



Métodos de Explotación
Minera
Vetas y Aluvión



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



METODOS DE EXPLOTACION MINERA
Vetas y Aluvión



Ministerio de Minas y Energía
Dirección General de Minas

CONTENIDO

- Introducción
- 1.0 **Sistemas de Explotación en la Pequeña y Mediana Minería del Oro.**
 - 1.1 Sistema de Tambores o Realces Paralelos.
 - 1.2 Sistema de Explotación en Placeres o Terrazas aluviales
 - 1.2.1 Explotación por dragas
 - 1.2.2 Explotación por Motobombas - Monitor - Elevador o por Buldozer - Cargador - Volqueta
 - 1.2.3 Explotación por Apiques
- 2.0 **Sistemas Alternos para Explotaciones de Filón y de Aluvi6n**
 - 2.1 **Sistemas para Explotaci6n Subterr6nea de Filones.**
 - 2.1.1 Tajos Largos Diagonales con Testeros o Frentes Cortos y Relleno al Piso ($\alpha = 50-60^\circ$).
 - 2.1.2 Frentes Cortos Ascendentes o Tramos de Testeros Corte y Relleno
 - 2.1.3 Explotaci6n por Pilares, en Niveles con Derrumbe ($\alpha > 60^\circ$ y $e > 1.50$ m).
 - 2.2 **Sistemas para explotaci6n de Oro Aluvial en Superficie.**
Sistema de Cana16n y Relleno
- Conclusi6n

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 Sistema de Tambores o Realces Paralelos.
- Fig. 2 Frentes Cortos en Explotaci6n Ascendente
- Fig. 3 Frentes Cortos en Explotaci6n Descendente
- Fig. 4 Esquema de Dragado - Gran Minería
- Fig. 5 Esquema de Dragado - Pequeña y Mediana Minería
- Fig. 6 Explotaci6n de Terrazas Aluviales
- Fig. 7 Explotaci6n por Apiques
- Fig. 8 Iniciaci6n de Tajo Largo Diagonal
- Fig. 9 Alternativas de Tajos Largos Diagonales
- Fig. 10 Tajo Largo Inclinado
- Fig. 11 Tramos de Testeros - Corte y Relleno
- Fig. 12 Corte y Relleno - Tramos Cortos para Descargue inclinado
- Fig. 13 Corte y Relleno con Mineral
- Fig. 14 Explotaci6n por Niveles con Derrumbe
- Fig. 15 Explotaci6n por Ensanche en el Rumbo
- Fig. 16 Explotaci6n por Cana16n y Relleno - Perspectiva
- Fig. 17 Corte sobre el Cana16n, el Descapote y el Relleno

INTRODUCCION

Es conveniente analizar los diferentes pasos que se deben dar para llegar a un producto terminado dentro del marco de una serie de actividades que llenan el espacio reservado a la "minería" como ejecutora de la explotación y la extracción de minerales útiles.

Y es necesario que junto a las consideraciones de orden legal, de criterios económicos, de mercadeo, de crédito y aún de beneficio, se llegue a la "boca mina" y se penetre en los socavones para analizar los aspectos mineros propiamente dichos.

La asistencia técnica a la pequeña y mediana minería, que presupone prospección, exploración y estudios de reservas, debe comenzar por lógica con el diseño de un *sistema racional de explotación*. En Colombia la gran minería de Cerrejón, Cerromatoso, Acerías Paz del Río, Industrial Hullera, Mineros de Antioquia, La Frontino y otros más, fácilmente detectables, puede llenar los requisitos de un "sistema racional" adaptado a las condiciones financieras del país. No podemos sin embargo hablar en los mismos términos cuando analizamos la situación de gran parte de la mediana minería y de casi toda la pequeña minería. Por regla general no existe un "sistema" definido y si lo hay no se puede tildar de "racional".

Los sistemas de explotación constituyen un capítulo muy especial de la minería y dan respuesta a exigencias locales de acuerdo con las capacidades económicas y con el monto de la producción, pero siempre guardando las normas de seguridad y buscando rentabilidad en su ejecución. Ello se encierra en el término "racional", que incluye además otros factores de gran importancia como la consideración y solución a los problemas de efecto ambiental inherentes a la explotación.

Un sistema de explotación racional se cibe por lo tanto a la observancia de los reglamento de Higiene y Seguridad al mismo tiempo que busca Productividad y Economía.

1.0 SISTEMAS DE EXPLOTACION EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA MI- NERIA DEL ORO

Existen tipos de yacimientos como el aluvial, el filoniano o el diseminado, que de acuerdo con su ambiente geológico dan lugar a sistemas varios de explotación. Hay yacimientos profundos, cercanos a la superficie o superficiales que son objeto de explotaciones diferentes. Hay calidades en la formación que dan para mayores, menores o mínimas inversiones en equipos y recursos varios.

Trataremos de escoger algunos sectores representativos en la minería del oro colombiano para analizar los actuales sistemas de explotación que abarquen un buen número de variantes. Ellos pueden ser:

Vetas - California - Marmato - Quinchía.

Segovia y Nordeste Antioqueño.

Bajo Cauca y Chocó.

Ataco (Tolima) y Barbacoas (Nariño).

Hay tres sistemas de explotación que pueden cubrir con algunas variantes todos los sectores de la pequeña y mediana minería del oro en Colombia:

Sistema de tambores o realces paralelos - Filón - Subterráneo.

Sistema de terrazas aluviales - Aluvión - Superficie.

Sistema de apiques - Aluvión - Superficie.

1.1 SISTEMA DE TAMBORES O REALCES PARALELOS

Para yacimientos de veta con inclinaciones superiores a los 35° y con pocas posibilidades de mecanización se presta el sistema de tambores paralelos avanzados por el filón y generalmente sin entibación debido a la dureza y consistencia de los respaldos. Los tambores se llevan por el buzamiento para facilitar el descargue, en ocasiones se deja un tambor central para transporte del personal y su ensanche se produce ascendentemente con

frentes cortos hasta formar cámaras delimitadas por machones de seguridad. El ensanche es más o menos grande según lo permita el espesor del filón (0.20-1 m), la estabilidad de los respaldos y la posibilidad de un descargue manual donde la carga rueda por gravedad, suponiendo una buena recuperación como la diseñada en la figura 7 y considerando un bloque de $50. \times 50. \text{ m} = 2.500 \text{ m}^2$ con espesor de $1.50 \text{ m} = 3.750 \text{ m}^3$ se quedan sin explotar:

SISTEMA DE TAMBORES O REALCES PARALELOS

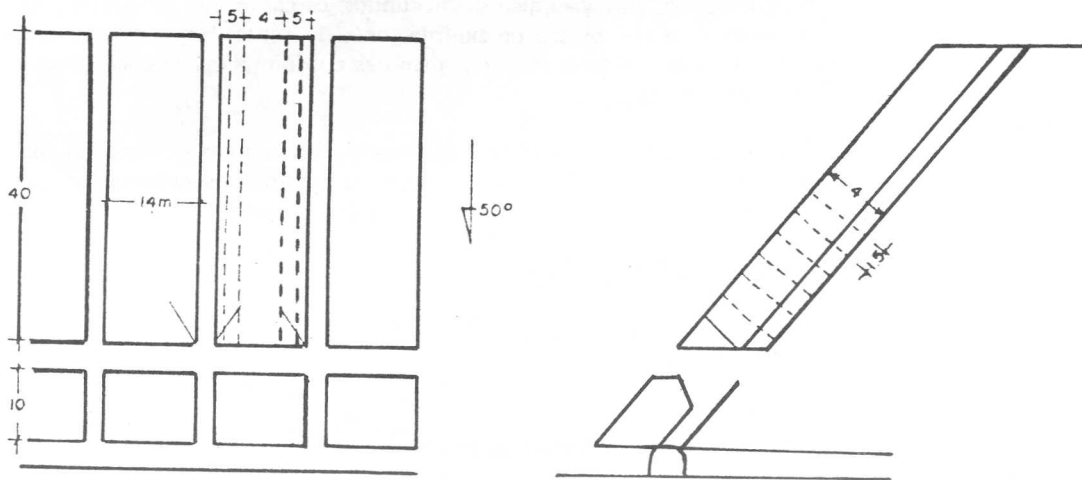


Figura 1

$$\begin{array}{r}
 4 \times 40 = 160,0 \\
 + 10 \times 14 = 140,0 \\
 \hline
 300 \text{ m}^2 \\
 \times 1.5 = 450 \text{ m}^3 \\
 \times 4 = 1.800 \text{ m}^3 \\
 \text{bloques}
 \end{array}$$

que con relación a 3.750 m^3 constituyen el 48%.

