

1

Normas Generales

Muestreo Análisis



REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

1

NORMAS GENERALES SOBRE
MUESTREO Y ANALISIS DE CARBONES

GERENCIA DE PLANIFICACION DEL CARBON
DIVISION ANALISIS DE RESERVAS
Santafé de Bogotá, D.C., Mayo de 1995





CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Resumen | 7 |
| Muestreo de Carbones | 7 |
| Tipos de Muestreo en un Proyecto Minero | 8 |
| Procedimiento para Toma de Muestras durante la Fase de Exploración y Desarrollo | 11 |
| Procedimiento para la Toma de Muestras de Producción | 21 |
| Análisis Físico Químicos y Petrográficos durante la Fase de Exploración y Desarrollo | 25 |
| Descripción Macroscópica de Carbones | 31 |
| Bibliografía | 34 |
| Anexo 1 | 35 |
| Anexo 2 | 38 |
| Anexo 3 | 41 |



RESUMEN

Se presenta un manual con guías de procedimientos para la recolección de muestras y diagramas de flujo sobre tipos de análisis a realizar.

Los datos de campo son básicos para los estudios de laboratorio y a partir de ellos se obtienen todas las conclusiones.

Los procedimientos de campo para describir y muestrear los depósitos de carbón, así como su posterior preparación para envío al laboratorio deben uniformizarse y los datos deben ser tan completos como sea posible.

Es por ésto que uno de los objetivos principales establecidos en el programa de caracterización de los carbones colombianos, es coordinar esfuerzos y unificar criterios a nivel nacional, en lo referente a los métodos y normas que se deben utilizar durante los programas de caracterización.

Este manual se utilizó de manera experimental durante el programa de caracterización de los carbones de Norte de Santander. Mediante actualizaciones y ampliaciones posteriores, se utilizará en los programas de caracterización de los carbones de todo el país. Se trata de un documento preliminar, por lo tanto cualquier observación al respecto será bien recibida.

Para su elaboración, ECOCARBON ha contado con la colaboración de Ingeominas y Colciencias. Recoge además, la experiencia obtenida por diferentes entidades y empresas, a través de los estudios realizados en las diferentes zonas carboníferas del país.

MUESTREO DE CARBONES

OBJETIVO

El objetivo de un muestreo de carbones, es obtener una muestra parcial representativa

de una unidad de muestreo, de tal manera que la distribución y proporción de sus variables físicas, químicas y petrográficas sean equivalentes a esa unidad de muestreo. Para muchos propósitos la muestra es luego reducida en tamaños de partículas y masa, proceso que se denomina preparación. La muestra final de análisis consiste generalmente de sólo 60 gramos con un tamaño de partícula menor de 0.2 mm (malla 60).

Antes de emprender un programa de muestreo, se debe tener en cuenta y haber definido los siguientes aspectos:

- ◆ El material a ser muestreado
- ◆ La cantidad a ser muestreada
- ◆ Los análisis requeridos
- ◆ La precisión requerida
- ◆ La logística necesaria durante la operación.

Durante la operación de muestreo de carbones, no debe ahorrarse ningún esfuerzo en cuanto al cuidado y precisión de esta actividad, ya que de ello dependen en alto grado el éxito de las subsiguientes actividades de preparación y análisis de muestras.

Como se sabe el carbón por su variabilidad en su composición, es uno de los materiales más difíciles de muestrear, razón por la cual los países productores y consumidores han desarrollado normas claras y precisas sobre muestreo, preparación y análisis. Es así como asociaciones de países productores y consumidores han desarrollado normas técnicas, para diferentes propósitos. Entre las más conocidas están ISO y ASTM.

Un muestreo adecuado permite evaluar o conocer entre otros los siguientes resultados:

- ◆ Caracterizar física, química, petrográfica y tecnológicamente los carbones.
- ◆ Conocer la variabilidad de los diferentes parámetros de calidad analizados.
- ◆ Planificar las etapas de desarrollo y producción de proyectos mineros.
- ◆ Definir usos industriales y tecnológicos del carbón.
- ◆ Realizar contratos de compraventa.



- ◆ Identificar problemas de tipo ambiental durante la producción, manejo, procesos de beneficio y utilización del carbón.

El anexo 1, presenta un breve resumen sobre la forma de clasificar al carbón por rango, según las normas ASTM, lo que corresponde al uso inicial, de los sistemas de muestreo y análisis que a continuación se explican.

IMPORTANCIA DE LA COMPOSICION DEL CARBON EN EL MUESTREO

El hecho de ser el carbón una roca, esto es, una asociación de constituyentes microscópicos llamados macerales, hace que la operación de muestreo sea una tarea difícil. Es claro que un muestreo debe responder a una buena planificación, pero en muchos casos, no se utilizan verdaderos especialistas en el conocimiento de las características de los carbones. Aun después de haber definido las normas de muestreo para determinada región geológica, pueden existir problemas al adaptar estas normas específicas a otros yacimientos de carbón.

Por otro lado, los efectos de la carbonificación progresiva sobre las macerales y litotipos, contribuyen también a la variación composicional de los carbones y por lo tanto repercuten ampliamente sobre las normas aplicadas a muestreo.

La heterogeneidad no uniforme de los mantos de carbón hacen que la escogencia de muestras al azar no sean igualmente representativas del manto de carbón y puedan variar considerablemente de una muestra a otra. Es por eso, que el muestreo debe involucrar especificaciones según la clase de carbón a muestrear, el manto y la localización.

Más aun, la variabilidad de los resultados analíticos está basada fundamentalmente en el método y cuidado con que se realice el muestreo (Figura 1).

FIGURA 1
COMPONENTES DE LA VARIANZA DE UN RESULTADO ANALITICO



Finalmente la selección de muestras de carbón para investigación básica y aplicada debe hacerse teniendo en cuenta tanto la variedad composicional como el número de muestras y el número de mantos desde donde se han obtenido las muestras. Aún en aquellos casos especiales en los cuales los mantos y áreas sean para uso industrial, se debe tener en cuenta la variación composicional para determinar el tipo de muestra y la estrategia a seguir durante el muestreo.

TIPOS DE MUESTREO EN UN PROYECTO MINERO

Los tipos de muestreo de carbones se pueden clasificar de acuerdo a las etapas de un proyecto geológico - minero así:

1. Muestreo durante la fase de exploración y desarrollo.
2. Muestreo durante la operación minera del proyecto (producción).
3. Muestreo para propósitos especiales.

MUESTREO DURANTE LA FASE DE EXPLORACION Y DESARROLLO

Durante las fases de exploración y desarrollo de un proyecto minero se pueden tomar diversos tipos de muestras.



Estas muestras pueden representar o bien el estrato continuo de carbón en todo su espesor y sus relaciones litológicas y texturales o por otro lado, representar el espesor uniforme muestreado aunque se mezclen durante su recolección. A continuación se enumeran los diferentes tipos de muestreo que se pueden considerar: (Ver Figura 2).

Un muestreo de afloramiento es aquel que se toma de un manto de carbón aflorante en la superficie. Usualmente se toma mediante apiques, trincheras y túneles. El carbón a muestrear generalmente ha estado expuesto a las condiciones atmosféricas por un largo período de tiempo. Los efectos de la meteorización se extienden por varios metros, desde la superficie expuesta hacia el interior del manto de carbón. El túnel exploratorio permite que esta muestra de afloramiento se tome lo más fresca posible.

Dependiendo de la precisión que se requiera en los resultados de los análisis, se debe decidir si las muestras de afloramientos se hacen mediante trincheras, apiques y/o túneles exploratorios.

Muestreo de columna

Es una muestra sólida en forma de pilar de aproximadamente 0.30 x 0.30 metros, por el

espesor del manto de carbón muestreado, en donde se indica la orientación y se mantienen todos los componentes del manto en su posición original (Figura 2). Las muestras de columna sirven para responder cualquier interrogante acerca de las relaciones texturales o de la posición relativa que puedan surgir en el estudio de una serie de muestras de bloque.

Las muestras de columnas son suficientemente grandes para suministrar el carbón necesario para muestreo detallado de cada capa o unidad litológica y permitir su estudio por distintos métodos con seguridad absoluta de la correlación exacta dentro de la columna.

Muestreo de Canal

Son muestras de volumen de carbón triturado que incluyen el espesor total del manto tomado, de tal manera que cada uno de los estratos constituyentes están representados en igual proporción a su espesor.

La muestra de canal se obtiene mediante un corte uniforme y continuo perpendicular a la estratificación (Figura 2).

En general se recomienda, para programas de caracterización, que las muestras de canal sean tomadas en frentes de minas de producción, asegurándose así que las

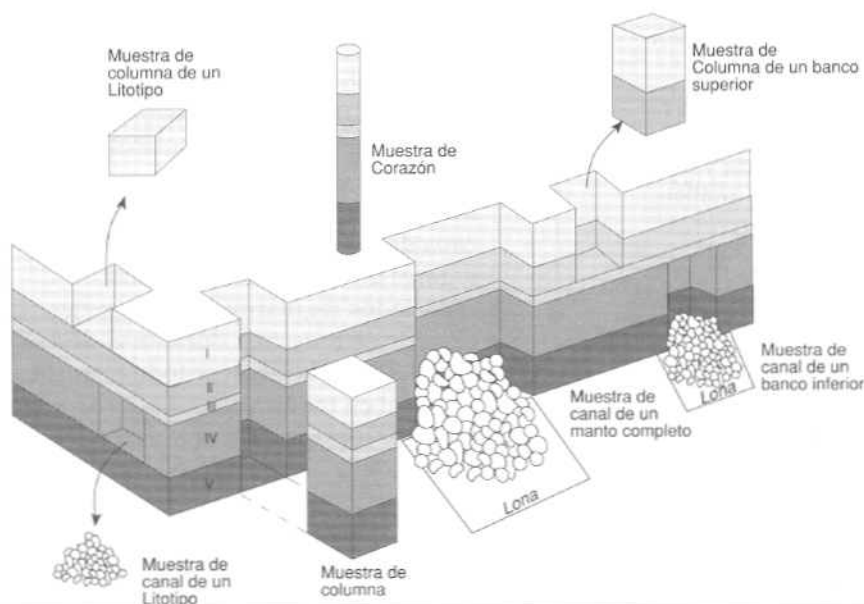


FIGURA 2
TIPOS DE MUESTRAS
DE CARBÓN



muestras sean frescas. En general las muestras de canal deben ir acompañadas de muestras de los respaldos, techos y pisos de cada manto de carbón.

Adicionalmente deben existir indicaciones precisas sobre el muestreo de las intercalaciones de rocas, según que su espesor sea o no separable.

Muestreo de perforación

En un programa de perforación para un yacimiento carbonífero se pueden tener muestras de núcleos y muestras de rípios de pozos abiertos. En el anexo 2 se presentan algunos formatos útiles para el manejo de la información proveniente de programas de exploración.

Las muestras de núcleo se obtienen mediante perforación con taladro (broca de diamante), con un diámetro de la muestra entre 1 a 3 pulgadas, por el espesor del manto de carbón (Figura 2). Si durante la operación de perforación la muestra recuperada no está fracturada y no ha habido pérdidas durante la operación, la muestra obtenida suministra excelente información sobre el manto de carbón en cuanto a sus componentes, posición original y orientación dando características del manto de carbón en profundidad.

Las muestras de ripio "cuttings" son aquellas que se obtienen de taladros con brocas tricónicas, en donde la muestra obtenida está completamente triturada sin partículas finas, y contaminada por los lodos circulantes.

La información obtenida es limitada y se recomienda su no utilización para análisis físicoquímicos, por considerarse no representativas.

Las perforaciones tricónicas se hacen principalmente para obtener información de profundidad y espesor de los mantos de carbón y de los estratos de estériles. A este tipo de perforaciones generalmente se le toman los registros eléctricos verticales de pozos.

MUESTREO DURANTE LA OPERACION MINERA

El sistema de muestreo en la fase de producción depende de si el carbón es muestreado:

- A. De un flujo móvil en una banda.
- B. De un flujo móvil discontinuo (ejemplo: un cargador de canasta).
- C. En un punto de descargue de un flujo en movimiento continuo.
- D. De una banda parada.

El muestreo puede ser manual o mecánico y puede realizarse en bandas transportadoras, en volquetas o camiones, en vagones, en barcasas, en barcos y en pilas.

