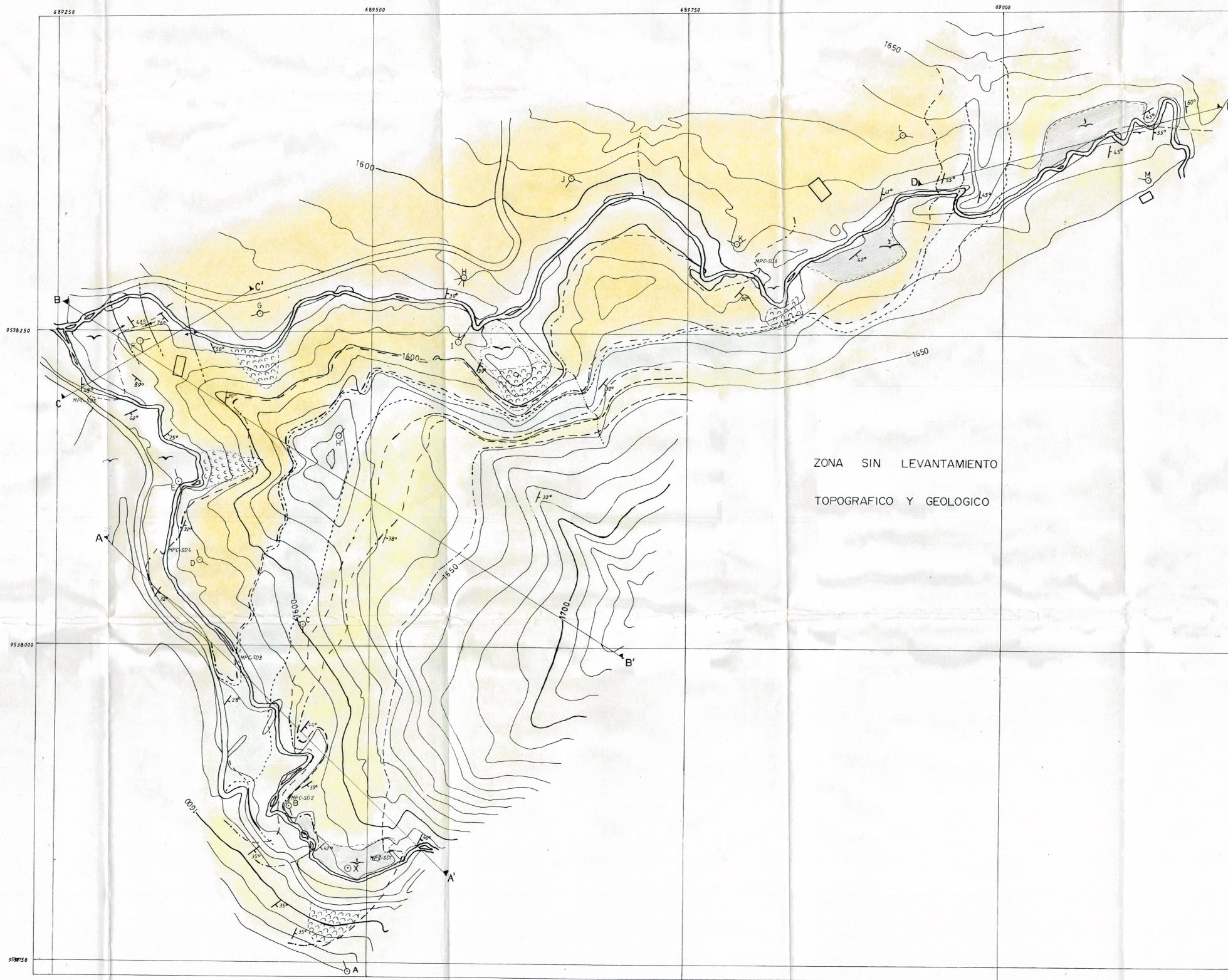
TORRES, Raúl, Identificación de los carbones en el Ecuador y su futura utilización, proyecto auspiciado por el CONUEP, informe de avance Nro. 2, Guayaquil.



INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Objetivos.....	2
GENERALIDADES.....	4
Clasificación de los sedimentarios.....	4 ✓
Yacimientos de carbón.....	17 ✓
Formación del carbón.....	23
Propiedades físicas y químicas del carbón.....	25 ✓
Constituyentes del carbón.....	29 ✓
Clases del carbón.....	33
El carbón en el Ecuador y la provincia de Loja.....	36 ✓
SITUACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICO DEL PROYECTO.....	43 ✓
Ubicación y Acceso.....	43
Morfología y sistemas de drenaje de la zona.....	45
Clima y vegetación.....	48
Situación Socio-económica de la zona.....	51
GEOLOGÍA REGIONAL.....	53 ✓
Estratigrafía.....	53 ✓
Geología Estructural o Tectónica.....	59 ✓
Geomorfología.....	62 ✓
GEOLOGÍA LOCAL.....	65 ✓

Interpretación geológica de fotografías, aéreas de la zona.....	65
Estudio litológico y estructural del campo.....	74/
TRABAJOS EXPLORATIVOS.....	82/
Trabajos de campo.....	82
Ejecución de Labores Mineras.....	82
Documentación geológica de las labores.....	87/
Muestreo de las labores ejecutadas.....	89
Trabajos de laboratorio (Análisis Químico).....	89
Trabajos de Oficina.....	90/
Interpretación de los resultados.....	105/
Delimitación del yacimiento.....	106
Cálculo de reservas probables y posibles del yacimiento.....	107
Conclusiones.....	117
Recomendaciones.....	119
ANEXOS.....	122
BIBLIOGRAFÍA.....	130
INDICE.....	132



LEYENDA

- DEPOSITO ALUVIAL
- TERRAZA
- DERRUMBE
- SERIE Nº 4 Lutitas grises-blancas, limolitas (capas de yeso lechoso 3-15cm)
- SERIE Nº 3 Lutitas café-grises, limolita, arcilla (escamas de yeso cristalino) c=manto de carbón de 1 1/2 - 2m Pat.
- SERIE Nº 2 Limolita rosada compacta, arcilla (manto de carbón 30cm)
- SERIE Nº 1 Lutitas amarillas-crema, bituminosas, café (mineralización de azufre, escamas de yeso) c=mantos de carbón 0,50 1,30m Pat.

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- Contacto
- Falla
- Falla cubierta
- Eje anticlinal
- Eje sinclinal
- Estratificación inclinada
- MANTO DE CARBON CUBIERTO

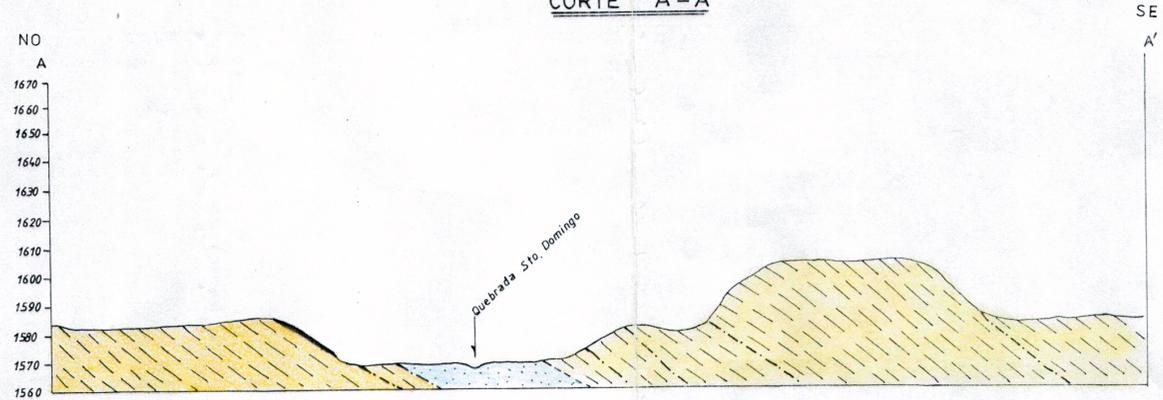
SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Carretera de tercer orden
- Quebradas
- Quebrada intermitente
- Curvas de nivel con intervalos de 10 m
- Estación de poligonal
- Vivienda