La norma para este tipo de explotaciones son recuperaciones que oscilan entre 20 y 30%. El 70% - 80% se distribuye en pérdidas por explotación, geológicas, y de transporte, al estilo de minas como las de Marmato en Caldas o El Volcán en Vetas - Santander.

El sistema se presta para el uso de explosivos sobre el frontón y para producciones de 100 a 200 Tons./día, en el caso de tener varios tambores en explotación, tres turnos de trabajo y labores de desarrollo y preparación bien adelantadas que permitan la explotación en regreso.

La asistencia técnica se debe dirigir en esta clase de sistemas, a los controles topográficos, a los sistemas de ventilación, al uso racional de los explosivos y a un planeamiento coordinado en labores de explotación, preparación y desarrollo que permita mejores recuperaciones. El uso de perforadoras y la ventilación auxiliar exigen una red de agua y de aire comprimido.

El poco espesor del filón no dá para formación de grandes cámaras además de que la dilución es mucho mayor. Cuando el buzamiento es demasiado fuerte, ($80^{\circ} - 90^{\circ}$) e inconsistentes los respaldos, se parte de los tambores descendientemente y en frentes cortos, y en forma ascendente cuando la consistencia del mineral y de las rocas acompañantes es excelente. (Figs. 2 y 3). Generalmente se necesita estibar en madera con el "Square Set" o una entibación de "bacinola" cuadrada para formar plataformas de trabajos, al estilo de minas como Marmato, La Cascada de Cali, Valle, (Carbón - Anchicayá) o Miraflores en Quinchía.

La recuperación es buena si las condiciones del yacimiento se prestan para trabajar con la suficiente seguridad.

SISTEMAS DE TESTEROS O FRENTE CORTOS

Fig. 2

ASCENDENTE

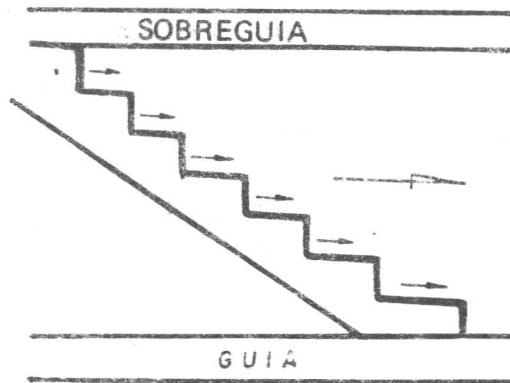
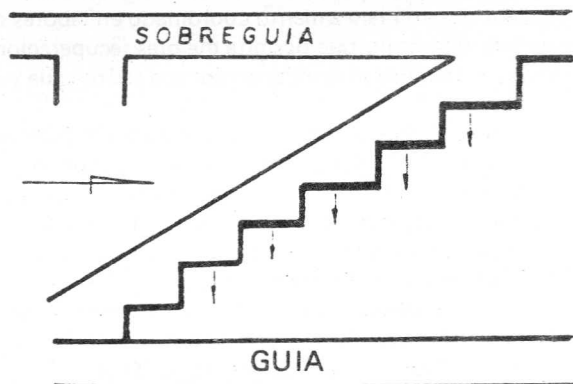


Fig. 3

DESCENDENTE



1.2 SISTEMAS DE EXPLOTACION EN PLACERES O TERRAZAS ALUVIALES

Siendo el agua un elemento erosionador y de transporte, es fácil imaginar las cuencas fluviales con toda su estructura de caudal, pendientes y meandros como una gran planta de beneficio con lavaderos y separadores gravimétricos. Se originan los placeres como depósitos de material con minerales valiosos y cuando la dinámica fluvial orada más o se desplaza de cauce, se forman capas remanentes que se pueden explotar por terrazas en el cauce o fuera de él, en superficie u ocasionalmente en bajo tierra.

El sistema de minería se reduce entonces a la recuperación del material depositado, por medio de dragas, retroexcavadoras y monitores en la superficie, dando lugar a sistemas varios de grande, mediana y pequeña minería.

1.2.1 EXPLOTACION POR DRAGAS

Por el inmenso movimiento de tierra que permiten realizar estos equipos, las dragas de cucharas se adaptan para el arranque de aluviones con tenores bajos en la minería del oro — (0.1 a 0.2 gr/m³) —. Las dragas tipo Juba pueden mover más de 500.000 Yds³ al mes e inmediatamente procesar el material, lavando, clasificando y concentrando el mineral a través de canalones enrillados, pulsadores hidráulicos (Jigs) y mesas de amalgamación con planchas de cobre. Aunque las dragas de cuchara no son propiamente objeto de la pequeña y mediana minería, valga la ocasión para presentar un esquema del sistema. (Fig. 4).

La mediana minería utiliza ocasionalmente dragas de cuchara de menor capacidad (aprox. 3.000 m³/día), pero restringe su campo de acción a equipos que se adapten más a este tipo de minería: *Las dragas de succión*. Se trata de bombas de aspiración cuyas mangueras de entrada (6" a 8") son manejadas por buzos que trabajan a profundidades máximas de 5 a 10 m. y que pueden succionar hasta 25m³/h de material para ser tratados en un canalón provisto de trampas y cribas que retienen y separan. El esquema entregado por los fabricantes colombianos de dragas, en Medellín es suficientemente explicativo. (Fig. 5). Este tipo de explotación mecanizada está ampliamente generalizado en la minería aluvial de Antioquia y del Chocó pero aún no sujeto a las normas de Higiene y Seguridad para explotaciones superficiales, que incluyen los requisitos señalados para protección del medio ambiente.