A continuación se enumeran en forma general, los principales tipos de muestreo de producción :

Muestreo en bandas transportadoras

Es el sistema de muestreo más confiable, ya sea en banda estacionaria o en movimiento, siendo el primero el más preciso, razón por la cual se utiliza como método de referencia para verificar cualquier otro método. Los incrementos se pueden tomar a mano, con dispositivos especiales, (palas, canastas o separadores) o automáticamente.

Muestreo de volquetas, camiones o vagones

Este muestreo se utiliza para propósitos de control de calidad y las muestras no pueden ser usadas para investigación científica. Cuando se muestrea antes del descargue se debe remover previamente una capa de por lo menos 30 cms eligiendo los lugares de muestreo en puntos espaciados regularmente en zig-zag. Cuando se muestrea durante el descargue, la muestra debe abarcar todo el ancho del material en movimiento o por lo menos debe ser tomada en tres lugares del ancho total.

Cuando se muestrea después del descargue los incrementos se deben tomar a diferentes



alturas del talud tomado, siguiendo en espiral.

Muestreo de pilas y barcos

Son muestras voluminosas de carbón triturado, que se toman desde una pila de almacenamiento. Puede consistir de carbón de un solo manto o de varios mantos, carbón lavado o carbón crudo. El método de muestreo depende del método de construcción de la pila (ejemplo: una pila construida en capas, debe ser corazonada en varios sitios). La calidad de la pila es importante cuando se requieran muestras frescas.

MUESTREO PARA PROPOSITOS ESPECIALES

Se refiere a muestras que se toman con un objetivo específico, según la cual la metodología y la muestra final obtenida deberá tener ciertas condiciones particulares. Se pueden identificar las siguientes :

1. Muestras de uso industrial
2. Muestras para uso científico
3. Muestras para caracterización petrográfica
4. Muestras para caracterización palinológica
5. Muestras para caracterización química
6. Muestras para caracterización física
7. Muestras para propósitos educativos.

PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRAS DURANTE LA FASE DE EXPLORACION Y DESARROLLO

MUESTRA DE CANAL

Para la toma de una muestra de canal, se

debe seleccionar un frente fresco (en producción) de carbón, en un lugar donde el carbón no se haya expuesto a la atmósfera. Un frente de producción apto para el muestreo de canal, es el interior de una mina en la cual, permanentemente se esté arrancando el carbón.

Los siguientes pasos se deben seguir para la toma de una muestra de canal:

- ◆ El sitio a muestrear debe estar perfectamente localizado, en lo posible se hará el respectivo levantamiento topográfico.
- ◆ Describir, registrar y levantar una columna local del manto de carbón, con las observaciones geológicas, descripción macroscópica del carbón, posición de las intercalaciones separables y no separables y tipos de respaldos, techo y piso. (Figuras 3, 4 y 5)* .
- ◆ Se buscará tomar las muestras en un sitio que por conocimiento anterior permita establecer que no se trata de una zona de adelgazamiento o engrosamiento, así mismo, se debe descartar el muestreo en zonas de fallas y en la vecindad a intrusiones cercanas a las zonas de meteorización.
- ◆ La muestra se obtiene por la elaboración de una canal mediante un corte uniforme y continuo.
- ◆ Se debe lograr una superficie lo más regular posible.
- ◆ Se debe limpiar bien la superficie a muestrear hasta una profundidad de 5 cms como mínimo. En el caso particular y a juicio del geólogo cuando fuere necesario tomar la muestra en un frente de mina inactiva, la profundidad deberá ser mayor de 10 cms.
- ◆ Marcar los lados del canal con tiza así como los materiales y cuerpos locales no representativos al carbón y los cuales deben descartarse tales como intercalaciones separables, nódulos o concentraciones de minerales, etc.
- ◆ A continuación se procederá a adelantar una escrupulosa limpieza del piso en el sitio de muestreo a fin de evitar

PASA PAGINA 12.

* Además de las figuras, el anexo 3 presenta un breve recuento de las principales zonas carboníferas de Colombia, de utilidad para la codificación respectiva.



GUIA PARA DILIGENCIAR EL FORMATO DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS

(Hace parte de la Figura 3)

NUMERO:

Corresponde a la identificación de la muestra, son 11 dígitos que significan: ZZMMNNXXX, donde ZZ: Departamento, MM: Municipio, NNN: Zona carbonífera y XXX: es un consecutivo de número de muestras tomadas.

1. LOCALIZACION

Departamento: Nombre del departamento en el cual se encuentra la mina o sitio de muestreo.

Municipio: Nombre del municipio de acuerdo con la división política del país y cuya jurisdicción cubre el área de la mina o sitio de muestreo.

Corregimiento: Nombre del corregimiento o división política de cuarto orden.

Vereda: Nombre de la vereda, donde se encuentra la mina o sitio de muestreo.

Zona: Nombre de la zona carbonífera a la que pertenece la mina o sitio de muestreo.

Sector: Según la división de la zona carbonífera.

Formación Geológica: A la cual pertenecen los mantos de carbón muestreados y estimar su posición dentro de la formación.

Manto: Indicar el manto de carbón muestreado.

Afloramiento: Llenar la casilla si la muestra es de afloramiento.

Trinchera: Llenar la casilla si la muestra es de trinchera.

Apiques: Llenar la casilla si la muestra es de apiques.

Túnel Exploratorio: Llenar la casilla si la muestra es de túnel exploratorio.

Canal: Llenar la casilla si la muestra es de canal.

Tipo de registro: Permite adicionar, corregir o comparar la información consignada.

Tomada por: Nombre(s) de la(s) personas que toma(n) la muestra.

Profesión: De la(s) persona(s) que toma(n) la muestra.

Entidad: A la(s) cual(es) pertenece(n) la(s) personas(s) que toma(n) la muestra.

Fecha: Día, mes y año en el cual es tomada la muestra.

Norte (Y): Coordenada Norte del sitio de muestreo según el levantamiento topográfico correspondiente.

Este (X): Coordenada Este del sitio de muestreo según el levantamiento topográfico correspondiente.

Altitud: Del sitio de muestreo, según el levantamiento topográfico correspondiente.

Posición del sitio de muestreo: Referida a un sitio o accidente geográfico importante, cercano al sitio de muestreo, por ejemplo: un río, una población, etc.

Plancha: Nombre de la plancha donde se puede ubicar el sitio de muestreo, según convenciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Escala: Escala de la plancha donde fue ubicado el sitio de muestreo.

Referencia: Fuente o sitio donde se puede encontrar la plancha en cuestión.

Tipo (*): De los trabajos realizados en el sitio de muestreo, por ejemplo: Si hay cartografía geológica, escala, labores de exploración que se han realizado: perforaciones (triconadas y/o corazonas), apiques, trinchera, etc. Otro tipo de trabajo realizado.

Fechas (*): Correspondientes a los trabajos realizados descritos anteriormente.

Entidad (*): Que realizó los trabajos en referencia.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

Observaciones (*): Comentarios que se pueden hacer sobre los trabajos.

2. ANALISIS

Cuarteo: En el sitio de muestreo: indicar si se cuarteo, se molió o se hizo otra operación con la muestra en el sitio de la toma.

Consideraciones sobre condiciones de observación y humedad: Especificar si las condiciones de observación son buenas, regulares o malas, donde se toma la muestra. Decir si se toma la muestra húmeda o no, si se hace el cuarteo al sol, etc.

Laboratorios para Análisis ():** Según la operación que vaya a realizar cada uno de ellos: Preparación y cuarteo de muestras, Análisis parciales, Análisis completos, Análisis de testigos, Otros análisis, Análisis tecnológicos, etc.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

Notas y observaciones: Sobre los análisis que se llevarán a cabo.

(*) Para llenar estos ítems, será necesario contar con el levantamiento topográfico del punto de muestreo o las referencias que de el personal técnico de la mina.

(**) Estos ítems se llenarán normalmente, en el sitio de muestreo.

(***) Los resultados serán remitidos por el laboratorio en el formulario del informe de análisis (Figura 28).



- ◆ La muestra bruta debe tener como mínimo un peso de 20 Kgs, a partir de la cual se obtendrán las dos muestras arriba mencionadas (muestra para el laboratorio y muestra testigo).
- ◆ Recolectar los respaldos de techo y piso en los sitios seleccionados previamente, acorde con el plan de muestreo. Aproximadamente se tomarán 10 cms de techo y 10 cms de piso para cálculos de dilución. Al igual que en el carbón se deberán tener las mismas precauciones en la recolección, empaque e identificación.

PREPARACION Y CUARTEO PARA MUESTRAS DE CANAL Y DE AFLORAMIENTO

- ◆ La muestra bruta de carbón recolectada en el campo, se debe reducir de tamaño para ser enviada al laboratorio, donde se practicarán los análisis requeridos. Una muestra testigo deberá conservarse en el campo (Figuras 7 y 8).
- ◆ El esquema de la figura 7 indica cómo debe efectuarse esta preparación. La muestra bruta de mínimo 20 kgs debe ser triturada con pisón hasta un tamaño

FIGURA 7
SECUENCIA ESQUEMATICA DE MUESTREO

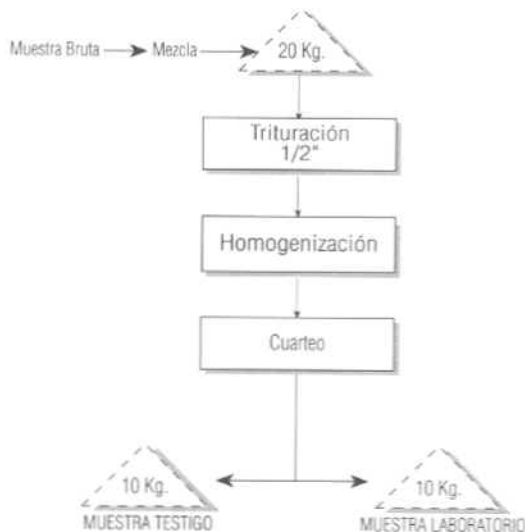


FIGURA 8
SECUENCIA ESQUEMATICA DE MUESTREO

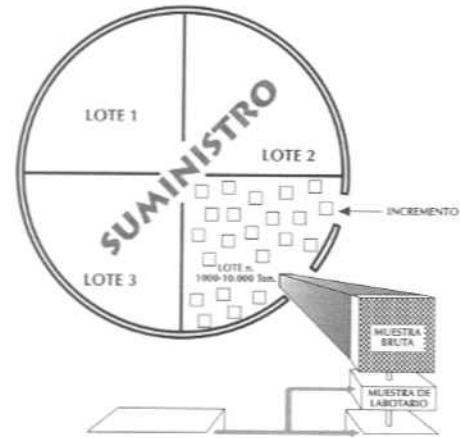
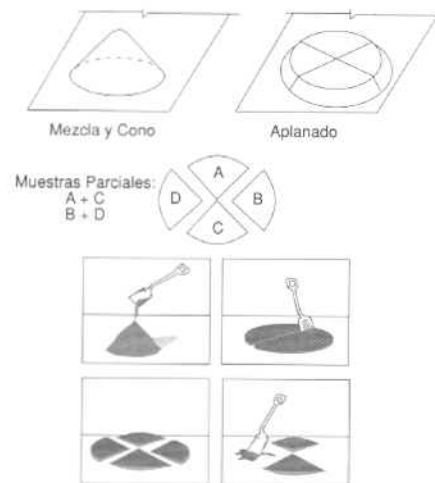


FIGURA 9
CUARTEO MEDIANTE CONO



menor a 1/2 pulgada. Este trabajo debe hacerse bajo condiciones tales que las pérdidas de humedad sean mínimas.

- ◆ Apilar, mezclar completamente y cuartear la muestra utilizando el método el cono (Figura 9 y 10) o cuarteador mecánico (Figuras 11, 12 y 13). Reducir su tamaño rechazando cuartos opuestos.