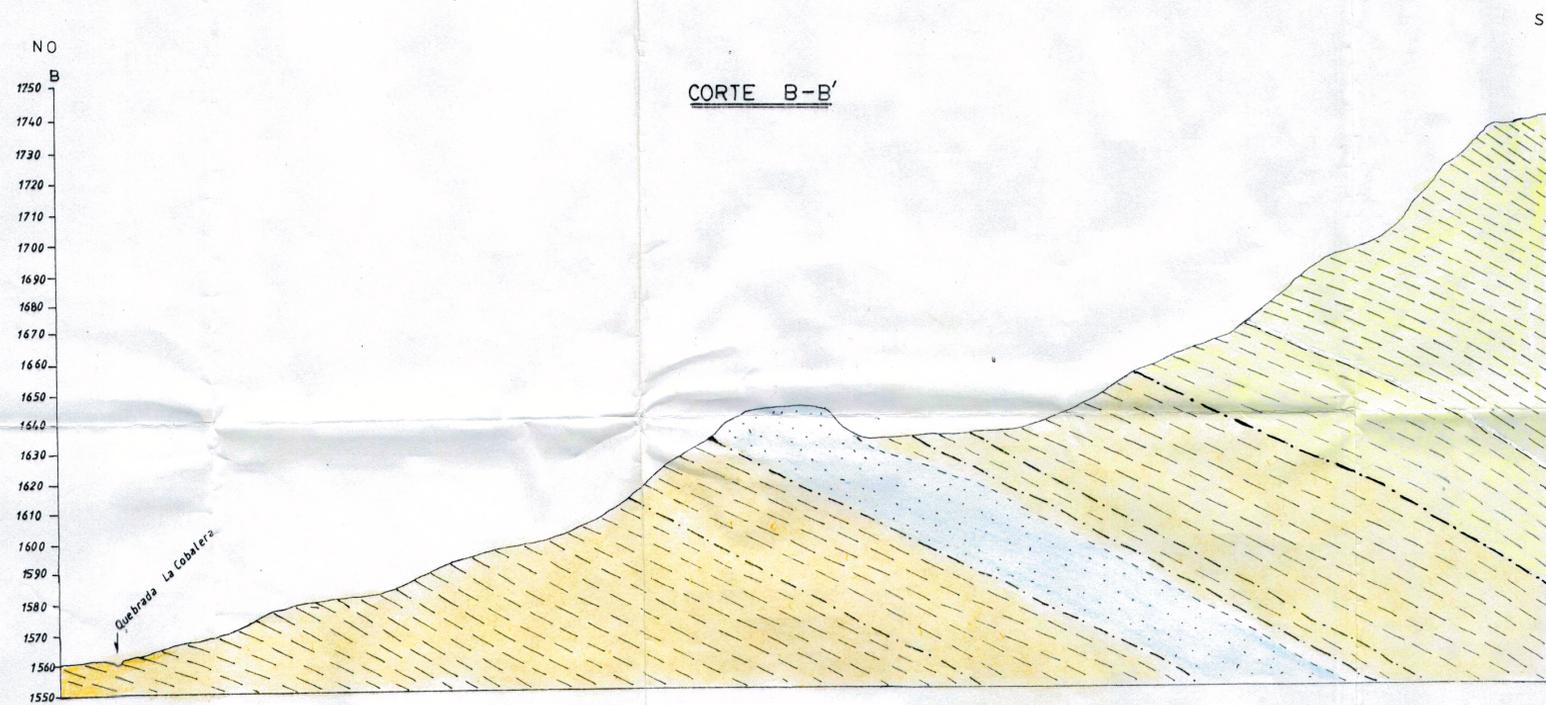
ZONA SIN LEVANTAMIENTO
TOPOGRAFICO Y GEOLOGICO

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA		
ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS		
CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y GEOLOGICO DEL YACIMIENTO DE CARBON DE SANTO DOMINGO (MALACATOS).		
ESCALA: 1-1500	REALIZADO POR: Egdo. ARTURO JIMENEZ L.	Revisado por: Ing. Carlos Salinas.
Fecha: 18-02-93		MAPA Nº 3

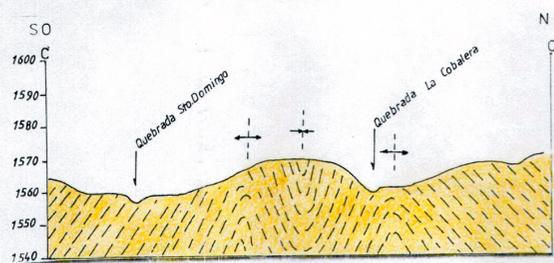
CORTE A-A'