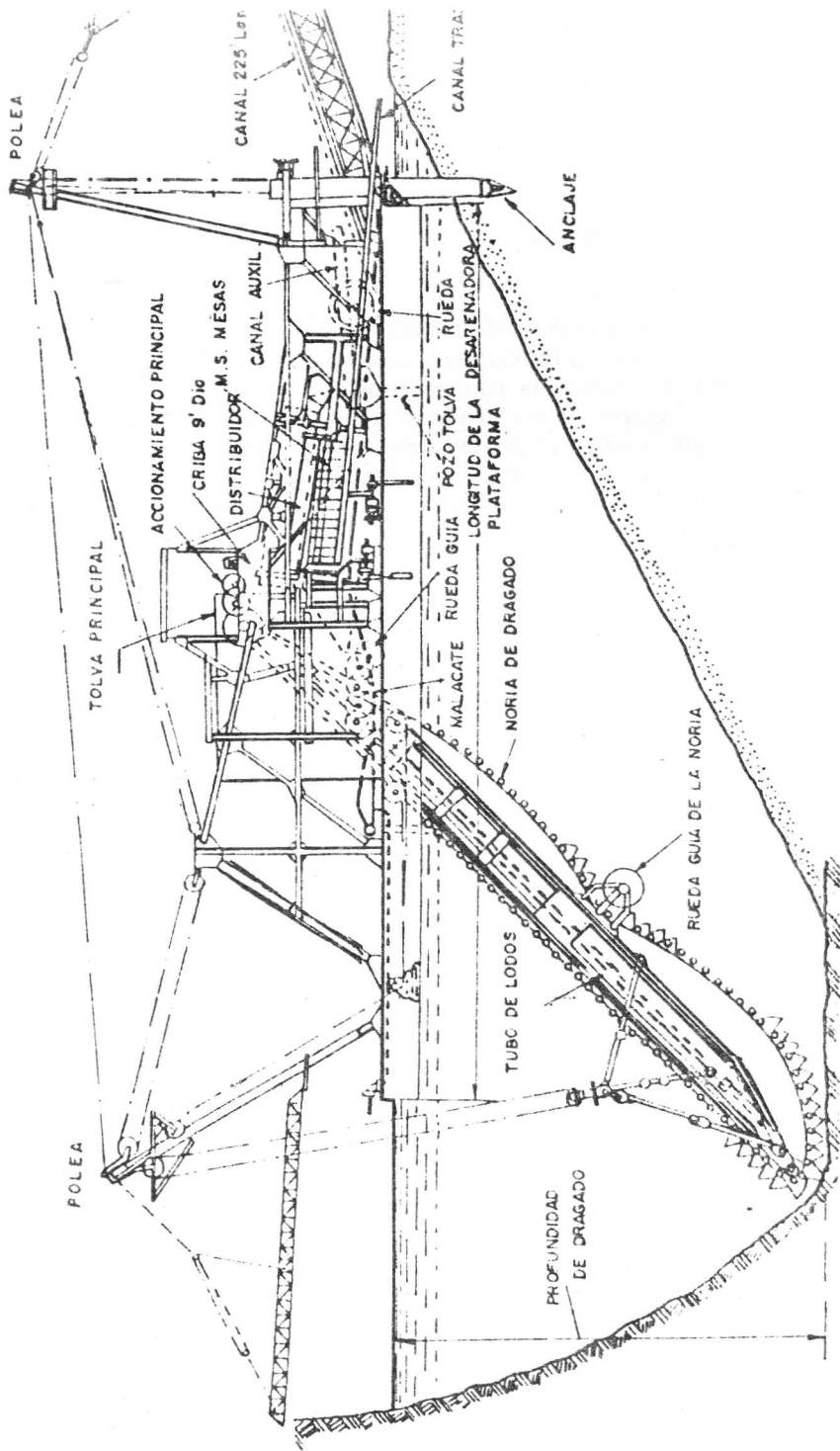
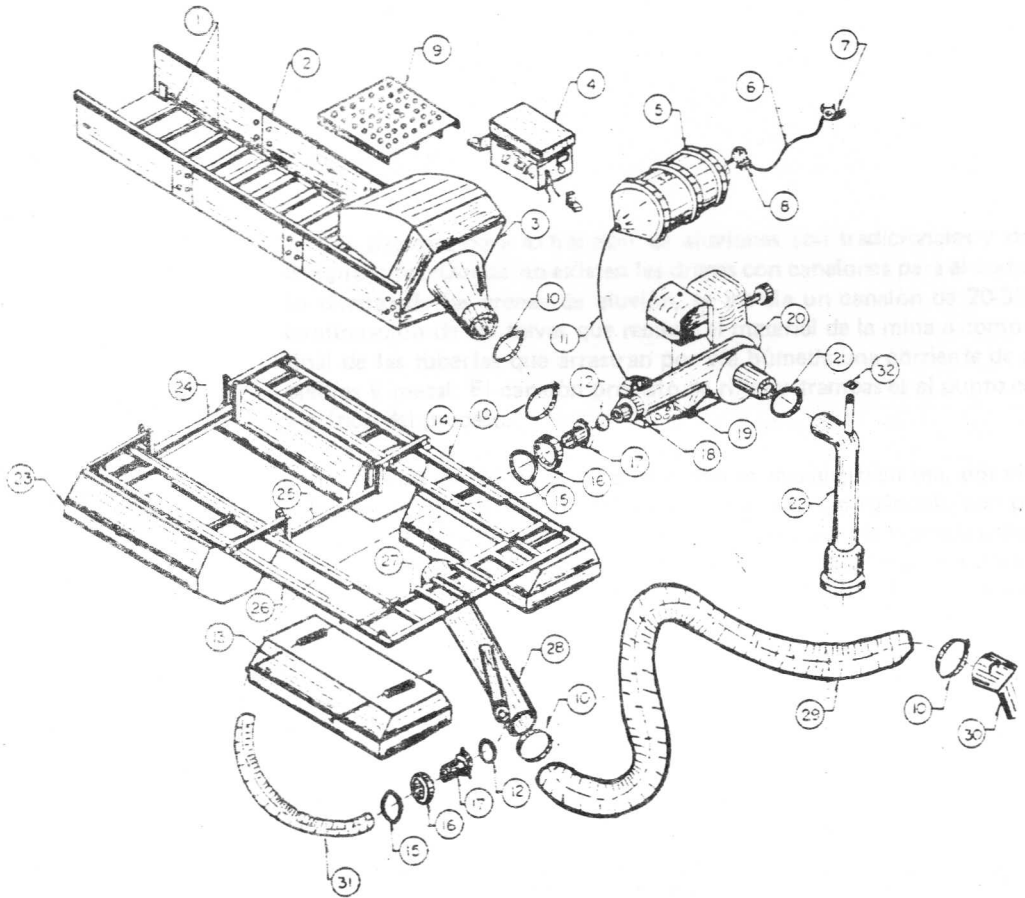


Fig. 4 ESQUEMA DE DRAGADO – Tipo Yuba

Fig. 5 DRAGAS DE PEQUEÑA MINERÍA

Esquema del fabricante



Pieza No.	Cant.	Nombre	Pieza No.	Cant.	Nombre
1	1	Riffllo de 6"	17	2	Racor 3"
2	1	Canalón de 6"	18	1	Compresor
3	1	Casilla de 6"	19	1	Banda
4	1	Caja de batería	20	1	Motor
5	1	Tanque de aire 35 lbs.	21	1	Abradera de 4"
6	1	Manguera de 10 m.	22	1	Granada
7	1	Bocado	23	4	Flotador
8	1	Manómetro	24	1	Soporte trasero
9	1	Rejilla o criba	25	1	Soporte Central
10	4	Abrazadera de 6"	26	1	Bandera derecha
11	1	Manguera de 1 m.	27	1	Soporte motor
12	2	Empaque de racor 3"	28	1	Inyector de 6"
13	8	Tornillo pasador 5/16" x 16½"	29	1	Manguera de 6"
14	1	Bandera izquierda	30	1	Sorbedor
15	2	Abrazadera de 3"	31	1	Manguera de 3"
16	2	Tuerca de racor 3"	32	1	Tapa de granada

1.2.2 EXPLOTACION POR MOTOBOMBA - MONITOR - ELEVADOR O POR BULDOZER CARGADOR - VOLQUETA

Los sistemas para extracción de aluviones son tradicionales y de fácil comprensión. Donde no existen las dragas con canalones para el tratamiento directo de las arenas de aluvión, se instala un canalón de 20-30 m. a continuación de las tolvas que reciben el material de la mina o como etapa final de las tuberías que arrastran por vía húmeda una corriente de arena, piedras y metal. El canalón provisto de rifles y trampas es el punto central y crítico del proceso.

La extracción de las terrazas aluviales se maneja, bien sea, por vía seca arrancando el material con buldozer y explosivos, cargándolo con palas y transportándolo con volquetas (Fig. 6), bien sea por vía húmeda utilizando los monitores para el arranque y las motobombas y elevadores para salvar diferencias de nivel y elevar por tubería el material al canalón de beneficio.

El pecado de estos sistemas es su realización a medias. Cualquier sistema que sea "racional" incluye algunos pasos que son de estricto cumplimiento y que son parte del sistema de extracción. Estos pasos van dirigidos al tratamiento del estéril durante y luego del proceso de recuperación. Los canalones que retienen el oro, pero que botan oro y estéril, al río contaminando, están trabajando en un sistema "a medias". El estéril que no es del río, no tiene por qué ir a alterar el cauce o la navegabilidad.