FIGURA 10
CUARTEO PARA MUESTRAS GRANDES

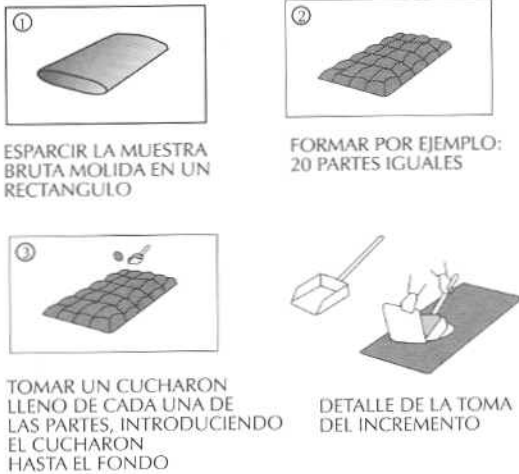
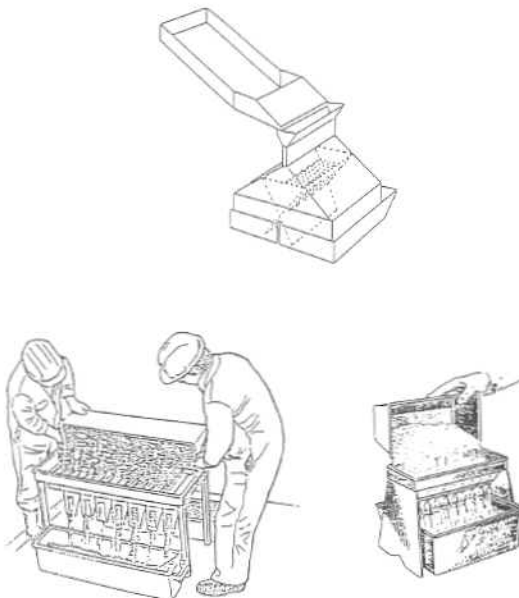


FIGURA 11
DIVISION CON CUARTEADOR



- ◆ Repetir el proceso de mezclar y cuartear hasta obtener 2 muestras entre 10 y 30 kgs cada una. Una de ellas se enviará debidamente empacada e identificada, al laboratorio y la otra se guardará como muestra testigo.

FIGURA 12
DIVISOR ROTATORIO DE MUESTRAS

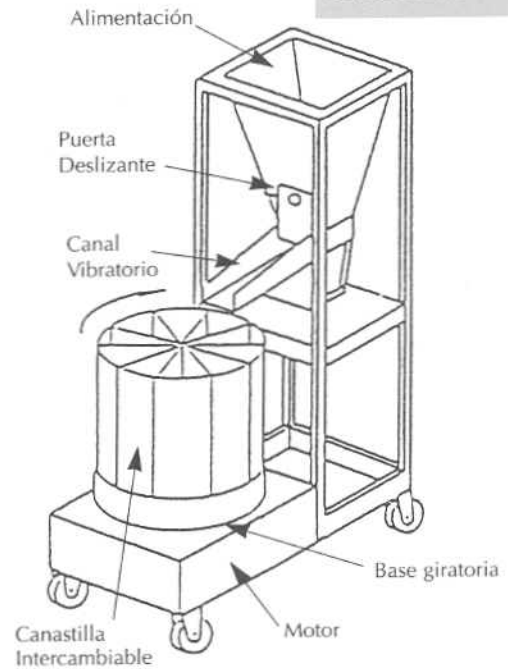
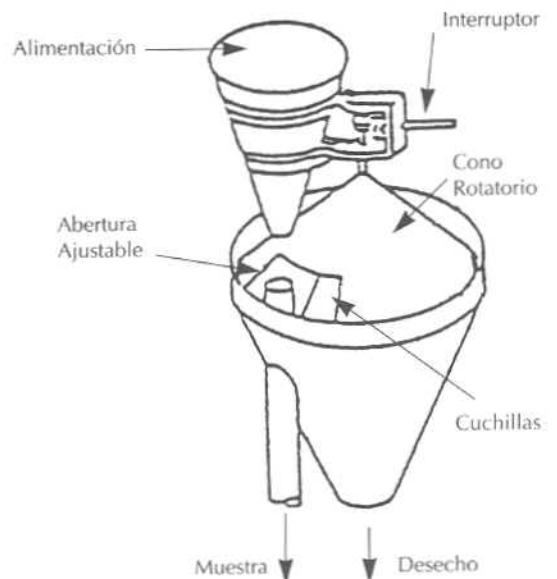


FIGURA 13
CONO ROTATORIO





EQUIPOS Y MATERIALES PARA EL MUESTREO DE CANAL Y DE AFLORAMIENTO

Las herramientas normales como son, el martillo geológico, brújula, lupa, navaja, altímetro y libreta no necesitan mención especial, porque generalmente el geólogo los lleva consigo a todas las labores del campo, haya o no información previa adecuada sobre los mantos expuestos. No todo el equipo aquí mencionado será necesario para cada ocasión.

Equipo de Excavación: Pica de minería, azadón liviano, martillo corriente, martillo picador neumático (en lo posible), pala, lima, cinceles de varios tamaños y maceta.

Equipo de limpieza: Brocha o cepillo de mano de diferentes tamaños y escobas.

Materiales de marcación y rótulos: Lápices, marcadores, cinta pegante transparente de 10 cms de ancho, tarjetas o fichas de identificación, según anexo y tiza.

Materiales para empaque: Bolsas plásticas calibre grueso (0.15 cms) y de tamaño 1.0 x 0.50 metros, sacos de polipropileno, lona, cuerina o material plástico resistente para recolectar la muestra, cabuya o pita y recipientes.

Equipos de iluminación y seguridad: Lámparas de iluminación con batería, casco de seguridad, cinturón ancho de cuero, linterna de mano, botas de seguridad, overol y guantes.

Equipos de medición: Cinta métrica, decámetro y regla o escala.

Equipo de Preparación: Lámina de acero de 3.0 x 3.0 mts, cuarteador con divisiones cuyas aberturas tengan dos pulgadas de lado y pala de punta cuadrada.

MUESTRAS DE AFLORAMIENTO

Generalmente las muestras de afloramiento se toman mediante apiques, trincheras o

túneles*. Prácticamente se aplican los mismos procedimientos establecidos para la toma de muestras de canal.

- ◆ Seleccionar la zona de afloramientos del manto de carbón a muestrear.
- ◆ Apertura de un hueco o un corte transversal mediante la remoción de material utilizando pica, pala y/o equipo mecánico.
- ◆ Destapado el manto de carbón, se procede a extraer material de carbón siguiendo el buzamiento del manto hasta una longitud de por lo menos 1.0 metro que permita la recolección de una muestra lo menos alterada posible.
- ◆ Tomar a pico y pala una muestra representativa del manto de carbón aflorante, cubriendo todo su espesor.
- ◆ Al igual que la muestra de canal proceder a preparar la muestra siguiendo el mismo procedimiento allí descrito.

MUESTRAS DE COLUMNA

Las muestras de carbón de columna o pilar son costosas por lo dispendioso de su recolección y transporte. El objetivo es enviar al laboratorio un bloque monolítico de carbón que representa un manto completo. Los procedimientos para la toma de esta muestra se puede resumir en :

- ◆ Selección del frente apropiado de carbón para la toma de la muestra monolítica.
- ◆ Mediante un dispositivo cortador y perpendicular a la estratificación, cortar todo el espesor del manto de carbón, considerando una columna de 0.30 x 0.30 mts.
- ◆ Indicar la orientación de la muestra, de tal manera que todos los componentes del manto de carbón queden en su posición original.
- ◆ Al empacar la muestra para su

* Debido a que estas muestras por lo general están alteradas, se recomienda practicar únicamente análisis próximo poder calorífico y azufre. Cuando la muestra de afloramiento se toma mediante túnel, es posible realizar análisis más completos.



transporte, debe tenerse sumo cuidado, evitando el fracturamiento de ella.

- ◆ La muestra monolítica, como un todo es estudiada y analizada en el laboratorio.

MUESTRAS DE NUCLEOS DE CARBON

Las instrucciones y recomendaciones a seguir en un programa de muestreo de núcleos son :

- ◆ Los geólogos de campo serán responsables de las medidas y descripción de los núcleos. La descripción del núcleo, el muestreo, el manipuleo y empaque deberá hacerse tan rápido como sea posible minimizando así las pérdidas por humedad.
- ◆ Se muestrearán los núcleos del carbón con recuperación del 80% o más. En casos especiales a criterio del geólogo, se podrán muestrear núcleos con recuperación menor.
- ◆ Todos los núcleos muestreados consistirán del total del diámetro del corazón.
- ◆ Dependiendo del programa de exploración o desarrollo se determinarán los espesores a muestrear, así:

Para proyectos de minería subterránea:

- ◆ Se recomienda muestrear espesores de

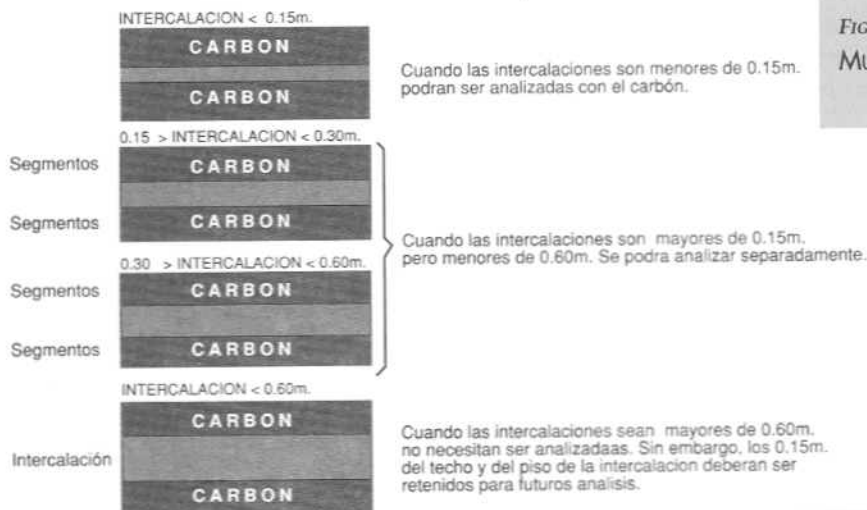


FIGURA 14
MUESTREO PARA ANALISIS

carbón mayores a 60 cms, sin embargo, esta cifra será revisada en cada proyecto. Las longitudes muestreadas no excederán los 3 metros en forma continua.

Los carbones que contienen intercalaciones (estériles) deberán ser analizados así :

- ◆ Cuando las intercalaciones son menores de 10 cms, podrán ser analizadas con el carbón.
- ◆ Cuando las intercalaciones son mayores de 10 cms, pero menores de 60 cms, se podrán analizar separadamente.
- ◆ En caso de que el estéril tenga un espesor mayor al 30% del espesor de carbón acumulado, se tomará como separación de dos mantos y no como intercalación; dicha cifra no excederá de 60 cms.
- ◆ Cuando las intercalaciones son mayores de 60 cms y el espesor de los segmentos de carbón son también mayores a 60 cms., se considerará cada segmento como un manto individual, tomando los 15 cms, de techo y piso de cada manto de carbón.
- ◆ Aproximadamente 15 cms de techo y base de cada manto de carbón deberán ser también muestreados para futuras mezclas con el correspondiente manto de carbón.

Para proyectos de minería a cielo abierto: (Figura 14.)



- ◆ Se muestrearán espesores de carbón mayores de 0.70 mts, sin embargo, dependiendo de cada caso se podrá modificar esta cifra. Las longitudes muestreadas no excederán los 3 mts.

Los carbones que contienen intercalaciones (estériles) deberán ser analizadas así:

- ◆ Cuando las intercalaciones son menores de 15 cms podrán ser analizadas con el carbón.
- ◆ Cuando las intercalaciones son mayores de 15 cms, pero menores de 60 cms se podrán analizar separadamente.
- ◆ Cuando las intercalaciones son mayores de 60 cms y los segmentos de carbón son mayores a 0.70 mts cada segmento se considerará como un manto individual, tomando los 15 cms, de techo y del piso de cada manto resultante.
- ◆ Aproximadamente 15 cms de techo y base de cada manto de carbón deberán ser también muestreados para futuras mezclas, con el correspondiente manto de carbón.
- ◆ La cantidad de muestra de roca de techo o piso, o intercalaciones a diluir se hará de acuerdo a cada caso, dependiendo del tipo y forma de explotación.
- ◆ Todas las muestras, pero en especial la de los segmentos de carbón, deberán ser empacadas y selladas con sus correspondientes etiquetas en plástico y el tiempo entre colección de la muestra y el envío al laboratorio deberá ser el mínimo posible.

PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE PRODUCCION

A continuación se hace un resumen sobre las normas de muestreo ISO Y ASTM, algunas consideraciones prácticas que se

deben tener en cuenta cuando se muestrea carbón de producción, o sea, carbón que ya ha sido arrancado o extraído del manto por operaciones mineras.

Para cualquier información adicional, se deben consultar las normas ISO 1975 - 1988 (E) o ASTM D-2234.

Antes de tomar la muestra debe decidirse acerca del tamaño requerido para los diferentes ensayos.