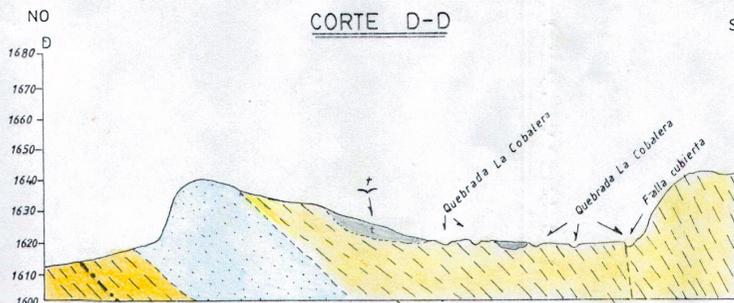
CORTE B-B'



CORTE C-C'



CORTE D-D'



SIMBOLOGIA

-  TERRAZA
- SERIE Nº4  LUTITAS GRISES-BLANCAS, LIMOLITAS
- SERIE Nº3  LUTITAS CAFES-GRISES, LIMOLITA, ARCILLA, C+manto carbón 1/2-2 m.Pot.
- SERIE Nº2  LIMOLITA ROSADA COMPACTA, ARCILLA
- SERIE Nº1  LUTITAS AMARILLAS CREMA BITUMINOSAS CAFES
C+mantos de carbon 0,50-1,30 m.Pot., 2,25 m Pot.
-  FALLA CUBIERTA
-  EJE ANTICLINAL
-  EJE SINCLINAL
-  CONTACTO

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS

CONTIENE:
CORTES GEOLOGICOS

Escala:
1:1500

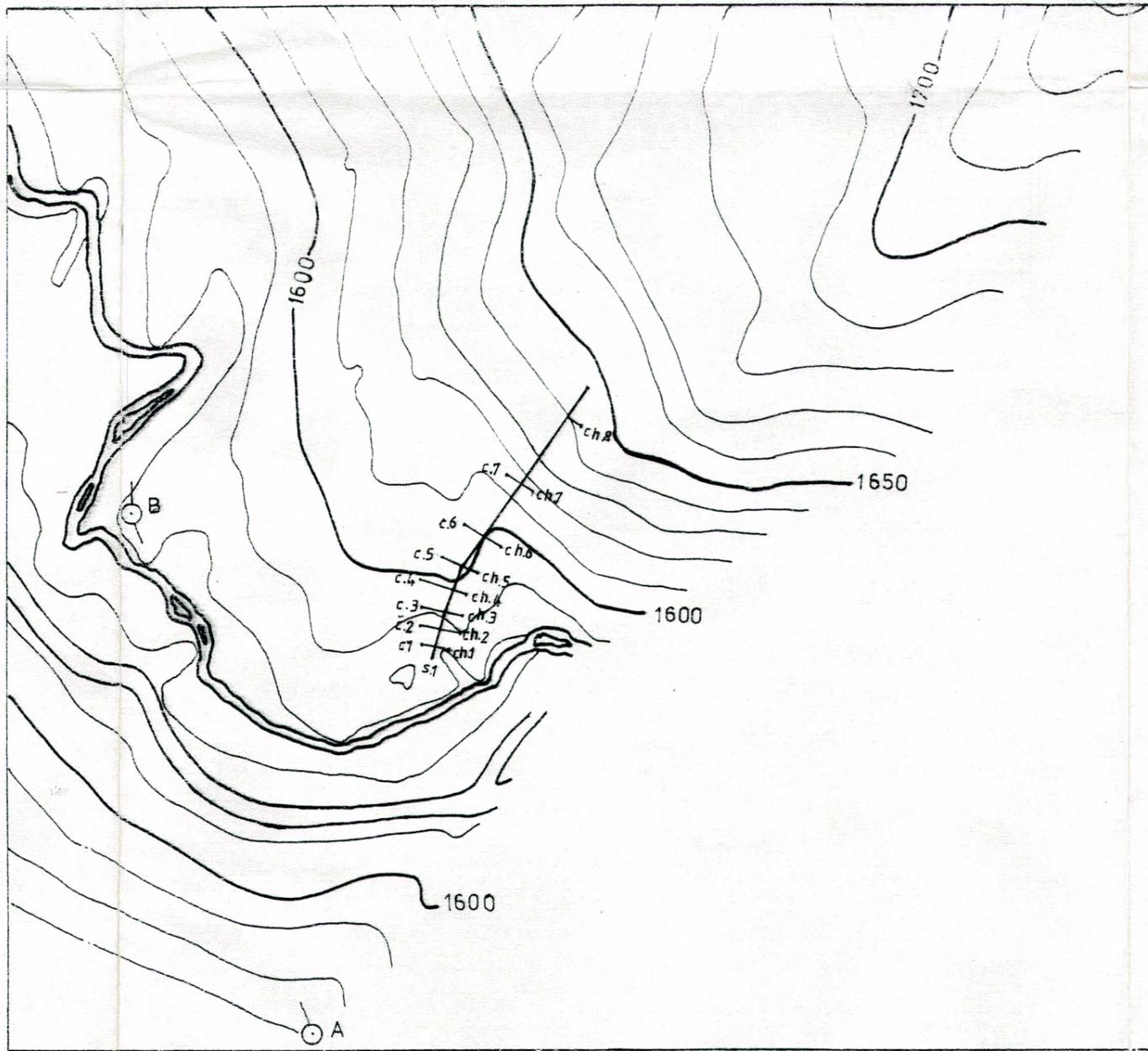
TESIS "CARBONES
MALACATOS"