Explotación por Motobomba y Monitor.
Minas Gertrudis-Barbacoas



El mercurio de los canalones no tiene por qué ir a parar a las aguas del río. La minería "racional" contempla la sedimentación de estéril, la neutralización o eliminación hasta límites permisibles de mercurio, o cualquier sustancia nociva, y la reforestación o adecuación de tierras, una vez haya pasado la explotación.

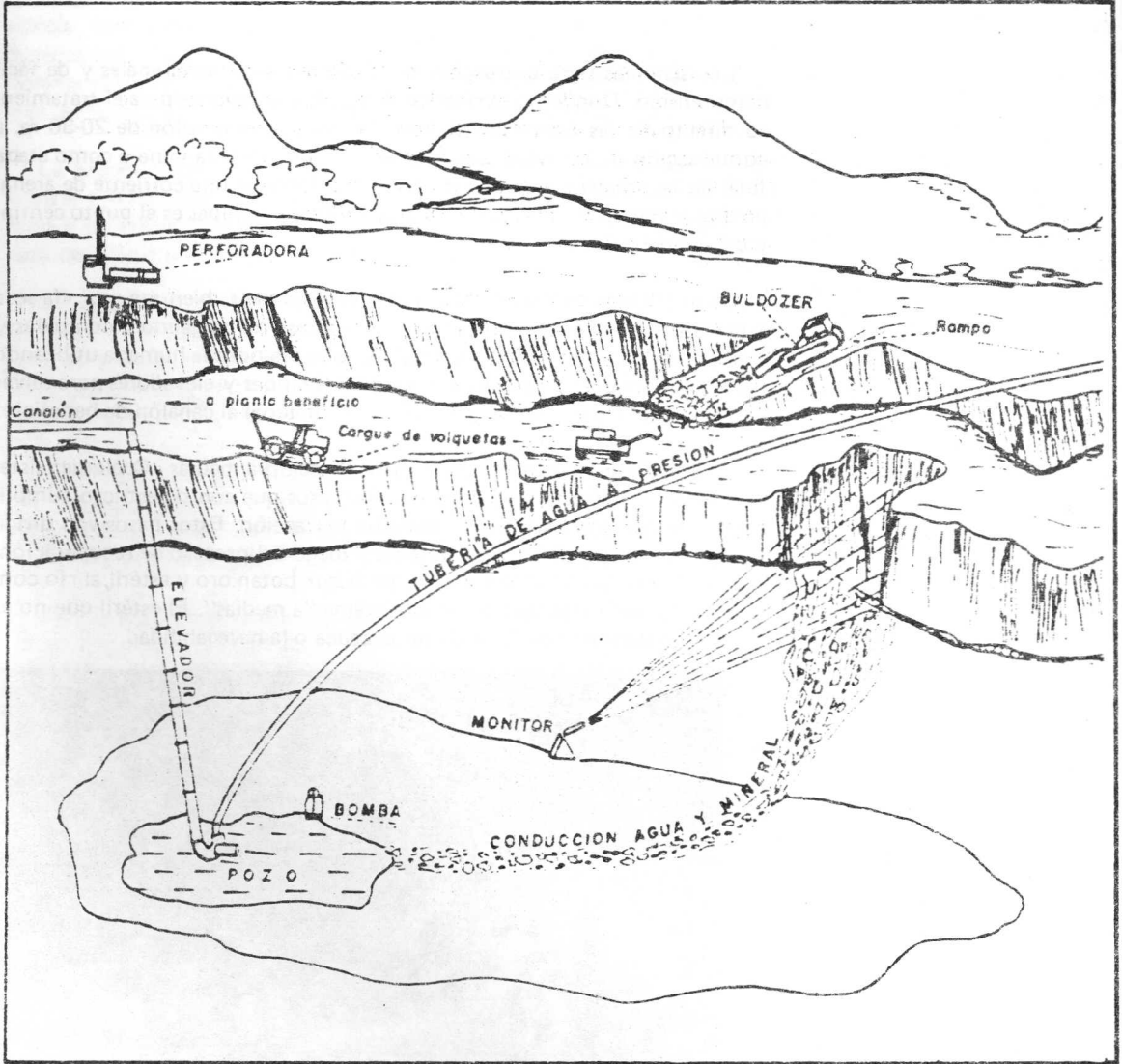


Fig. 6 SISTEMA DE TERRAZAS – MINERIA DE ALUVION

1.2.3 EXPLOTACION POR APIQUES

Es tal vez el sistema más rudimentario dentro del marco de los actuales sistemas de explotación en la minería colombiana del oro del aluvión. Se parte de la superficie con pozos o apiques de 70-80 cms. de diámetro, verticalmente hasta encontrar el horizonte de aluviones a profundidades entre 5 y 10 metros según el caso, o inclinados con escalas que sirven como plataformas de transporte manual. Una vez se llega a lo que los mineros denominan "Peña", se abren pequeños túneles en todas direcciones en donde pueden trabajar 4 ó 5 personas hasta que la falta de oxígeno o el agua impidan proseguir con los trabajos. (Fig. 7). El transporte del mineral se realiza por baldes halados manualmente en los pozos verticales o pasados mano a mano en los pozos inclinados. Sobra decir que la Seguridad, la

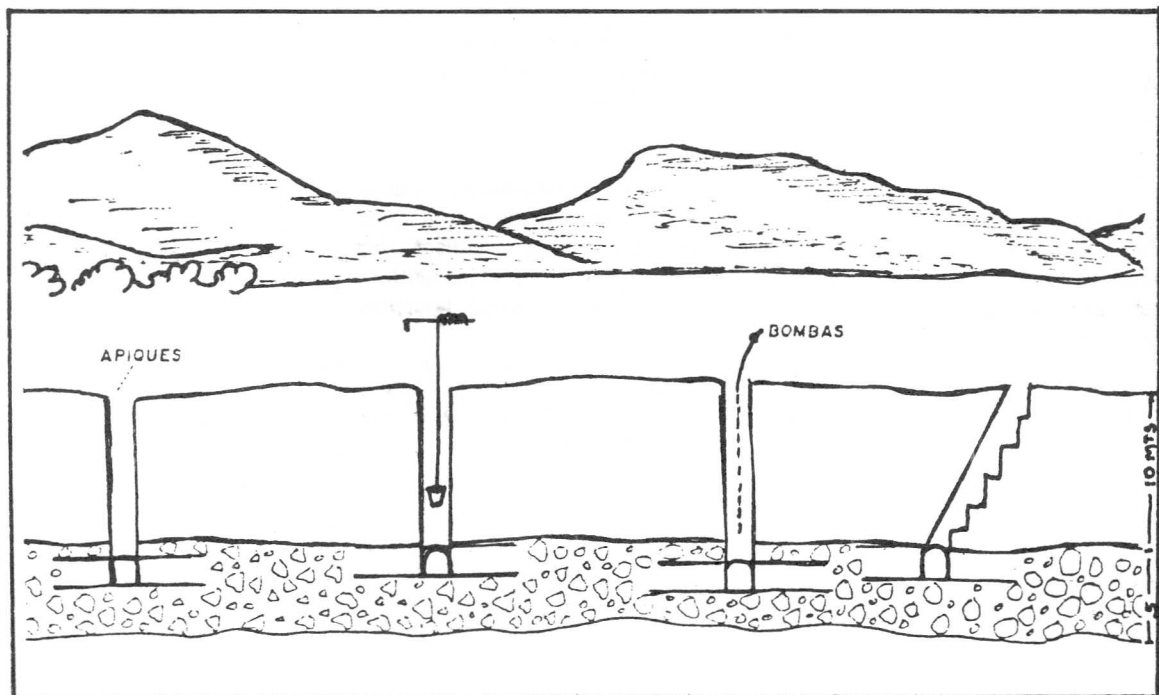


Fig. 7 EXPLOTACION POR APIQUES – ATACO



Ensanche de un apique en Ataco-Tolima.