Las muestras deben ser representativas de la mayor cantidad de carbón producido y con un mínimo de 12 incrementos cada una. Se debe incluir más de una muestra, sobre todo al considerar que se deben analizar aparte varias características del carbón o del sistema de explotación, por ejemplo, cuando hay varios métodos de minería, minería selectiva, mantos anómalos, carbón meteorizado en algún porcentaje, etc.

El número de incrementos para muestrear carbón hasta 1.000 toneladas se presenta en la Tabla No. 1.

TABLA No. 1.

Número de Incremento para Suministros de hasta 1000 Toneladas según Normas ISO

| ESTADO DEL CARBON | CARBON LAVADO | CARBON SIN LAVAR |
|------------------------------------|---------------|------------------|
| Bandas transportadoras y similares | 16 | 32 |
| Vagones, volquetas y barcasas | 24 | 48 |
| Barcos y pilas | 32 | 64 |

Cabe anotar que por lo general, durante el programa de caracterización, se muestrea carbón sin lavar. En general, no se recomienda muestrear barcos ni pilas.

Cuando se muestrea en un sistema de transporte continuo (vagones, volquetas, etc.) se recomienda tomar por lo menos tres incrementos por cada unidad de transporte.

Para suministro de más de 1000 toneladas y menores de 10.000, se debe multiplicar el



número de incrementos por el factor:

$$N2 = N1 \sqrt{\text{Suministro (Toneladas)} / 1.000}$$

Donde: N1 es el número de incrementos específicos en la tabla 1 y N2 es el número de incrementos requeridos.

Por ejemplo, para muestrear 4.000 toneladas de carbón sin lavar, en una banda transportadora, el número mínimo de incrementos será de 64.

Otro procedimiento para suministros de más de 1.000 toneladas, es dividir en sub-lotes el suministro, para luego tomar incrementos que conformen una muestra por cada sub-lote.

En el caso de pilas mayores de 10.000 toneladas, se deberá dividir la pila en sub-lotes menores a 10.000 toneladas y utilizar el proceso descrito.

El tamaño mínimo de los incrementos, o sea el peso mínimo de cada incremento, se

obtiene de las expresiones:

$$P = 0.60 D \text{ Cuando } D < 150 \text{ mm y}$$

$$P = 10 \text{ Kgs Cuando } D > 150 \text{ mm}$$

Donde P es el peso mínimo de cada incremento en kilogramos; P debe ser siempre mayor de 0.5 Kgs y D es el tamaño tope del carbón en milímetros (95% del material tiene un tamaño igual o menor). Por ejemplo para carbón de 2" (50.8 mm) el peso mínimo de los incrementos deber ser 3.05 kgs. Para tamaños de partículas mayores de 150 mm se recomienda tomar incrementos de peso mayor o igual a 10 kgs. (Figura 15).

Cuando se muestrean líneas continuas de producción, como bandas transportadoras o cuando se muestrea con dispositivos como cucharas, tubos o palas, el tamaño de éstos debe ser por lo menos 2.5 veces mayor que el tamaño tope del carbón. (Figuras 15 y 16).

FIGURA 15
ERRORES COMUNES EN LA
TOMA DE INCREMENTOS



FIGURA 16
PALA DE MANO.
CARBON HASTA 50 mm.

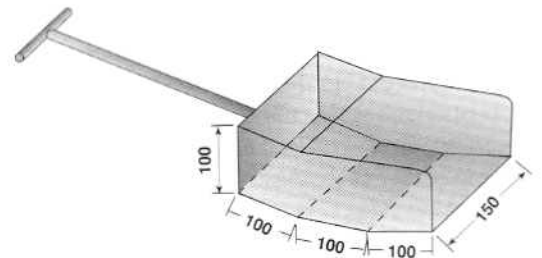
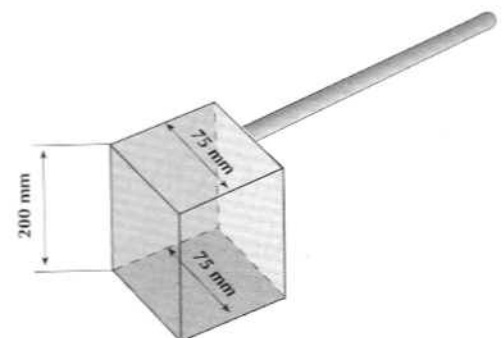


FIGURA 17
CUCHARON PARA FINO
HASTA DE 25 mm.



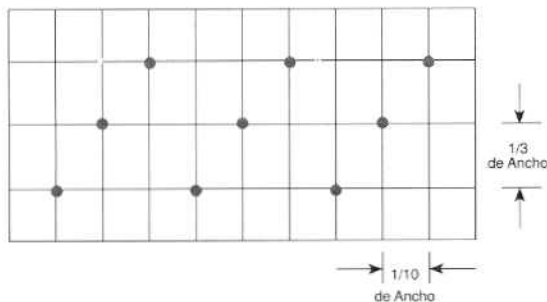


El principal error en el muestreo consiste en tomar incrementos en lugares no representativos, por ejemplo, tomarlos de un solo lado del vagón, volqueta, pala, etc., no alcanzar toda la profundidad en las pilas, o usar dispositivos de muestreo que no tengan capacidad para coleccionar carbones de gran tamaño.

MUESTREO DE VOLQUETAS, CAMIONES O VAGONES

Cuando se muestrea antes del descargue, se debe remover previamente una capa de por lo menos 30 cms y se elegirán los lugares de muestreo en puntos espaciados regularmente en zig-zag (ver Figura 18), con una pala u otro instrumento en cada sitio elegido. Cuando se encuentren trozos grandes, se deben tomar pequeñas porciones de cada trozo. Se evitará que los incrementos sean tomados muy superficialmente o de un solo lado de la volqueta o vagón.

FIGURA 18
LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN VOLQUETA O VAGON.



Cuando se muestrea durante el descargue, la muestra debe abarcar todo el ancho del material en movimiento o por lo menos debe ser tomada en tres lugares del ancho total; se debe efectuar el muestreo durante todo el descargue.

Cuando se muestrea después del descargue, se deben tomar los incrementos a diferentes alturas del talud formado, retirando previamente una capa delgada

correspondiente al último carbón descargado.

Si no es posible muestrear con instrumentos el fondo del vagón o volqueta, se debe hacer un hueco en el carbón, que permita coleccionar con una pala un incremento desde el fondo hasta la parte superior del hueco, evitando que trozos de carbón se deslicen por la pared del hueco y se incorporen a la muestra.

En este programa los métodos descritos no deben utilizarse cuando existan capas de carbón de distinta fuente.

MUESTREO DE BARCOS Y PILAS

Los métodos descritos a continuación deberán emplearse sólo cuando no haya posibilidad de muestrear líneas continuas o durante el cargue o descargue del carbón.

Se debe tener en cuenta que en todos los casos, cada incremento tomado representa sólo una pequeña zona correspondiente al área y profundidad de donde se toma. Para llegar al fondo de las pilas, es necesario abrir con palas, de tal manera que las paredes formadas tengan un ángulo menor que el ángulo natural de reposo; en estos casos se deben tomar incrementos desde el fondo del hueco hasta el tope.

Por lo general los puntos de muestreo estarán uniformemente espaciados sobre la superficie del carbón expuesto, o a medida que se ha cargado o descargado la bodega del barco o la pila.

Si la pila es muy grande o de forma normal, se recomienda diseñar un plan de muestreo sobre un plano que incluya las profundidades a las cuales llegarán los huecos y la división de muestras por sub-lotes, cuarteos, etc., teniendo especial cuidado al muestrear la capa superficial que tiene una calidad distinta al resto del carbón, debido a la exposición al viento, segregación de tamaños, contenidos de humedad, etc.

Si se depositan distintos tipos de carbón, o si se deposita un mismo carbón en bodegas



o áreas diferentes, se debe muestrear cada carbón y cada sitio separadamente.

Cuando se muestrean pilas y barcos, se deben tener en cuenta las siguientes características del carbón almacenado o en reposo:

- ◆ Hay segregación de los tamaños de las partículas concentrándose las más finas en el fondo.
- ◆ Originalmente cuando se descarga el carbón, los terrones gruesos van concentrándose al fondo, pero cuando llueve o sopla el viento, los finos tienden a acomodarse dentro de los gruesos situados en el fondo.
- ◆ La superficie del carbón es más propensa a la oxidación.
- ◆ La humedad tiende a incrementarse en el interior de la masa de carbón.

MUESTREO EN BANDAS TRANSPORTADORAS

Es el sistema de muestreo más confiable, ya sea en banda estacionaria (detenida para la toma de muestras - Figura 19) o en movimiento (Figura 20); más aun, el método en la banda estacionaria, que es el más preciso, puesto que evita todo tipo de error sistemático, se utiliza para chequear otros métodos.

FIGURA 19
BASTIDOR PARA MUESTREO EN BANDA PARADA

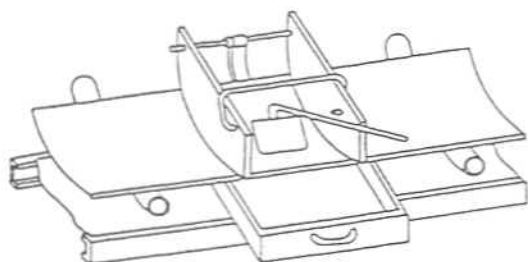


FIGURA 20
BANDA MOVIL - BRAZO DE ARRASTRE



Para evitar errores sistemáticos, el lapso entre la toma de incrementos sucesivos, no debe coincidir con ninguna periodicidad natural en la cantidad o calidad del carbón a muestrear, también se debe evitar tomar muestras al comienzo o al final del flujo. Los incrementos se pueden tomar a mano, con dispositivos especiales (palas, canastas, separadores) o automáticamente.

Existen dos sistemas de muestreo en bandas: tomando incrementos a intervalos iguales, caso en el cual el peso de los incrementos es proporcional a la densidad de flujo y tomando incrementos de igual peso (Figuras 21 y 22).

FIGURA 21
FLUJO DESCENDENTE - DIVISION EN DOS CANALES

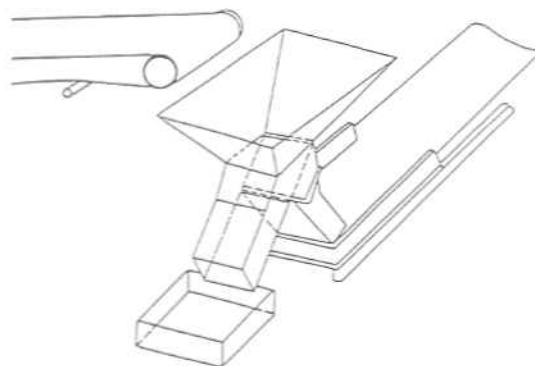
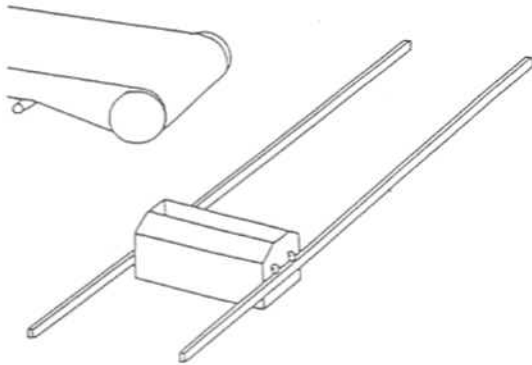




FIGURA 22
FLUJO DESCENDENTE -
VASIJAS RANURADA



Se utiliza el muestreo basado en el tiempo, con el dispositivo muestreador a velocidad constante, cuando las características del lote a muestrear son regulares y uniformes.

Se utiliza el muestreo basado en el peso, o muestreo auto proporcional en el cual, la relación de pesos entre el incremento y la masa total siempre es constante (velocidad variable del dispositivo muestreador, según la rata de flujo de carbón en la banda), cuando las características del lote son variables (Figura 23).

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y PETROGRÁFICOS DURANTE LA FASE DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO

ANÁLISIS BÁSICOS

A cada una de las muestras de carbón y algunos techos, pisos e intercalaciones correspondientes, se les practicarán los análisis básicos para determinar la tendencia primaria de utilización. (Figuras 24, 25, 26 y 27).

Así mismo, los resultados de los análisis, para su posterior manejo, deberán almacenarse ordenadamente, tal como lo muestra la figura 28.