Realizado:
Tcn. Arturo Jiménez L.

Fecha:
1993 - 03 - 09

Revisado:
Ing. Carlos Salinas.

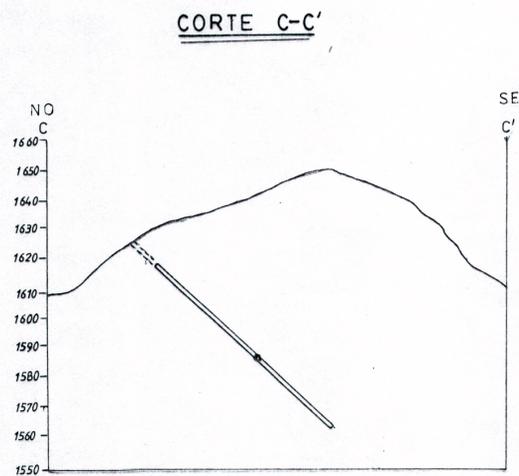
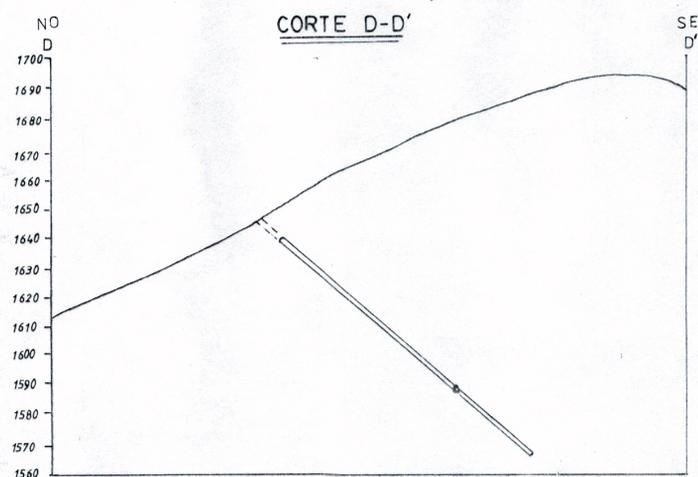