Higiéne Laboral y la eficiencia dejan mucho que desear. Los huecos abandonados constituyen además de un peligro, uno de los peores deterioros ambientales, ya que inutilizan el terreno, ocasionan derrumbes parciales e impiden la reforestación.

Este sistema, que se emplea en la región tolimense de Ataco y en áreas de Chocó, debe ser reemplazados por sistemas integrados de mediana minería que realicen descapote y recuperen el terreno, como se indicará más adelante. Los terrenos que ya han sido objeto de esta minería, también pueden ser recuperados con explotación superficial que conlleve descapote y sistemas por vía húmeda o por vía seca.

2.0 SISTEMAS ALTERNOS PARA EXPLOTACIONES DE FILON Y DE ALUVION

Aunque los filones se explotan generalmente "bajo tierra" y los aluviones a "cielo abierto" no faltan los casos en que por ejemplo los aluviones, cuando hay exceso de cubierta estéril, sean extraídos por redes de vías subterráneas. (Caso de aluviones de Arauca, Caldas).

Para no entrar a casos particulares, mencionaremos algunos sistemas más de explotación que pueden ser utilizados de acuerdo con las condiciones del terreno y de acuerdo con el tipo de yacimiento, a buen criterio del Ingeniero de Asistencia Técnica.

2.1 SISTEMA PARA EXPLOTACION SUBTERRANEA DE FILONES

El filón es un relleno hidrotermal de grietas sometido a meteorización, tectonismo y metamorfismo que puede dar origen a vetas cuarcíticas. Para el propósito minero los filones constituyen mineralizaciones de fuerte a regular consistencia, de espesor irregular, (0.30 – 3.0 m) de buzamiento variable (generalmente de gran inclinación: 60 – 80°) y circundada por cierto grado de mineralización en los respaldos.

Vistas las condiciones colombianas de las minas subterráneas, hay necesidad de manejar con economía los siguientes factores:

- La evacuación de estéril.
- La protección de los respaldos.
- La concentración de personal.

Para ello estamos proponiendo tres clases de sistemas que son adaptables igualmente a la gran minería:

- Tajo largo diagonal con testeros o frentes cortos y relleno al piso, en yacimientos con inclinaciones entre $50 - 60^\circ$.
- Frentes cortos ascendentes (Stossbau) o tramos de testeros con relleno al piso. Diferentes alternativas según posibilidad de mecanización en yacimientos con inclinaciones superiores a los 60° .
- Pilares de niveles con derrumbe o con ensanche en el rumbo.

La utilización de la roca o estéril que sale del desarrollo y del mismo frente de explotación, como material de relleno, debe servir para:

Evitar el tener que transportar el estéril hasta la superficie solucionando así el problema de transporte y el problema de los botaderos a las salidas de las minas.



Botadero de roca en Marmato-Caldas.

2.1.1 TAJOS LARGOS DIAGONALES CON TESTEROS O FRENTE CORTOS Y RELLENO AL PISO (BUZAMIENTO $50 - 60^\circ$)

Los requisitos de este sistema son conocidos para los mineros, de acuerdo con las normas de seguridad:

- Avance de guía y sobreguía a distancia entre niveles de 40 a 80 m. según la mina.
- Circuito de ventilación.
- Explotación en avance para aprovechar la roca que sale de la sobreguía y botarla al tajo.

Partiendo de un tambor o realce que se haya avanzado por el buzamiento se puede comenzar a darle inclinación al tajo en la parte inferior hasta tener un ángulo de $35 - 45^\circ$ suficiente para que la carga ruede por gravedad y sobre canales negros (Fig. 8).

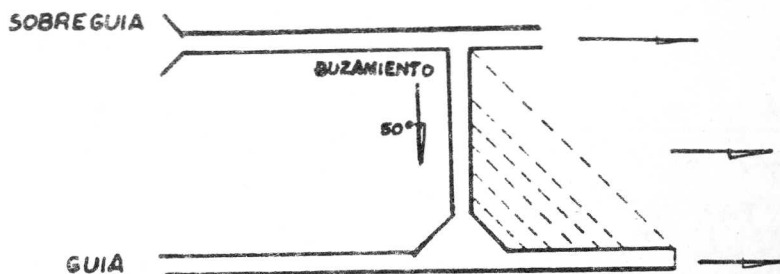


Fig. 8 INICIACION DE TAJO LARGO DIAGONAL

Luego hay que comenzar a formar los frentes cortos de 3 a 4 m. según espesor, con entradas que pueden ser paralelas al frontón o paralelos al buzamiento (Fig. 9). Como hay necesidad de garantizar una abertura mínima de 0.70 m. entre piso y techo será imprescindible en ocasiones, salirse del filón y botar al relleno las partes no mineralizadas.

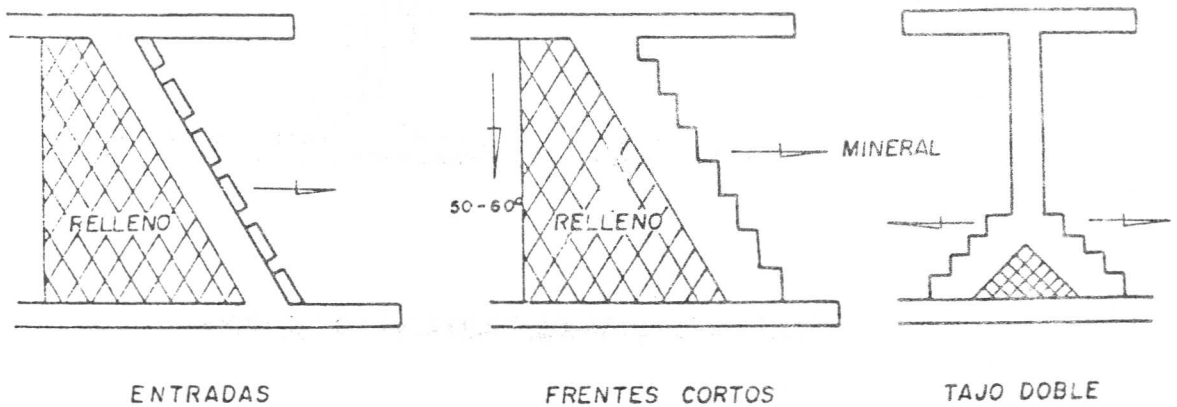
La organización que den los ingenieros de Minas al sistema permitirá realizar ciertas actividades en turnos diferentes al turno de extracción del filón y de relleno en la zona posterior del tajo. La entibación en madera se hará también a criterio del ingeniero, según las condiciones del terreno.

La aplicación del sistema puede presentar muchas variantes y ser limitada según la mina, de modo que lo aquí expuesto sólo debe servir como guía de acuerdo con la infraestructura, el personal, la herramienta disponible y las condiciones existentes. Para ilustración se mencionan aquí "3" diseños básicos. (Fig. 9).