MUESTRAS DE CARBÓN

Se les practicará: Preparación, Humedad total, Humedad residual, Humedad de

FIGURA 23
ERRORES COMUNES EN EL MUESTREO
DE BANDAS TRANSPORTADORAS

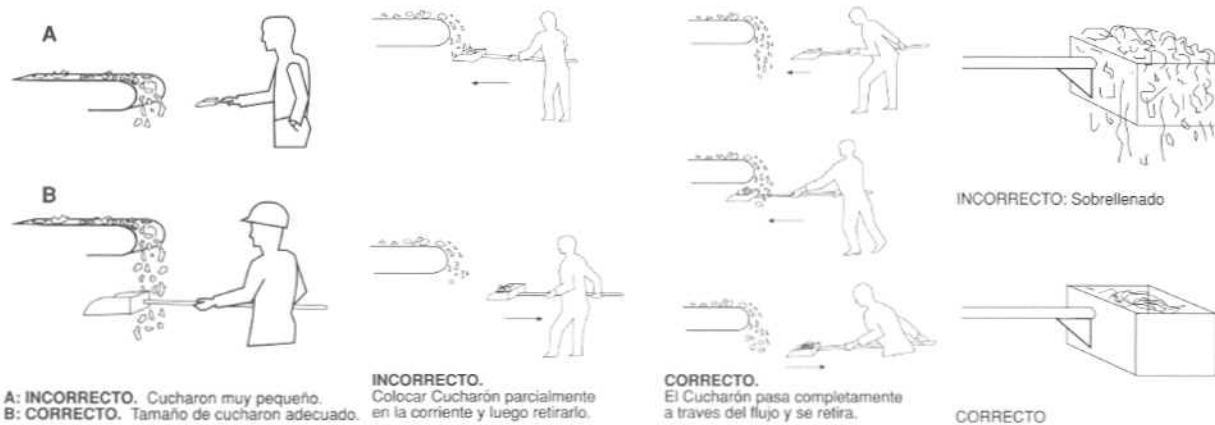




FIGURA 24
DIAGRAMA PARA
PREPARACION DE MUESTRAS

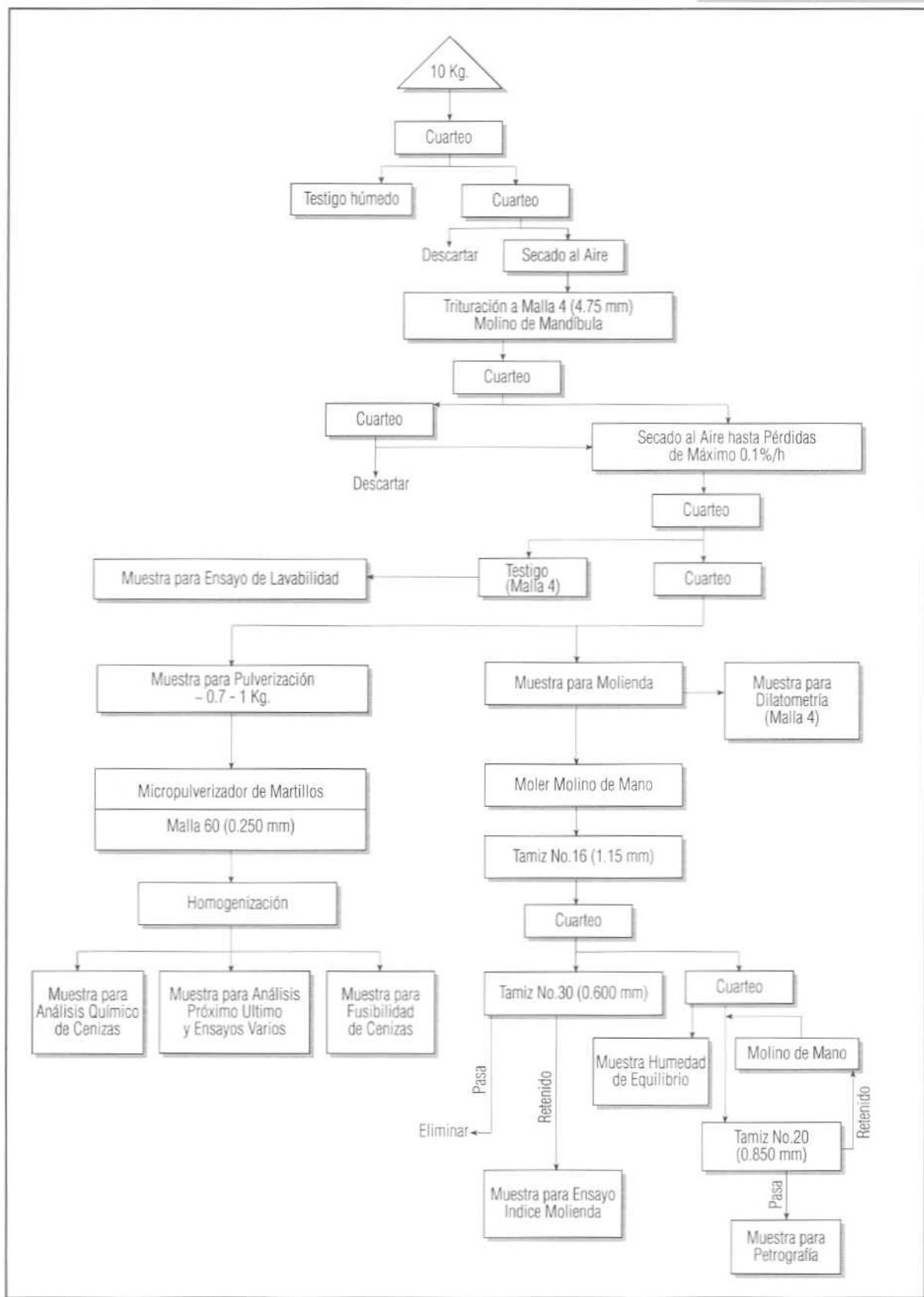




FIGURA 25

ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS, GRANULOMETRÍA Y LAVABILIDAD PARA MUESTRAS DE CANAL

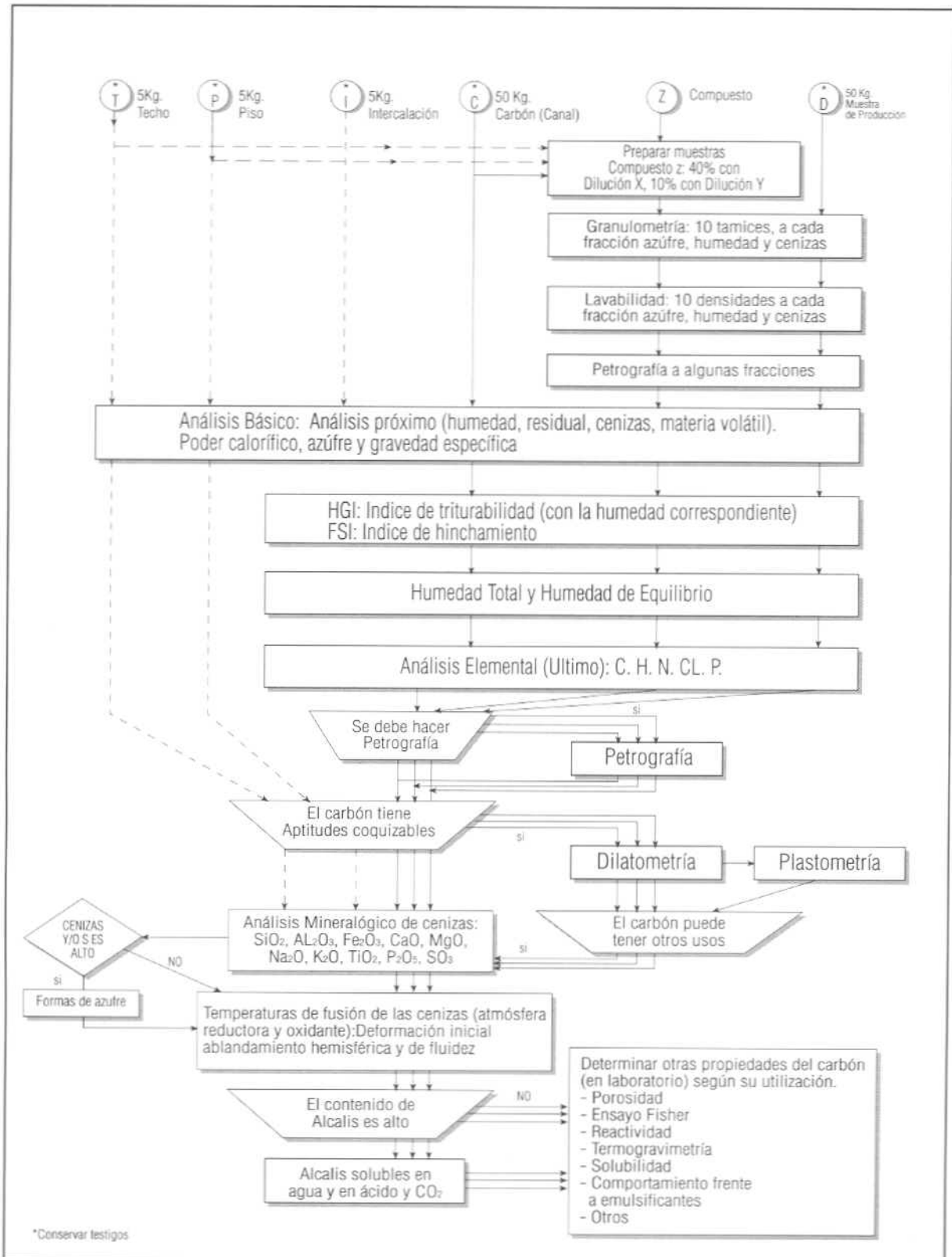




FIGURA 26

ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS DE LABORATORIO PARA NÚCLEOS PROVENIENTES DE PROGRAMAS DE EXPLORACION Y DESARROLLO