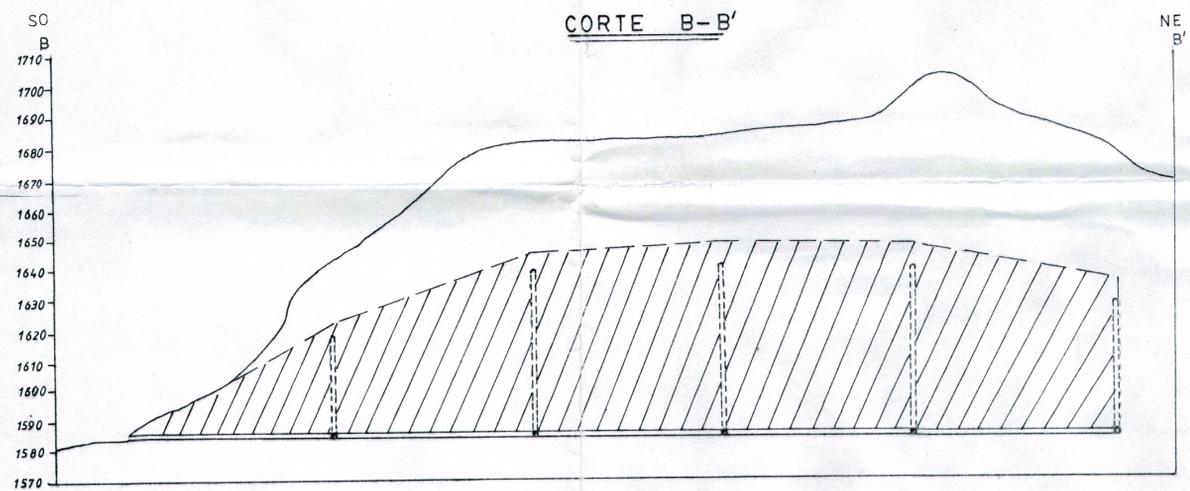
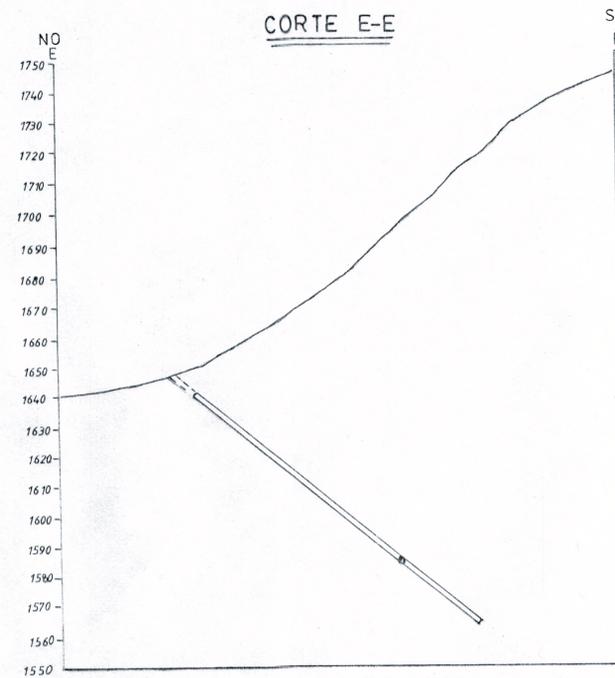
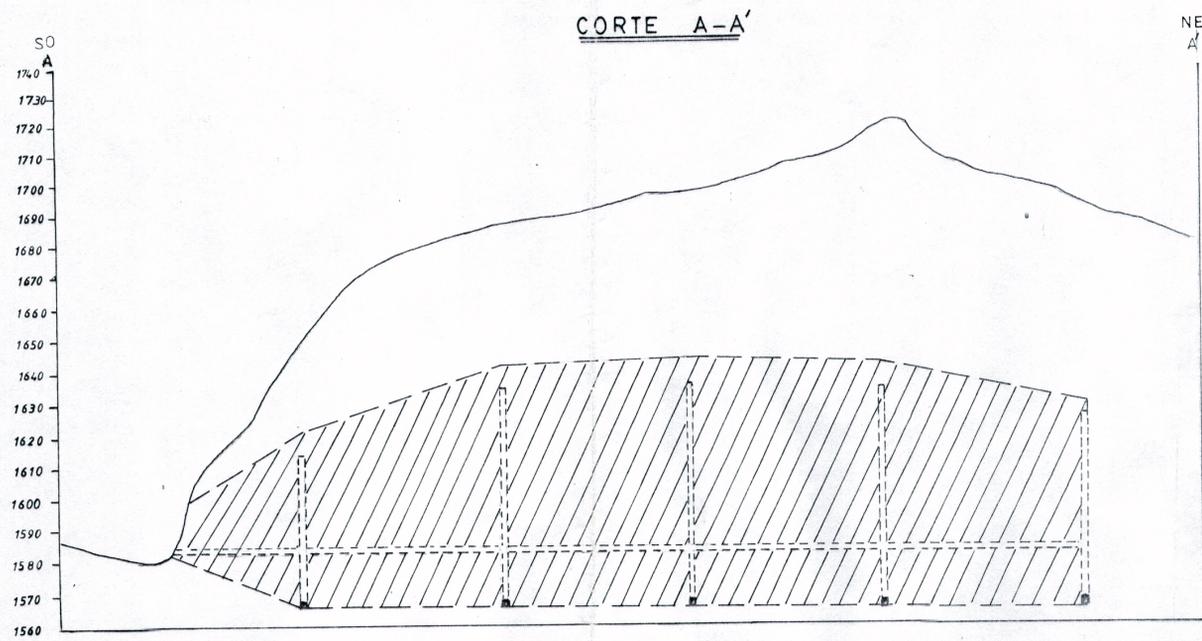
Lamina: Nº
4