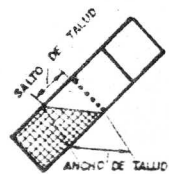
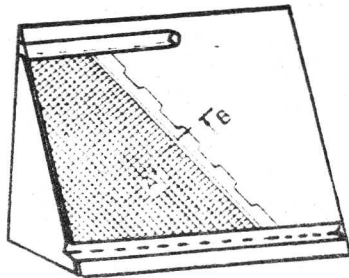
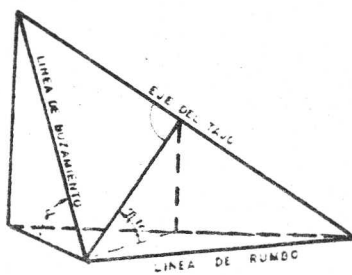
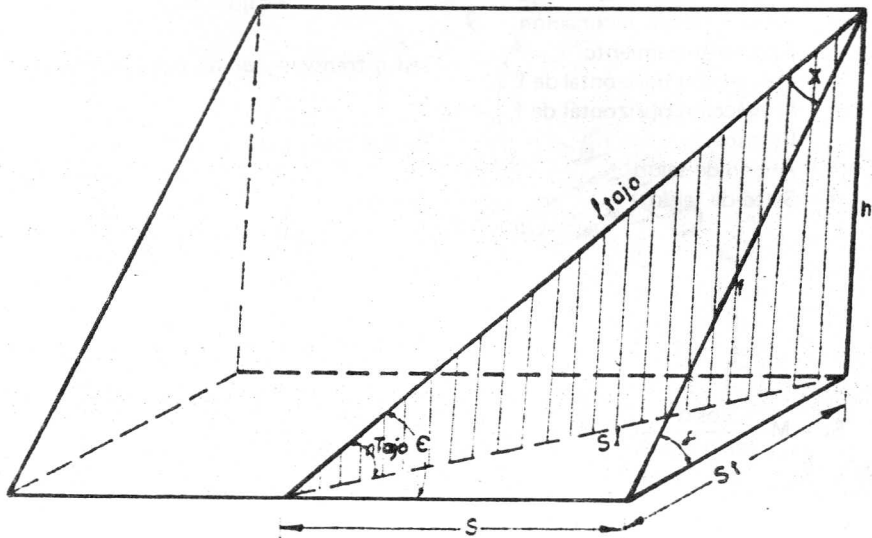
La recuperación global de este sistema puede estar entre el 40 – 60% lo que significa duplicar o triplicar la recuperación por el sistema de tambores paralelos al mismo tiempo que se aumenta la seguridad, la eficiencia y el aprovechamiento de personal, equipos y material.

La concepción geométrica y los parámetros que se deben observar en el diseño y dimensionamiento del sistema pueden ser analizados con base en los gráficos y las fórmulas de la Fig. 10.

Fig. 9 ALTERNATIVAS DE TAJOS LARGOS DIAGONALES



TAJO LARGO INCLINADO Fig. 10



CORTE NORMAL A B
Perpendicular al eje del tajo
(AUMENTADO)

- f = Longitud normal
 h = Altura
 ℓ tajo = Longitud de tajo
 S = Longitud de adelanto
 α = Angulo de buzamiento
 ϵ = Angulo de sesgo
 η tajo = Angulo de inclinación tajo
 η transv. = Angulo transv. inclinación
 X = Angulo volcamiento
 $S\ell$ = Proyección horizontal de ℓ
 Sf = Proyección horizontal de f
 M = Espesor
 At = Ancho de talud
 St = Salto de talud

$$\text{sen } \alpha = \frac{h}{f}$$

$$\text{sen } \epsilon = \frac{f}{\ell \text{ tajo}} = \frac{h/\text{sen } \alpha}{h/\text{sen } \eta \text{ tajo}} = \frac{\text{sen } \eta \text{ tajo}}{\text{sen } \alpha}$$

$$\text{sen } \eta \text{ tajo} = \frac{h}{\ell \text{ tajo}} = \text{sen } \alpha \cdot \text{sen } \epsilon$$

$$\text{sen } \eta \text{ transv.} = \text{sen } \alpha \cdot \cos \epsilon = \sqrt{\text{sen}^2 \alpha \text{ sen}^2 \eta \text{ tajo}}$$

$$Sv = \ell \text{ tajo} \cdot \cos \epsilon = \sqrt{\ell^2 - f^2}$$

$$X = 90 - \epsilon$$

$$\text{sen } X = \frac{Sv}{\ell \text{ tajo}}$$

$$At = M \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\text{sen}^2 \alpha \cos^2 \epsilon}} = M \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\text{sen}^2 \eta \text{ transv.}}}$$

$$St = M \frac{\cos \alpha}{\text{sen } \alpha \cos \epsilon} = M \frac{\cos \alpha}{\text{sen } \eta \text{ transv.}} = M \frac{\text{tag } \epsilon + \text{ctg } \epsilon}{\text{tag } \alpha}$$

**2.1.2 FRENTES CORTOS ASCENDENTES
O TRAMOS DE TESTEROS
- CORTE Y RELLENO ($\alpha > 60^\circ$)**

Del sistema de combinación de 2 tajos inclinados con frentes cortos en diferente dirección y a partir del mismo tambor central, se deriva el sistema de corte y relleno ascendente donde los tajos inclinados se convierten en tajos cortos horizontales de 30 – 50 m. delimitados por los tambores laterales de descargue y el tambor central para la introducción del relleno (Fig. 11).

Este sistema prevé la existencia de equipos de transporte acordes con el espesor del filón, bien sea por medio de malacates en áreas estrechas o bien sea por cargador sobre bancos de espesor considerable. En el caso del oro el transporte se haría por malacates ya que los filones generalmente no poseen espesores mayores de 1.50 m.

El piso y las plataformas de trabajo están constituidas entonces por el relleno o por montones de mineral sobre los cuales se pueden colocar los equipos de perforación.

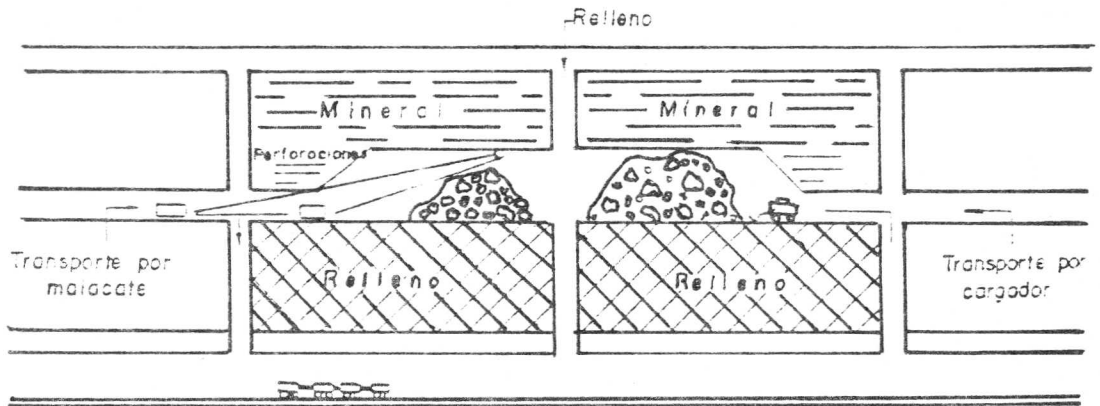


Fig. 11 TRAMOS DE TESTEROS – CORTE Y RELLENO

Los frentes de arranque pueden ser escalonados pero botan la carga a una vía horizontal. Si no hay equipos de transporte horizontal habría que hacer más tambores de descargue sobre los cuales se forman taludes donde rueda el mineral por gravedad (Fig. 12).