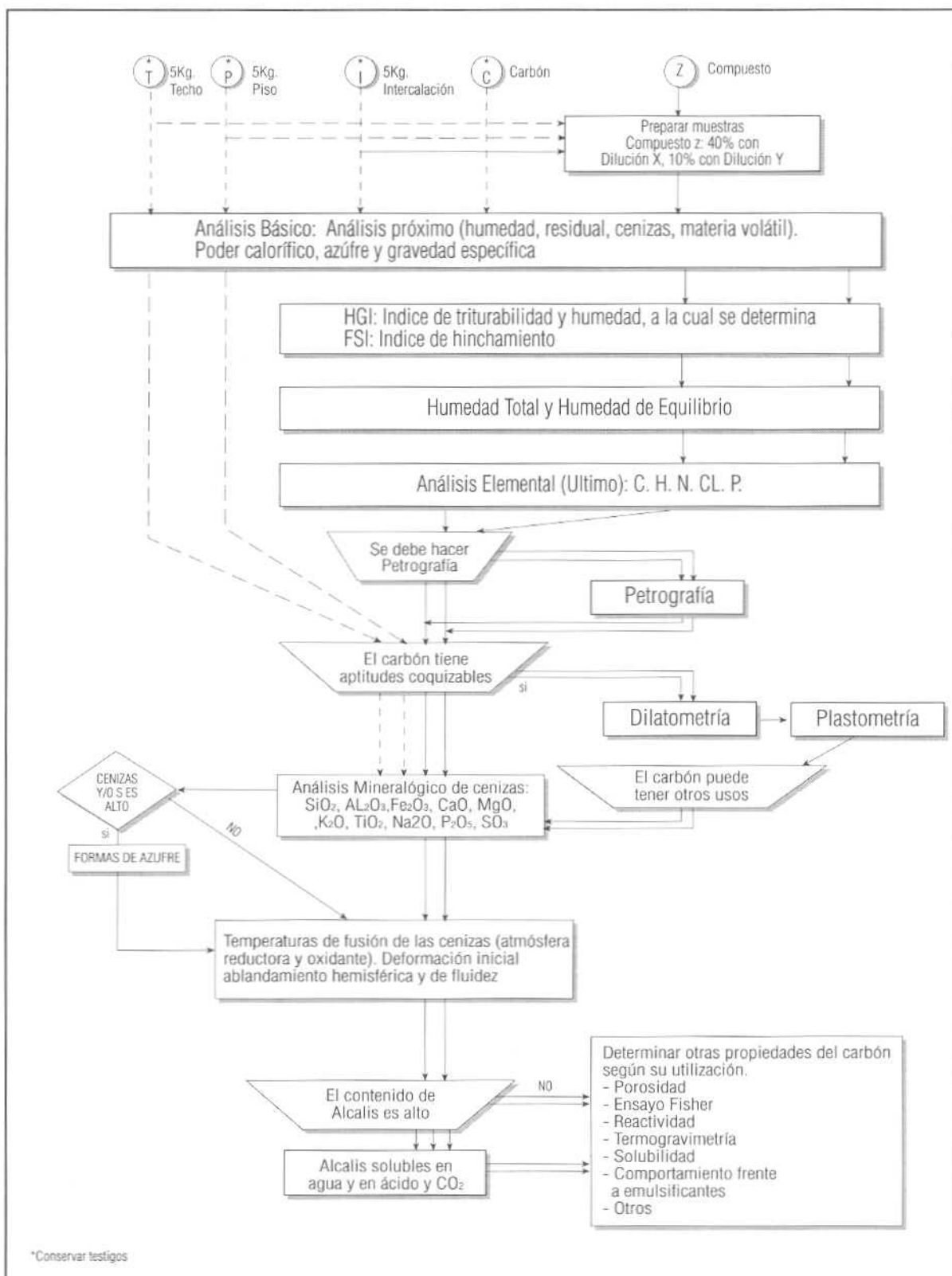
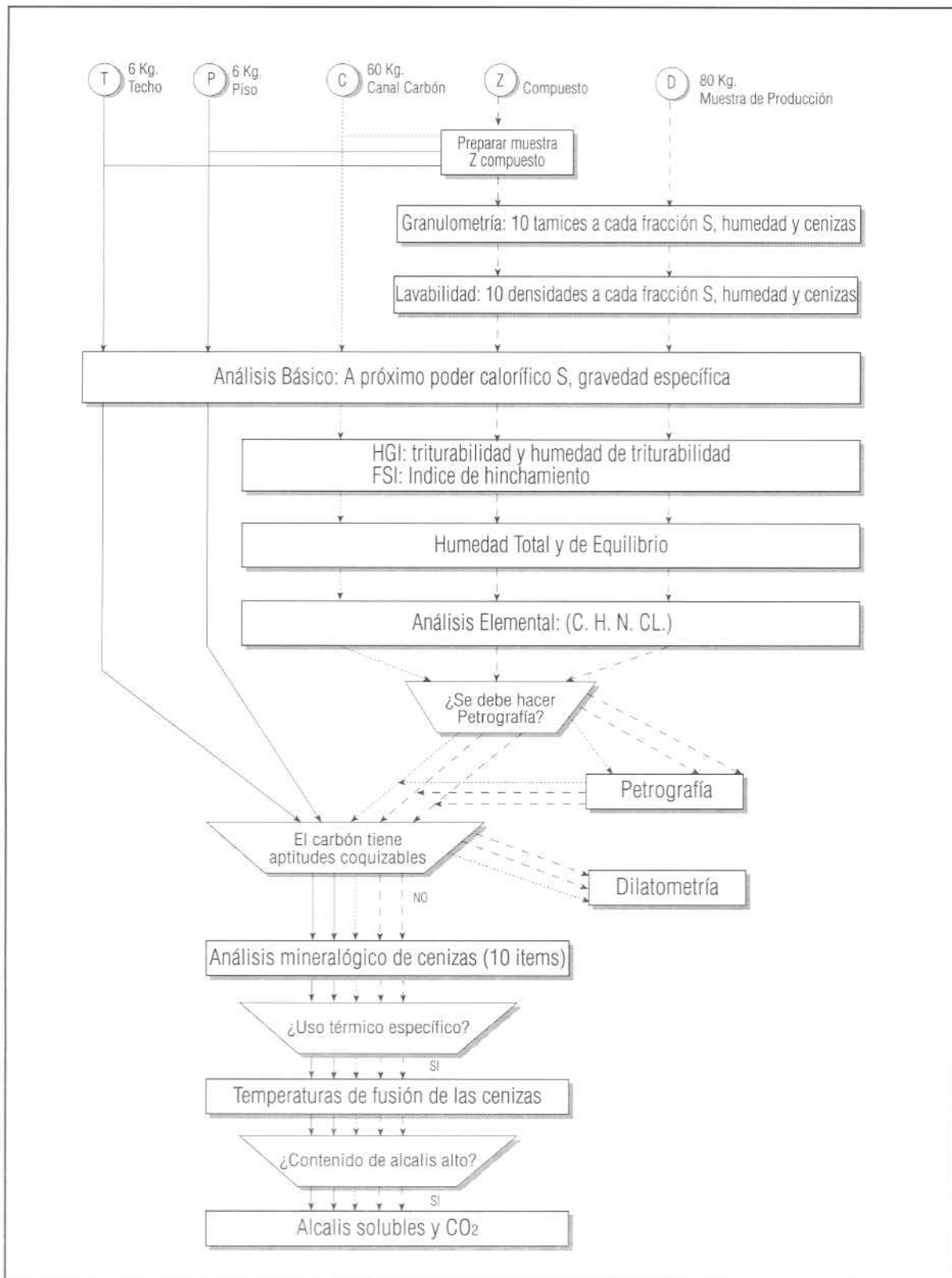




FIGURA 27
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS
GRANULOMETRÍA LAVABILIDAD





equilibrio, Materia volátil, Cenizas, Carbono fijo (por diferencia), Poder calorífico, Azufre total, Gravedad específica verdadera, Índice de molienda - HGI (y humedad a la que se determine), Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, Oxígeno (por diferencia), Formas de azufre e Índice de hinchamiento (FSI)

MUESTRAS DE RESPALDOS E INTERCALACIONES

Se les practicará: Preparación, Humedad residual, Materia volátil, Carbono fijo (por diferencia), Cenizas, Poder calorífico, Azufre total y Gravedad específica verdadera*.

ENSAYOS ESPECIFICOS Y TECNOLOGICOS

Luego de conocer las tendencias de utilización del carbón con base en los anteriores análisis y con los testigos existentes se practicarán los ensayos específicos y tecnológicos.

CARBONES TERMICOS Y MEZCLAS CARBON-AGUA (SLURRIES)

A las muestras de carbones térmicos se les practicarán los siguientes ensayos: Análisis mineralógico de cenizas: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 , SO_3 y pérdidas por calcinación, temperatura de fusión de cenizas, en atmósfera reductora y en atmósfera oxidante, Cloro, Alcalis solubles en agua y en ácido (si los porcentajes de sodio y potasio son altos), determinación de elementos traza, reactividad hacia la combustión y análisis termogravimétrico.

Para las mezclas carbón - agua se deben calcular y evaluar relaciones entre parámetros tales como: Relación Carbono/Oxígeno, relación Carbono Fijo/Materia Volátil y otros.

CARBONES COQUIZABLES

A las muestras de carbones con características coquizables, con un índice de hinchamiento mayor de 2.5 y cenizas menores al 10% (carbones no lavados), se les practicarán los siguientes ensayos: Dilatometría, plastometría, reflectancia media de la vitrinita, análisis de macerales, determinación de fósforo en cenizas y ensayos de lavabilidad flotado/hundido a 1.3 de gravedad específica.

OTROS PROCESOS

Para muestras donde interese el comportamiento del carbón en procesos de gasificación y licuefacción, se les practicará: Reactividad, porosidad, permeabilidad y elementos traza.

REPRODUCTIVIDAD Y REPETIBILIDAD DE LOS RESULTADOS

La tabla 2, ilustra las máximas diferencias permisibles, con un 95% de confiabilidad, que pueden existir en el análisis de una misma muestra en dos ensayos sucesivos (repetibilidad), o en dos laboratorios distintos (Reproductividad).

DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

LITOTIPOS

En término litotipo se emplea para designar las diferentes bandas de los mantos de carbón identificables macroscópicamente. Estos litotipos presentan características diferentes según la naturaleza, las condiciones de depositación y la extensión de la alteración bioquímica durante la carbonificación de los diferentes componentes de las plantas originales, lo

* Para carbones térmicos, a los respaldos de techo y piso se les debe practicar análisis mineralógico de cenizas.



TABLA No. 2.

Límites de Precisión según Normas ASTM

| NORMA | ANÁLISIS | RANGO | REPETIBILIDAD | REPRODUCTIVIDAD |
|--------|--------------------------------|----------------|---------------|-----------------|
| D 2961 | HUMEDAD TOTAL | | 0.3% | 0.5% |
| D 3173 | HUMEDAD RESIDUAL | < 5% | 0.2% | 0.3% |
| | | > 5% | 0.3% | 0.5% |
| D 1412 | HUMEDAD DE EQUILIBRIO | < 5% | 0.3% | 0.5% |
| | | 5 - 15% | 0.5% | 1.0% |
| | | > 15% | 1.0% | 1.5% |
| D 3174 | CENIZAS | Sin carbonatos | 0.2% | 0.3% |
| | | Con Carbonatos | 0.3% | 0.5% |
| | | > 12% | 0.5% | 1.0% |
| D 3175 | MATERIA VOLÁTIL | Bituminoso | 0.5% | 1.0% |
| | | Sub-bituminoso | 0.7% | 1.4% |
| | | Lignito | 1.0% | 2.0% |
| D 3176 | AZUFRE | < 2% | 0.05% | 0.1% |
| | | > 2% | 0.1% | 0.2% |
| D 3176 | CARBONO | | 0.3% | |
| D 3176 | HIDROGENO | | 0.07% | |
| D 3176 | NITROGENO | | 0.05% | |
| D 2015 | PODER CALORIFICO | | 50 BTU/lb | 100 BTU/lb |
| D 2492 | AZUFRE COMO SULFATO | | 0.02% | 0.04% |
| D 2492 | AZUFRE PIRITICO | < 2% | 0.05% | 0.3% |
| | | > 2% | 0.1% | 0.4% |
| | | | 0.03% | 0.06% |
| D 2361 | CLORO | | 2 puntos | 3 puntos |
| D 409 | MOLTURABILIDAD (HGI) | | 50°F | 100-150°F |
| D 1857 | FUSION DE LAS CENIZAS | | | |
| D 3682 | ELEMENTOS DE LAS CENIZAS | | | |
| | SiO ₂ | | 2.0% | 4.0% |
| | Al ₂ O ₃ | | 1.0% | 1.0% |
| | Fe ₂ O ₃ | | 1.0% | 2.0% |
| | TiO ₂ | | 0.2% | 0.4% |
| | P ₂ O ₅ | | 0.2% | 0.4% |
| | CaO | < 2% | 0.25% | 0.5% |
| | CaO | > 2% | 1.0% | 1.0% |
| | MgO | < 2% | 0.2% | 0.2% |
| | MgO | > 2% | 0.2% | 0.6% |
| | Na ₂ O | < 5% | 0.1% | 0.2% |
| | Na ₂ O | > 5% | 0.5% | 0.7% |
| | K ₂ O | | 0.1% | 0.2% |
| | SO ₂ | < 1% | 0.1% | 0.2% |
| | SO ₂ | 1-5% | 0.2% | 0.4% |
| | SO ₂ | 5-10% | 0.4% | 0.8% |
| | SO ₂ | 10-20% | 0.5% | 1.0% |
| D 1812 | PLASTOMETRIA GIESELER | | 5°C | |
| | | | 10 ddpn | |
| D 2798 | REFLECTANCIA | | 0.02% | |

cual determina el tipo de carbón. Según que los carbones sean húmicos, sapropélicos, etc., así mismo se componen de litotipos diferentes. La descripción de los litotipos en un manto de carbón es importante ya que:

- ◆ Los litotipos permiten identificar y correlacionar un manto, puesto que las bandas en el carbón generalmente tienen una extensión lateral bastante

- ◆ considerable por delgadas que éstas sean.
- ◆ Los litotipos están relacionados con los ambientes de sedimentación del carbón.
- ◆ Las características macroscópicas de los carbones están relacionadas con la producción de finos.

La tabla 3. muestra las características de los litotipos de los carbones húmicos y sapropélicos, así como sus propiedades más importantes.