SIMBOLOGIA

- CARRETERA TERCER ORDEN
- QUEBRADA
- ESTACION TOPOGRAFICA
- 1600 — CURVAS DE NIVEL CADA 10m DE INTERVALO
- s.1 — SOCAVON
- c.2 — CONTRACIELO
- ch.2 — CHIFLON

CONTIENE: GALERIAS ARTESANALES EXISTENTES		
Escala: 1-1500	Realizado por: Ego, ARTURO JIMENEZ L.	Revisado por: Ing. Carlos Salinas
Fecha: 05-03-93		Mapa: N° 5



SIMBOLOGIA

-  Manto de Carbón
-  Galerías mineras

 Cota de altura sobre el nivel del mar

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS

CONTIENE:
GALERIAS A PROYECTARSE (CORTES
EXPLORATORIOS) BLOQUE N° 1

Escala:
1: 1500

TESIS "CARBONES
MALACATOS"

Realizado por:
En. Arturo Jiménez L.

Fecha:
1993-03-29

Revisado:
Irg. Carlos Salinas

Lamina: N°
6



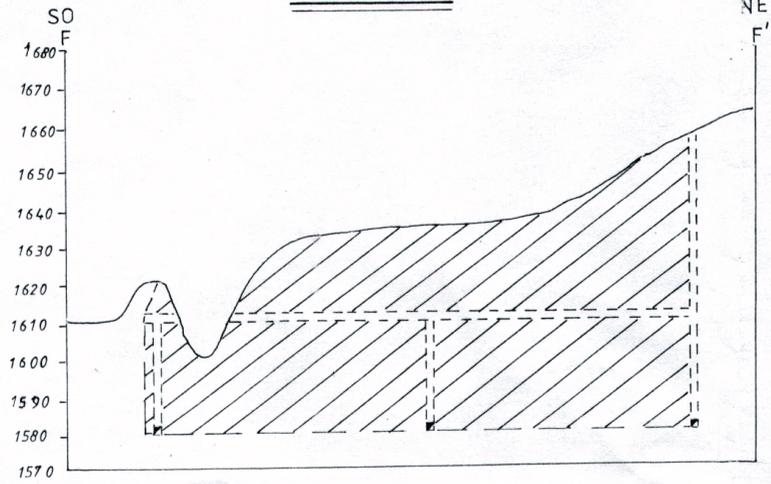
SIMBOLOGIA

- CARRETERA DE TERCER ORDEN
- QUEBRADAS
- QUEBRADA INTERMITENTE
- ESTACION DE POLIGONAL
- VIVIENDA
- MANTO DE CARBON
- SOCAVONES
- CONTRACIELO
- CHIFLON
- LIMITES DEL YACIMIENTO
- MANTO DE CARBON CUBIERTO

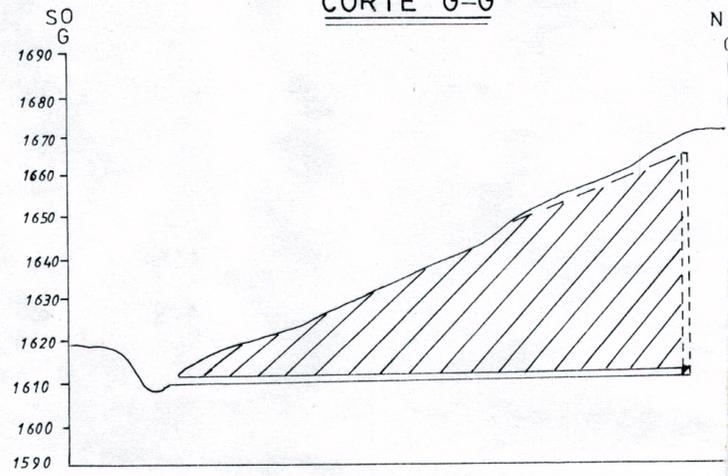
ZONA SIN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y
GEOLOGICO

	UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA		
	ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS		
CONTIENE: TRABAJOS EXPLORATORIOS (GALERIAS A PROYECTARSE)			
ESCALA:	1-1500	REALIZADO POR:	Revisado por:
FECHA:	05-02-93	Ejdo. ARTURO JIMENEZ L.	Ing. Carlos Salinas
			MAPA N° 6

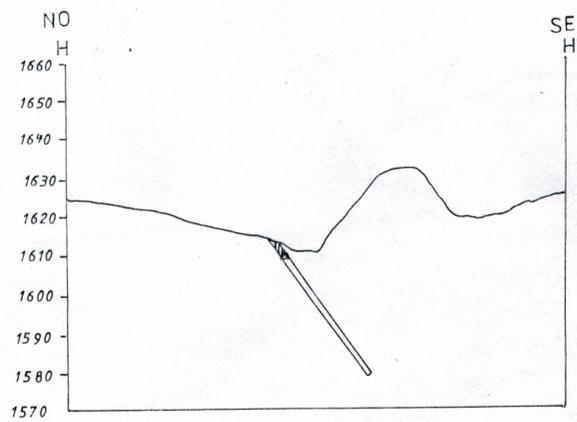
CORTE F-F'



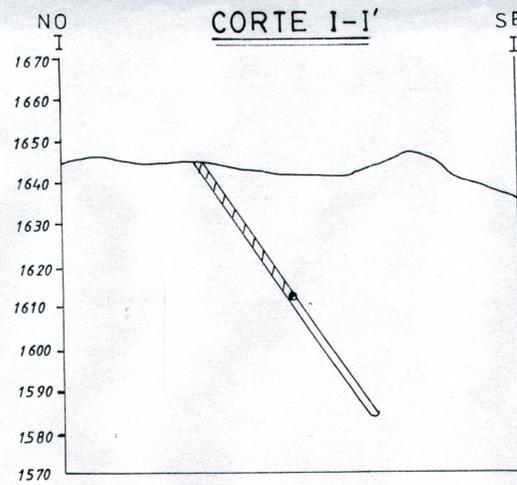
CORTE G-G'



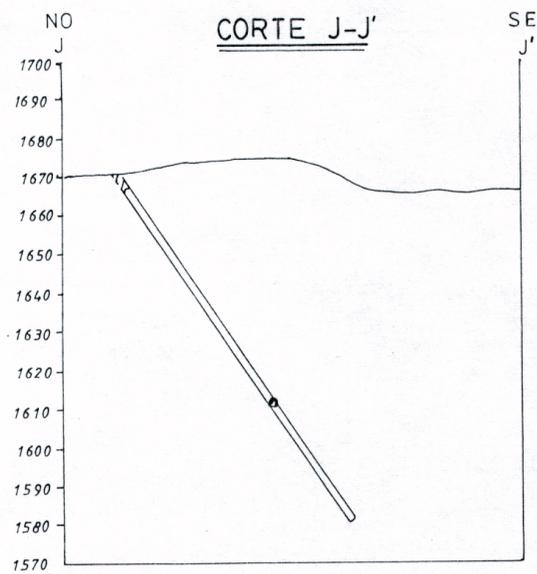
CORTE H-H'



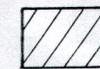
CORTE I-I'



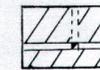
CORTE J-J'



SIMBOLOGIA



Manto de carbón



Galerías mineras

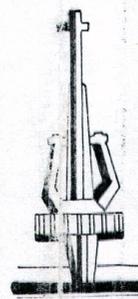


Cota de altura sobre el nivel del mar.

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE TECNOLOGIA EN MINAS

CONTIENE:
GALERIAS A PROYECTARSE (CORTES
EXPLORATORIOS) BLOQUE N° 2



Escala:
1:1500

TESIS "CARBONES
MALACATOS"

Realizado por:
Ing. Arturo Jimenez L.

Fecha:
1993-03-29

Revisado:
Ing. Carlos Salinas

Lamina N° 7