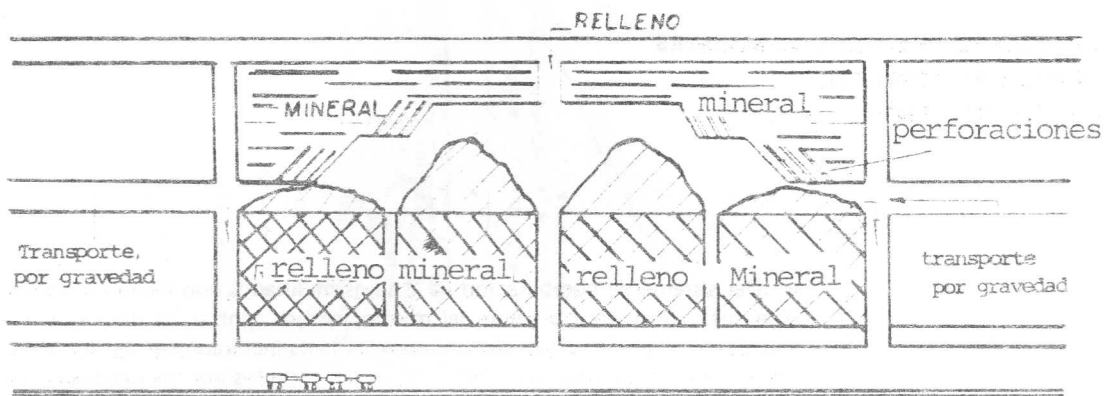
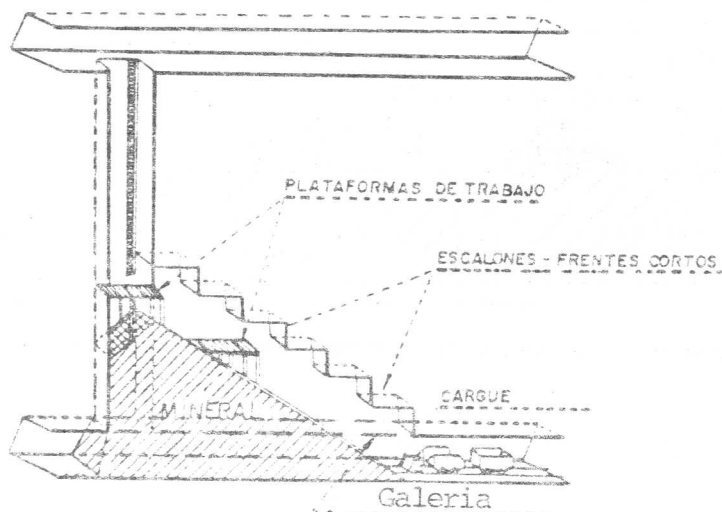


Fig. 12 CORTE Y RELLENO – TRAMOS CORTOS PARA DESCARGUE INCLINADO

Este sistema es versátil por la cantidad de variantes que puede presentar, ya sea para el arranque, ya sea para el descargue. En ocasiones se deja acumular el mismo mineral arrancado, reemplazando con ello el relleno. (Shrinkage method) (Fig. 13).

La recuperación en este sistema puede variar entre el 50 y el 70% utilizando relleno y no dejando machones o pilares de seguridad.

Fig. 13 CORTE Y RELLENO CON MINERAL



2.1.3 EXPLOTACION POR PILARES, EN NIVELES CON DERRUMBE ($\alpha > 60^\circ$ Y ESPESORES SUPERIORES A 1.50 m).

Donde el techo es muy quebradizo se pueden abrir sobreguías que sirvan como separación entre niveles distanciados de 5 – 10 m., perforar y quemar entre niveles evacuando el mineral por los niveles a un tambor de descargue.

Las zonas mineralizadas de poca consistencia han dado origen a explotaciones hidráulicas con niveles inclinados donde toberas de alta presión desprenden el mineral y con pendiente lo transportan hasta la planta de beneficio.

La explotación se comienza en los niveles superiores de modo que el derrumbe va atrasado en los niveles inferiores. El transporte de mineral requiere igualmente de *medios como el malacate en filones de reducido espesor* (Fig. 14).

Cuando los respaldos son consistentes y el espesor es superior a 1.50 m se pueden formar cámaras que sirven de almacenamiento para descargar sin tener que utilizar las sobreguías dando lugar al sistema de explotación denominado "ensanche en el rumbo" (Fig. 15), como variante del primero.

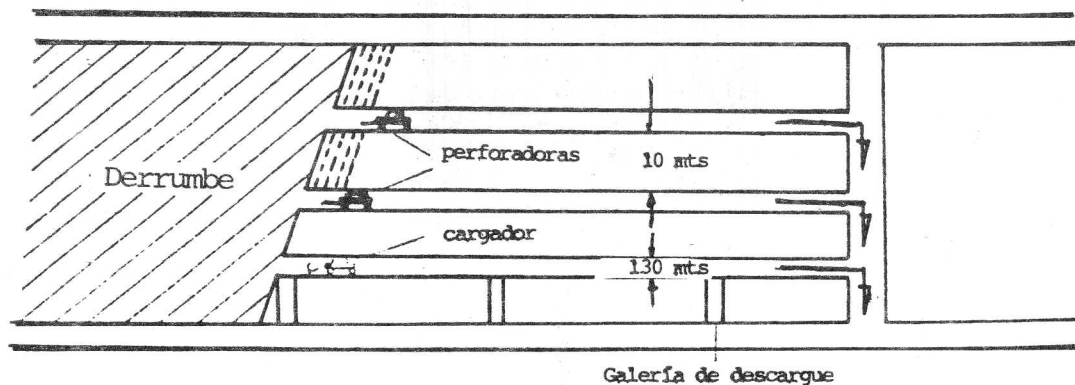


Fig. 14 EXPLOTACION POR NIVELES CON DERRUMBE

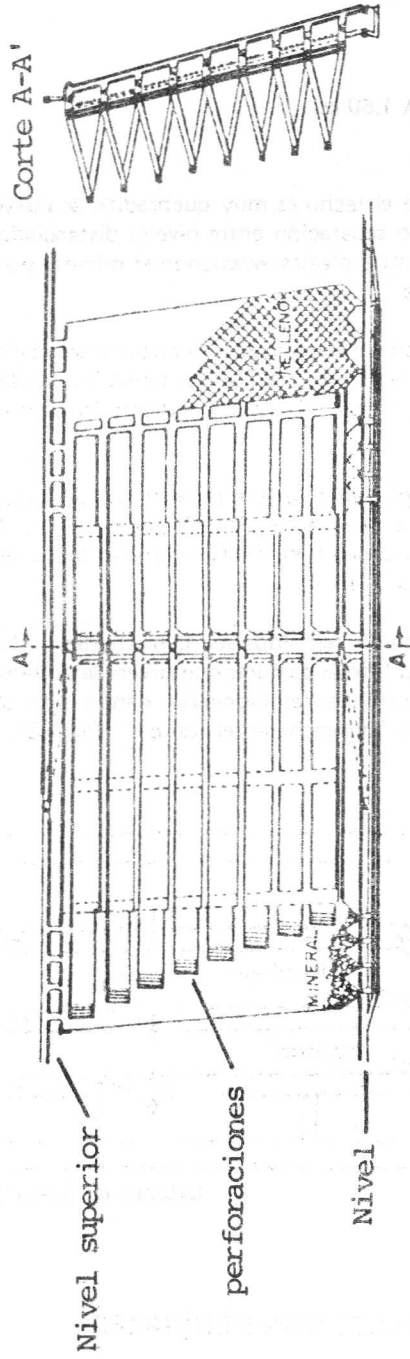


Fig. 15 EXPLOTACION POR ENSANCHE EN EL RUMBO

2.2 SISTEMAS PARA EXPLOTACION DE ORO ALUVIAL EN SUPERFICIE

El mejoramiento de los sistemas de explotación por dragas en terrazas aluviales se orienta más al tratamiento del material extraído mediante métodos de beneficio que eviten en las aguas la contaminación por mercurio y otros químicos, y al manejo de las colas o sedimentos para evitar deterioros en la dinámica fluvial y propiciar el llenado de las cavidades de vega con su posterior reforestación. La operación misma de extracción no sufre modificación.

La explotación por monitoreo, elevadores, volquetas y buldozer en terrazas aluviales fuera del alcance de los ríos debe incluir varios factores de vital importancia:

- *Tratamiento de material fino y grueso en tanques de sedimentación y en diques de protección a las orillas para evitar que el aumento de sedimentos en el río cambie la dinámica de flujo y altere en ocasiones la navegabilidad del río.*



Explotación de Aluvión
Canal de Lavado
Minas Gertrudis -Barba
coas.



Concentración en batea.
Maimochí-Guainía.