**TABLA No. 3****Tipos y Litotipos de los Carbones Bituminosos**

| TIPOS DE CARBON | LITOTIPO | CARACTERISTICAS RECONOCIBLES MACROSCOPICAMENTE |
|-----------------|-----------------------------|--|
| CARBON HUMICO | VITRENO | Brillante, negro, quebrado, frecuentemente fisurado, rompe en forma de pequeños cubos, fractura concoidea. |
| | CLARENO | Semibrillante, negro y muy finamente estratificado. |
| | DURENO | Mate, negro o gris, duro, superficie rugosa, apariencia grasosa. |
| | FUSENO | Mate (lustre sedoso), negro, fibroso, blanco, quebradizo y friable. |
| SAPROPELICO | CARBON CANNEL | (Ampelita) lustre mate (o ligero graso), negro, homogéneo sin estratificación, muy duro, de fractura concoidea, trazo negro. |
| | CARBON BOGHEAD (TORBANITAS) | Como el cannell, pero de apariencia algo parda, trazo café. |

LITOTIPOS DE LOS CARBONES HUMICOS

Los carbones húmicos presentan bandeamientos que usualmente se conocen como: vitreno (bandas brillantes), Clareno (bandas semibrillantes), Dureno (bandas opacas) y Fuseno (de apariencia de carbón vegetal).

Las intercalaciones de los diferentes litotipos en el manto produce los llamados "Carbones Bandeados".

Vitreno (carbón brillante): Es negro, brillo vítreo, frecuentemente se presenta muy diaclasado (cleats), rompe en forma de pequeños cubos, fractura concoidea característica. En la descripción macroscópica de mantos, el vitreno corresponde a capas de carbón muy brillantes de espesor de más de 10 mm. Las bandas de menor espesor se incluyen dentro del clareno. Bajo el microscopio el vitreno está constituido por los micro-litotipos, vitrita y clarita.

Las propiedades del vitreno varían con el grado de carbonificación y se observa que dentro del rango de los carbones coquizables, estas se relacionan con el contenido de vitreno. El vitreno es el maceral más uniforme en pureza, puesto

que contiene el mínimo contenido de materia mineral.

Clareno: Este litotipo comprende las bandas muy finas que constituyen los carbones: su espesor individual es inferior a los 10 mm. Tiene un brillo que varía entre el vitreno y el dureno. El clareno es el constituyente más abundante en los carbones húmicos. Está formado por bandas alternas de vitreno, dureno y en ocasiones de fuseno. Visto al microscopio el clareno consta de los siguientes microlitotipos: vitrita, clarita, durita, trimacerita y fusita.

Dureno (Carbón opaco): Varía de negro a gris, siempre mate, de apariencia grasosa, duro y consecuentemente se rompe en grandes bloques. Las superficies de su fractura son ásperas o rugosas. Sólo las bandas de espesor de más de 10 mm, se consideran como dureno y bandas más delgadas se consideran como clareno. Las bandas de dureno son menos frecuentes que las de vitreno y clareno, pero en ocasiones pueden confundirse con arcillolitas finalmente laminadas. Visto al microscopio el dureno está constituido por los microlitotipos: durita, trimacerita y algunas veces clarita rica en exinita.

Fuseno: De apariencia muy similar al carbón vegetal, lustre sedoso, negro, frecuentemente fibroso y usualmente poco consolidado y friable. En la mayoría de los



casos el fuseno se presenta en el manto en forma de lentes con algunos centímetros de grueso y algunos centímetros de largo, es el componente "sucio" y el único constituyente del carbón que tizna los dedos.

El fuseno no es coquizable y generalmente presenta contenidos de poder calorífico y carbono fijo relativamente altos.

Carbones Spropélicos: Los carbones spropélicos difieren macroscópicamente de los carbones húmicos por la falta de estratificación, textura homogénea y la gran resistencia. Los carbones spropélicos de bajo rango se distinguen químicamente por un alto contenido de hidrógeno y una relativa alta proporción de materia volátil, gas y alquitrán. Estos carbones se dividen en: Carbones Cannel y Boghead o Torbanitas, con transiciones entre ambos.

Carbones Cannel: Son negros y mates, algunas veces con un lustre grasoso. Producen trazo negro. Son muy homogéneos, compactos y se rompen en fractura concoída.

Microscópicamente se pueden reconocer que los carbones cannel no presentan ninguna o muy poca alginita (restos de algas), en contraste con los Boghead. Por otra parte son muy ricos en esporas. Una característica muy importante de los cannel es su casi uniforme tamaño de las partículas constituyentes.

Carbones Boghead: Son muy similares a los carbones cannel, cuales a veces pueden distinguirse por su color algo pardo y el trazo café. Su maceral característico es la alginita.

BIBLIOGRAFIA

ASTM, 1987. Gaseous Fuels: Coal and Coke; Atmospheric Analysis. Annual Book of ASTM STANDARDS. Philadelphia, U.S.

CARBOCOL. "Guías para Muestreo en Capas de Carbón y Análisis Químicos y Tecnológicos".
Documentos para Discusión.

CIASCHI, R. 1979. "Parámetros de la calidad del Carbón y del Coque en la Industria Siderúrgica".
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

ELLIOT, M., 1981. Chemistry of Coal Utilization NAS-NRC. Committe 1981 on Chemistry of Coal. 2nd. Supplementary vol. Willey Interscience. US.

GUARIN, G. 1983. Primer Seminario Nacional sobre Control de Calidad de Carbones. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Centro del Carbón, Ademinas - Medellín.

ISO, 1975. Hard Sampling. International Standard 150-1988-1975 (E) Switzerland.

LEXIQUE INTERNATIONAL DE PETROGRAFIE DES CHARBONS. Centro Nationale de la Recherche Scientifique, 15 Quai Anatole France. Paris (7e), 1963.

LOWRY, H. 1976. Chemistry of Coal Utilization NAS-NRS. Council Committe. Vol. 1. John Willey & Sons. U.S.

RAMIREZ, P. 1984. "Carbones, Muestras, Preparación y micro-petrografía. Notas de Laboratorio". Universidad Nacional de Colombia. Centro Nacional del Carbón - Medellín.

ROSAS, H. 1980. Creación del Banco de Información sobre Depósitos Minerales - BIDEM para procesamiento de datos por Computador INGEOMINAS. Circular No. 1, Bogotá.

SCHOPT, J.M. 1960. Field Description and Sampling of Coal Beds. U.S. Geological Survey. Bull III - B.U.S.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 1962. Guidelines for Sample Collecting and Analytical Methods Used in the U.S. Geological Survey for Determining Chemical Composition of Coal. U.S.



ANEXO 1.

RANGO DEL CARBON

La carbonificación es el proceso de desarrollo y evolución gradual por el cual las sustancias vegetales de la turba fueron transformadas, en ausencia parcial de aire y bajo influencia de temperatura y presión, a través del tiempo geológico, en lignito y, subsecuentemente, en carbón. El término "rango" designa el estado alcanzado por un carbón en el curso de la carbonificación y se usa para clasificarlo según la tabla siguiente:

Esta clasificación no incluye unos pocos carbones especialmente variedades no bandeadas, los cuales tienen propiedades químicas y físicas no usuales que caen dentro de límites de carbono fijo o poder

calorífico de los rangos bituminoso alto en volátiles y sub-bituminoso.

El rango del carbón se calcula utilizando las siguientes instrucciones tomadas de las especificaciones estándar para la clasificación del carbón por rango (ASTM D-388-77), en las cuales el carbono fijo y el poder calorífico se deben calcular en base libre de materia mineral y en base seca, de acuerdo a las fórmulas de Parr (1 y 2), o las siguientes fórmulas aproximadas (3 y 4). Cálculos en base libre de materia mineral:

Fórmulas de Parr:

$$1) CFS_{lmm} = (CF - 0,15S) / [100 - (H + 1,08CZ + 0,55S)] \times 100$$

$$2) BTU_{hlmm} = (BTU - 50S) / [100 - (1,08CZ + 0,55S)] \times 100$$

Fórmulas de Aproximación:

$$3) CFS_{lmm} = CF / [100 - (H + 1,1CZ + 0,1S)] \times 100$$

$$4) BTU_{hlmm} = BTU / [100 - (1,1CZ + 0,1S)] \times 100$$

TABLA No.1

| CLASE | GRUPO | CARBONO FIJO % | | PODER CALORIFICO | | CARACTER AGLOMERANTE |
|---------------------|--------------------------------|----------------|----|-------------------|-------------|-------------------------------------|
| | | S_{lmm}^4 | | Calorías/gramo | H_{lmm}^5 | |
| | | > | < | > | < | |
| I. ANTRACITA | 1 Meta-Antracita | 98 | | | | |
| | 2- Antracita | 92 | 98 | | | NO |
| | 3- Semi-Antracita ⁶ | 86 | 92 | | | |
| II. BITUMINOSO | 1- Bituminoso Bajo Volátil | 78 | 86 | | | |
| | 2- Bituminoso Medio Volátil | 69 | 78 | | | |
| | 3- Bituminoso Alto Volátil A | | 69 | 7780 ⁷ | | COMUNMENTE AGLOMERANTE ⁸ |
| | 4- Bituminoso Alto Volátil B | | | 7220 | 7780 | |
| | 5- Bituminoso Alto Volátil C | | | 6380 | 7220 | |
| | | | | 5830 | 6380 | AGLOMERANTE |
| III. SUB-BITUMINOSO | 1- Sub-Bituminoso A | | | 5830 | 6380 | |
| | 2- Sub-Bituminoso B | | | 5280 | 5830 | NO |
| | 3- Sub-Bituminoso C | | | 4610 | 5280 | AGLOMERANTE |
| IV. LIGNITO | 1- Lignito A | | | 3500 | 4610 | NO |
| | 2- Lignito B | | | | 3500 | AGLOMERANTE |

⁴ S_{lmm} : Base seca libre de materia mineral.

⁵ H_{lmm} : Base húmeda libre de materia mineral. Se refiere a la humedad que contiene el carbón como inherente natural, pero no incluye el agua visible sobre la superficie del carbón.

⁶ Si aglomera, se clasifica como bituminoso bajo en volátiles.

⁷ Carbones con carbono fijo > 69% se clasifican en esta categoría sin tener en cuenta el poder calorífico.

⁸ Puede hacer variedades no aglomerantes en estos grupos de la clase de los bituminosos.



donde:

- mm = Materia mineral
- BTU = Unidades térmicas inglesas por libra (poder calorífico).
- CF = Porcentaje de carbono fijo
- H = Porcentaje de humedad
- Cz = Porcentaje de cenizas
- S = Porcentaje de azufre
- Slmm = Base seca, libre de materia mineral.
- hlmm = Base húmeda, libre de materia mineral.

Las cantidades anteriores son todas con base en la humedad inherente. Esta base se refiere al contenido natural de humedad del carbón o humedad de la capa, pero no incluye el agua adherida a la superficie del carbón.

Las siguientes expresiones, son útiles para convertir de una base a otra de análisis o presentación de resultados de laboratorio.

Las expresiones son factores de conversión.

TABLA No.2

| DADO | ENCONTRAR | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | COMO SE DETERMINA (ad) | COMO SE RECIBE (ar) | SECO(d) | SECO LIBRE DE CENIZAS (daf) |
| COMO SE DETERMINA (ad) | | $\frac{100-Har}{100-Had}$ | $\frac{100}{100-Had}$ | $\frac{100}{100-Had-CZad}$ |
| COMO SE RECIBE (ar) | $\frac{100-Had}{100-Har}$ | | $\frac{100}{100-Har}$ | $\frac{100}{100-Har-CZar}$ |
| SECO (d) | $\frac{100-Had}{100}$ | $\frac{100-Har}{100}$ | | $\frac{100}{100-CZd}$ |
| SECO LIBRE DE CENIZAS (daf) | $\frac{100-Had-CZad}{100}$ | $\frac{100-Har-CZar}{100}$ | $\frac{100-CZd}{100}$ | |

Donde: Had (%) es la Humedad como se determina (análisis), Har (%) es Humedad como se recibe (Total), CZad (%) es el contenido de Ceniza como se determina, CZar (%) es la Ceniza total y CZd (%) es el contenido de ceniza en base seca.

TABLA No.3

Procedimientos para convertir valores en base como se determina a otras bases, del análisis último

| PARAMETROS | COMO SE DETERMINA (ad) | SECO(d) | COMO SE RECIBE (ar) | |
|--|------------------------|---|--|--|
| | | | Har y Oar incluyendo H y O en agua (Mar) | Har y Oar sin incluir H y O como (Mar) |
| CENIZA CARBONO NITROGENO AZUFRE | Sin corrección | $Pb = Pad \times \left(\frac{100}{100-Mad} \right)$ | $Par = Pad \times \left(\frac{100-Mar}{100-Mad} \right)$ | $Pb = Pad \times \left(\frac{100}{100-Mad} \right)$ |
| HIDROGENO | Sin corrección | $Hd = \left(\frac{Had - 0.1119Mad}{100} \right) \times \left(\frac{100}{100-Mad} \right)$ | $Har = \left[\left(\frac{Had - 0.1119Mad}{100} \right) \times \left(\frac{100-Mar}{100-Mad} \right) + 0.1119 Mar \right]$ | $Har = \left(\frac{Had - 0.1119Mad}{100} \right) \times \left(\frac{100-Mar}{100-Mad} \right)$ |



| PARAMETROS | COMO SE DETERMINA (ad) | SECO(d) | COMO SE RECIBE (ar) | |
|------------|---|--|---|--|
| | | | Har y Oar incluyendo H y O en agua (Mar) | Har y Oar sin incluir H y O como (Mar) |
| OXIGENO | $O_d = 100 - CZ_{ad} - C_{ad} - H_{ad} - N_{ad} - S_{ad}$ | $O_{ad} = \left(O_{ad} - 0.8881Mad \right) \times \left(\frac{100}{100 - Mad} \right)$ | $O_{ar} = \left[\left(O_{ad} - 0.8881Mad \right) \times \left(\frac{100 - Mar}{100 - Mad} \right) \right] + 0.881 Mar$ | $O_{ar} = \left(O_{ad} - 0.8881Mad \right) \times \left(\frac{100 - Mar}{100 - Mad} \right)$ |

Notas:

CZ = Ceniza en %

M = Humedad %

P = Símbolo Intercambiable, CENIZA, CARBONO, NITROGENO, AZUFRE

H = Hidrógeno %

O = Oxígeno %

ad = Como se determina

ar = Como se recibe

d = Base seca

Fórmulas para el Cálculo de la Dilución:

A. Análisis próximo o último

$$X_{dil} = \frac{X_{cp} [A \times (E - P) \times GE \text{ carbón}] + X_r [A \times D \times GE \text{ roca}]}{A \times (E - P) \times GE \text{ carbón} + A \times D \times GE \text{ roca}}$$

B. Análisis Mineralógico de Cenizas

$$Z_{dil} = \frac{Z_{cp} \times [A(E - P) GE \text{ carbón}] \times C_{zcp} + Z_r [A \times D \times GE_r] \times C_{zr}}{A \times (E - P) \times GE \text{ carbón} \times C_{zcp} + A \times D \times GE \text{ roca} \times C_{zr}}$$

donde:

X_{dil} = BTU/Lb o Cz del carbón con dilución o cualquier otro parámetro del análisis próximo o último.

Z_{dil} = Na_2O o cualquier otro elemento de las cenizas del carbón con dilución.

X_r = BTU/Lb o cenizas de la roca.

X_{cp} = BTU/Lb o Cz del carbón puro.

C_{zcp} = Contenido de cenizas del carbón puro.

Z_{cp} = Idem a Z_{dil} pero para el carbón puro

C_{zr} = Contenido de cenizas de la roca.

Z_r = Idem a Z_{dil} pero para la roca.

E = Espesor del manto, mt.

P = Pérdida, mt.

D = Dilución, mt.

A = Area del manto (que se cancela).

GE = Gravedad específica verdadera.

FIGURA. 2
DESCRIPCION DE
CORAZONES

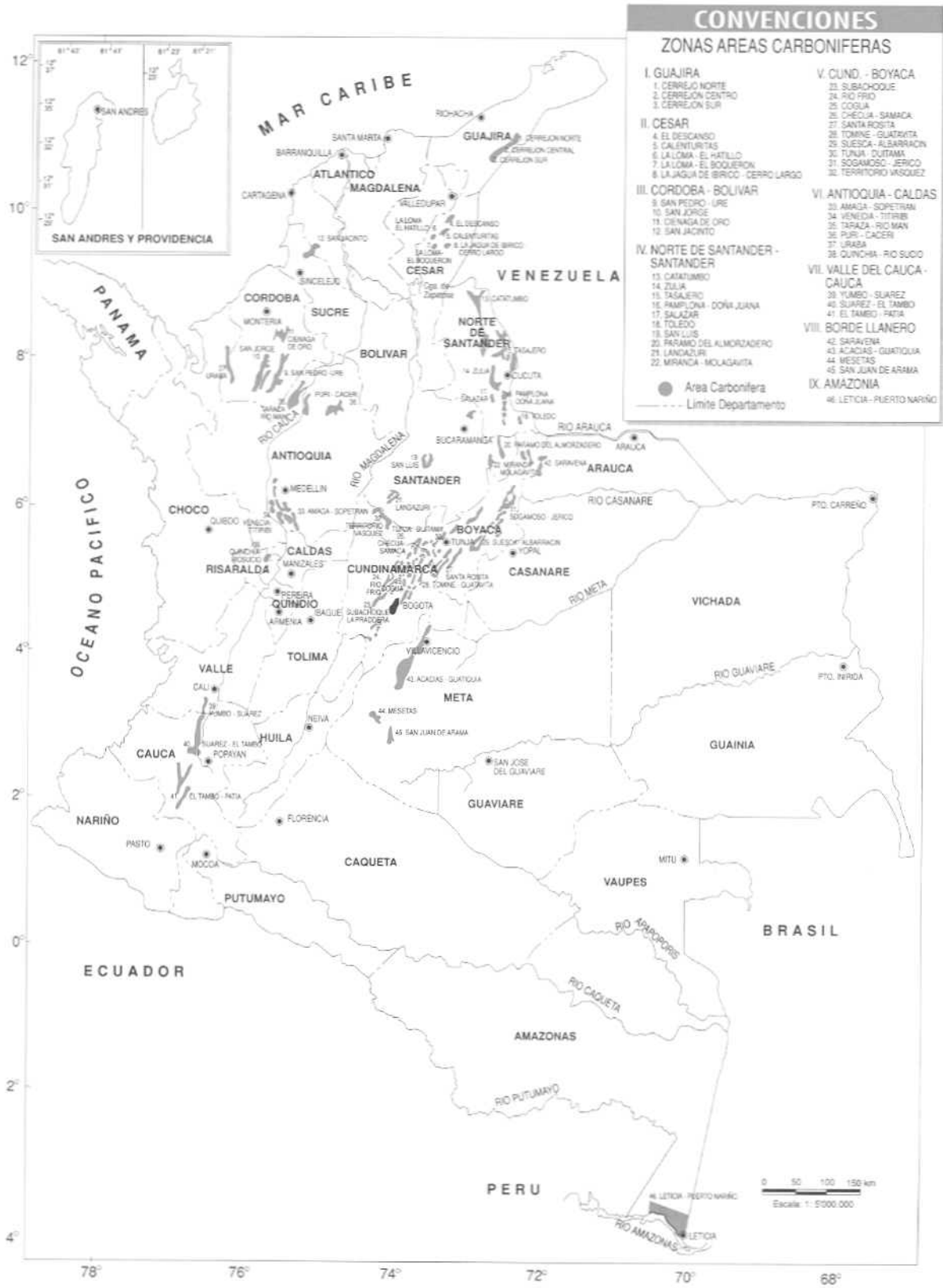


| LINEA | | SECTOR | |
|---|--|-----------------------|--|
| DESCRIPCION DE CORAZONES | | | |
| EQUIPO | | GEOLOGO: | |
| <input type="checkbox"/> AIRE <input type="checkbox"/> AGUA <input type="checkbox"/> LODO | | FECHA DE PERFORACION: | |
| DIAMETRO | | DESCRIPCION: | |
| NO. DE ESTIATO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 | PROFUNDIDAD DEL TECHO (pies) PROFUNDIDAD DEL PISO RECURRADO (pies) NOMBRE ROCA COLOR DUREZA COMPOSICION % DE ARCILLA ESTADO NOTAS ROD % SEGMENTO CLASE LOG VITRE NO LITO ATRITICO BRIL % ATRITICO OPAO % FUSENO % FRACTURA "CLEATS" MODULOS BED / MPR IMPUREZAS CIRCULACION BURZAMIENTO PROFUNDIDAD (pies) RELAC. ROCKS ESTATIFICAC PLASTICIDAD METEORIZACION OTRAS ESTRUCTURAS ZONA CARBONIF ACCION | NOTAS | |



ANEXO 3.

FIGURA. 29
ZONAS CARBONIFERAS DE COLOMBIA





**ZONAS CARBONIFERAS DE
COLOMBIA-CODIFICACION**
(Ver figura 29)

| | | | |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------------------|
| 000 | CERREJON | 152 | ZULIA - LA DON JUANA SUR |
| 001 | ZONA NORTE | 160 | PAMPLONA |
| 002 | CERREJON SARAHITA | 161 | PAMPLONA - PAMPLONITA |
| 003 | EL DESCANSO | 162 | MUTISCUA |
| 004 | OREGANAL | 170 | ANTICLINAL DE CUCUTA |
| 005 | PATILLA | 180 | TASAJERO |
| 006 | CERREJON SUR | 190 | HERRAN - TOLEDO |
| 007 | CESARITO | 200 | PARAMO DE ALMORZADERO |
| 010 | LA JAGUA | 201 | CHITAGA |
| 011 | CERRO LARGO | 210 | MIRANDA - MOLAGAVITA |
| 012 | SINCLINAL LA JAGUA | 220 | SAN VICENTE - LEBRIJA |
| 020 | LA LOMA | 221 | SAN LUIS OCCIDENTAL |
| 021 | EL BOQUERON | 222 | SAN LUIS ORIENTAL |
| 022 | EL DESCANSO | 223 | LA LOMA |
| 023 | CALENTURITA | 230 | LANDAZURI |
| 024 | LA AURORA | 240 | EL COCUY |
| 025 | EL HATILLO | 250 | BOAVITA |
| 026 | GUAIMARAL | 260 | JERICO - PAZ DE RIO-TOPAGA |
| 030 | SAN JACINTO | 261 | JERICO |
| 040 | CIENAGA DE ORO | 262 | SOCOTA-SOCHA-TASCO |
| 050 | URABA | 263 | CORRALES-TOPAGA- MONGUA |
| 051 | CAREPA | 270 | SOGAMOSO |
| 052 | AHUYAMA | 280 | TUNJA-PAIPA-DUITAMA |
| 060 | ALTO SAN JORGE | 290 | CHECUA-LENGUAZAQUE- SAMACA |
| 061 | SAN JORGE | 291 | CHECUA-FLANCO OCCIDENTAL |
| 062 | SAN PEDRO NORTE | 292 | CHECUA-FLANCO-ORIENTAL |
| 063 | SAN PEDRO SUR | 300 | SUESCA-ALBARRACIN |
| 064 | URE | 301 | SUESCA |
| 070 | TARAZA - RIO MAN | 302 | TIBITA |
| 080 | PURI - CACERI | 310 | SUEVA-UMBITA-LAGUNA DE TOTA |
| 090 | AMAGA-ANGELOPOLIS SOPETRAN | 320 | BALSA-SUESCA-CHOCONTA |
| 091 | AMAGA | 330 | RIO FRIO |
| 092 | ANGELOPOLIS | 340 | PUBENZA-DINDAL |
| 100 | VENECIA - TITIRIBI | 350 | SUBACHOQUE-LA PRADERA |
| 101 | VENECIA - BOLOMBOLO | 360 | FUSAGASUGA- EL SALTO |
| 102 | VENECIA - PALMICHAL | 370 | GUANTIQUIA |
| 103 | TITIRIBI NORTE | 380 | TERRITORIO VASQUEZ |
| 104 | TITIRIBI SUR | 390 | VALLE DEL CAUCA |
| 110 | ANDES JARDIN | 400 | POPAYAN- MERCADERES |
| 120 | RIO SUCIO-QUINCHIA | 401 | EL HOYO - MOSQUERA |
| 130 | ARANZAZU - SAN TAGUEDA | 410 | TADO |
| 131 | ARANZAZU | 420 | SAN JUAN DE ARAMA |
| 132 | SANTAGUEDA | 430 | MURRUCUCU |
| 140 | CATATUMBO | 440 | LETICIA-PUERTO NARIÑO |
| 141 | SARDINATA | | |
| 150 | ZULIA - LA DON JUANA | | |
| 151 | ZULIA - LA DON JUANA NORTE | | |



PUBLICACION DEPARTAMENTO
DE COMUNICACIONES.

DISEÑO Y DIAGRAMACION:
ENLACE PERIODISMO INSTITUCIONAL

IMPRESION:
GRAHIVISION EDITORES

SANTAFE DE BOGOTA D.C.
COLOMBIA



CARRERA 7 No. 31-10
TELEFONO: 287 3100
FAX: 287 7173
SANTAFE DE BOGOTA D.C.
COLOMBIA