- *Recuperación y reforestación* de los terrenos explotados. La capa vegetal se debe almacenar para ser utilizada posteriormente, las cavidades dejadas por la explotación deben ser llenadas sistemáticamente con desechos de otras explotaciones y con la capa vegetal almacenada, para iniciar luego la reforestación programada.
- *El proceso de amalgamación* se debe realizar, en cuanto sea posible, *en tierra*, evitando que el mercurio vaya directamente a ríos o quebradas con alguna densidad poblacional. La acumulación de arenas gruesas se hace en canales o depósitos aislados o impermeables.
- La extracción del material aluvial debe ser objeto de *un planeamiento minero* en su ordenamiento físico y cronológico para evitar la contaminación en zonas vírgenes y en ríos.

SISTEMA DE CANALON Y RELLENO

En busca de un sistema de mediana minería que puede reemplazar el antitécnico y antiecológico sistema de apiques, estilo Ataco, se propone aquí la recuperación de todo el yacimiento aluvial explotado hasta la fecha mediante un sistema de descapote con buldozer, arranque con cargador y cargue con volquetas hasta los sitios de lavado y beneficio. Hay necesidad de conformar bloques superficiales de 100 x 100 en conjuntos de 3 ó 4 separados por canales profundos que lleguen con los taludes hasta el piso de la formación aluvial y que sirven como vías de evacuación de agua y material hacia las zonas con mayor depresión topográfica (Fig. 16).

La razón de descapote ha de ser de 1:1 o máximo de 2:1 con espesores de estéril entre 8 — 10 m, y zonas mineralizadas entre 5 y 10 m. Los bloques descapotados y explotados han de servir como zonas donde se despositen las colas del lavado, se cubran con la capa vegetal y se destinen a la reforestación.

Las distancias de transporte a una planta móvil de beneficio deben estar entre los 100 a 500 m.

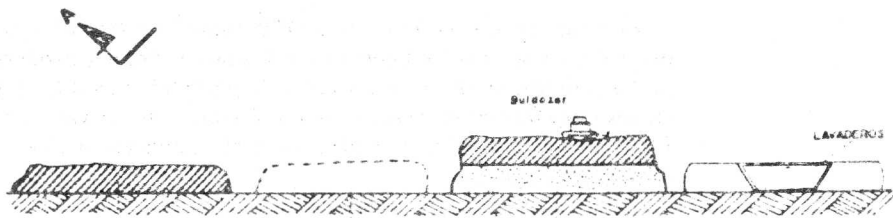
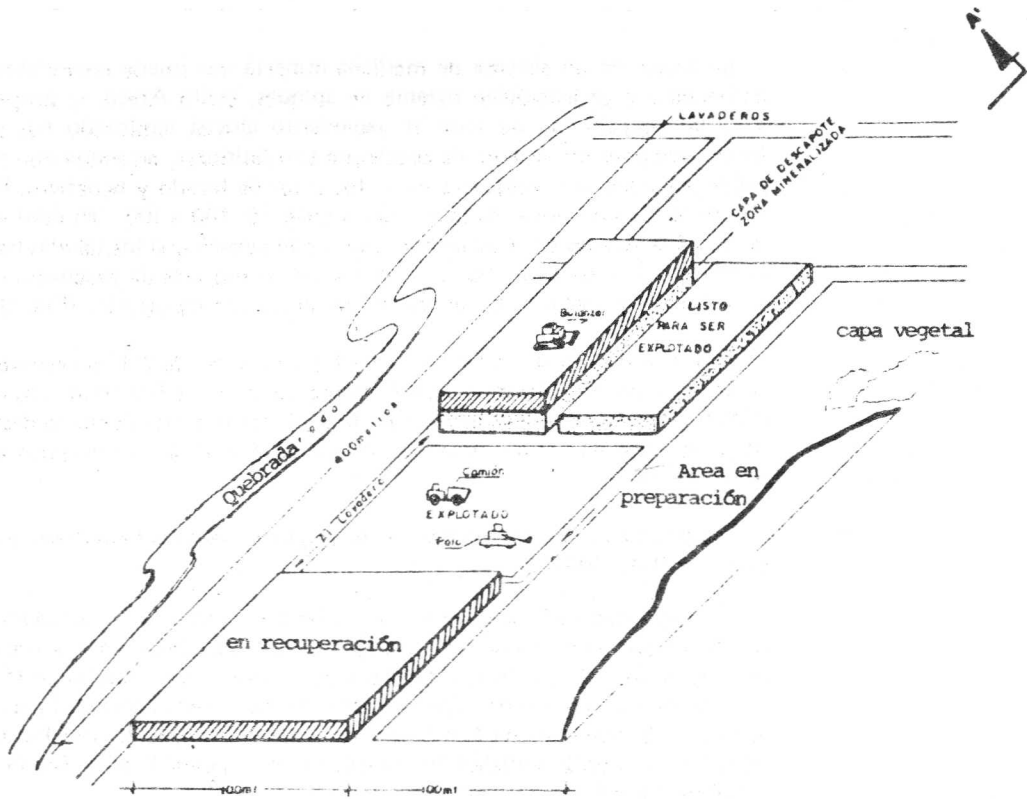
La preparación de los bloques se realiza con buldozeres, el arranque se puede realizar, bien sea por monitores, donde la pendiente para la evacuación del mineral lo permite, o bien sea por cargador y volquetas en terrenos planos. Una unidad de transporte puede estar constituida por 1 pala de 1.5 m³ y 3 camiones de 5 m³ para rendimientos promedio por hora de 60 m³/hora. Con 2 unidades en la explotación se puede llegar a 120 m³/y 700 m³/turno.

El tenor de oro en el aluvión (160 mg/m³ en Ataco) y las correspondientes instalaciones de beneficio bien pueden llevar a producciones entre 220 y 250 grs. en dos turnos día con la posibilidad de subir a 1000 grs/día en caso de emplear más gente y equipo o que el tenor varíe a 500 mg/cm³. El sistema es versátil y da lugar a diferentes concentraciones de equipo y personal.

Se debe dejar un turno especial para el transporte de los desechos al sitio de relleno y su distribución en el área, con buldozer.

Los canalones son puntos de partida para la explotación y se desplazan por lo tanto a medida que avanza el arranque y se produce el relleno (Fig. 17).

Fig. 16 EXPLOTACION POR CANALON Y RELLENO (Perspectiva)



En recuperación explotación en descapote

Fig. 17 CORTE SOBRE EL CANALON, EL DESCAPOTE Y EL RELLENO

El levantamiento topográfico del terreno ha de servir como base para iniciación de trabajos en la zonas bajas y para definición cronológica de actividades de acuerdo con la secuencia de los bloques.

La recuperación del sistema es obviamente alta en comparación con el método de apiques y se garantiza de antemano la recuperación de tierras. La rentabilidad es objeto específico de estudio en cada caso de acuerdo con la razón de descapote, para establecer el "Break even Stripping ratio" o límite de recuperación rentable a cielo abierto, de acuerdo con el tenor promedio del área y de acuerdo con las necesidades de equipo y personal.

El concepto de pequeña minería se pierde en parte, por el equipo a utilizar y por una labor conjunta de operación que implica ya una mediana minería.

Es necesario incluir igualmente aquí junto con las consideraciones de carácter técnico minero, algunas consideraciones de carácter ambiental con respecto al uso de mercurio y al tratamiento racional de sedimentos.

100

CONCLUSION

La presentación de algunos métodos de explotación, que utiliza en forma deficiente la actual minería colombiana del oro a mediana y pequeña escala, junto con la propuesta de otros sistemas que se pueden implantar según el criterio y el adecuado planteamiento que realicen los Ingenieros de Minas encargados de la Asistencia Técnica, debe servir apenas como una guía para buscar el mejoramiento sustancial del rendimiento, mediante una mayor recuperación de material útil y ofreciendo posibilidades de mecanización.

La minería colombiana está en mora de implantar sistemas acordes con la importancia económica de los yacimientos y con la necesidad de aplicar las normas de higiene y seguridad que garanticen una verdadera racionalización de la operación minera.

ING. JULIO SAMPEDRO ACEVEDO
Director General de Minas

Julio de 1988



REPUBLICA DE COLOMBIA

