



CONVENCION  
DE LAS NACIONES UNIDAS  
SOBRE EL DERECHO DEL MAR

Distr.  
LIMITADA

LOS/PCN/L.1  
22 febrero 1984  
ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLES

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD  
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS  
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL  
DERECHO DEL MAR  
Segundo período de sesiones  
Kingston, Jamaica  
19 de marzo a 13 de abril de 1984

PRIMERAS ACTIVIDADES CONDUCENTES A LA DETERMINACION DE LA  
VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE LA EXPLOTACION DE LOS  
NODULOS POLIMETALICOS

Breve descripción de las principales actividades anteriores a la producción

Informe del Secretario General

INDICE

	<u>Párrafos</u>	<u>Página</u>
INTRODUCCION .....	1 - 8	3
I. LA FASE DE EXPLORACION DE NODULOS POLIMETALICOS .	9 - 42	7
A. Información necesaria para la exploración de secuencias plena en busca de nódulos polimetálicos .....	14	8
B. La fase de prospección (o reconocimiento) de la exploración .....	15 - 23	9
C. Información disponible al término de la fase de prospección o reconocimiento .....	24 - 26	11
D. ¿Cómo se determina la zona para la exploración? .....	27 - 30	12
E. La etapa de exploración del objetivo para la explotación de nódulos polimetálicos ....	31 - 42	13
II. CONSIDERACIONES RELATIVAS A UN PLAN DE TRABAJO PARA LA EXPLORACION Y EXPLOTACION Y LOS PUNTOS CRITICOS DEL PROCESO .....	43 - 45	16
Referencias .....		18

## INTRODUCCION

1. La preparación de proyectos de minería, manufactura, agricultura u otra esfera requiere estudios amplios que desemboquen en una decisión de inversión. La extensión, el rigor y el costo de las actividades previas a la producción en la explotación de recursos mineros, sin embargo, superan ampliamente los requeridos respecto de otras industrias. La industria minera tiene algunas características que la distinguen de otras industrias, incluso de otras actividades basadas en recursos naturales, como la producción de energía hidroeléctrica, la agricultura primaria y la silvicultura. La extracción minera implica la explotación de recursos no renovables y finitos que suelen hallarse en zonas aisladas, cuya explotación requiere grandes inversiones en instalaciones de infraestructura que son características respecto de cada yacimiento. Los factores geológicos desconocidos de los yacimientos mineros y las características de los mercados y los precios de los productos mineros hacen que la industria opere en niveles de riesgo (físico, comercial y político) que superan en medida importante los de otras industrias.
2. El carácter incompleto de los conocimientos geológicos y la dificultad de la interpretación geológica siempre hacen dudar de las estadísticas relativas a las reservas y la ley de los minerales; en general, no se puede conocer el verdadero valor mientras no se agote el yacimiento. Cuando una industria de tanto riesgo compite para obtener fondos con industrias de menor riesgo suele tener que pagar mayores costos financieros. Estas y otras características de la industria minera han fomentado el crecimiento de grandes empresas multinacionales que se encargan de la exploración, la extracción, la elaboración y la comercialización y que se han propuesto deliberadamente difundir los riesgos no sólo en regiones geográficas sino también en actividades mineras y de otro orden. Además, esas empresas han sido primordialmente responsables del desarrollo tecnológico dentro de la industria, así como del desarrollo de productos y del estímulo de la demanda de los consumidores.
3. En lo que respecta a la preparación de un proyecto para explotar una nueva mina, pueden definirse etapas sucesivas que conducen a esta actividad. La exploración es la expresión general utilizada para describir el conjunto de actividades y evaluaciones necesarias antes de que pueda adoptarse una decisión informada con respecto al tamaño, el diagrama inicial del proceso industrial y la producción anual de una nueva operación de extracción basada en un yacimiento mineral determinado. Hay dos fases principales de la exploración, el reconocimiento y la exploración del objetivo, cada una de las cuales puede dividirse en dos etapas como se muestra en el gráfico 1. Un programa exitoso siempre se caracteriza por un aumento del carácter favorable de la zona explorada al avanzar de una etapa a la siguiente; esa progresión suele ir acompañada de una reducción del tamaño de las zonas favorables. Una secuencia completa de exploración, designada a veces como una exploración de secuencia plena, comienza con la evaluación de grandes regiones con el objeto de identificar las que sean favorables a la ocurrencia de yacimientos que puedan revestir interés. Esa evaluación va seguida del reconocimiento detallado de esas regiones en busca de zonas de objetivo.
4. En el contexto de un programa de exploración hay tres elementos esenciales para hallar un yacimiento minero económico: ideas, financiación y suerte. La actividad humana es su común denominador. En la exploración las buenas ideas

surgen de la aplicación imaginativa de la experiencia, los conocimientos prácticos y teóricos y un criterio sólido respecto de situaciones nuevas. La suerte es la influencia que ejercen sobre el resultado de una actividad acontecimientos y factores desconocidos e imprevistos. No obstante, la suerte puede favorecer al primer inversionista transformando las incertidumbres (acontecimientos y factores desconocidos e imprevisibles) en riesgos.

5. Un riesgo está siempre relacionado con un factor conocido que puede preverse, y medirse dentro de ciertos límites y contra el cual se puede contratar un seguro; se corren riesgos. Una incertidumbre se relaciona con factores desconocidos no identificados; no puede preverse ni medirse ni se puede contratar un seguro a su respecto. Se debe o presumir una incertidumbre y tomar medidas sin conocer el resultado por anticipado o no tomar medidas. La gestión científica de la exploración permite la transformación de algunas incertidumbres en riesgos específicos, controlando con ello la función de la suerte como un elemento del éxito de la exploración.

6. Las consideraciones anteriores respecto de la exploración terrestre son igualmente aplicables a la exploración de nódulos polimetálicos. Dado el carácter único de los yacimientos de nódulos polimetálicos de los fondos oceánicos y del ambiente en que ocurren se requiere el desarrollo de tecnología especial para su extracción económica. Ello sucede particularmente en el caso de las actividades de exploración y extracción minera y no sucede en el caso de la elaboración, en el cual los problemas que se han de superar son también aplicables a algunos minerales terrestres, como las lateritas de níquel. Revisten particular interés en el presente informe las actividades típicas previas a la producción que se requieren para explotar un yacimiento polimetálico.

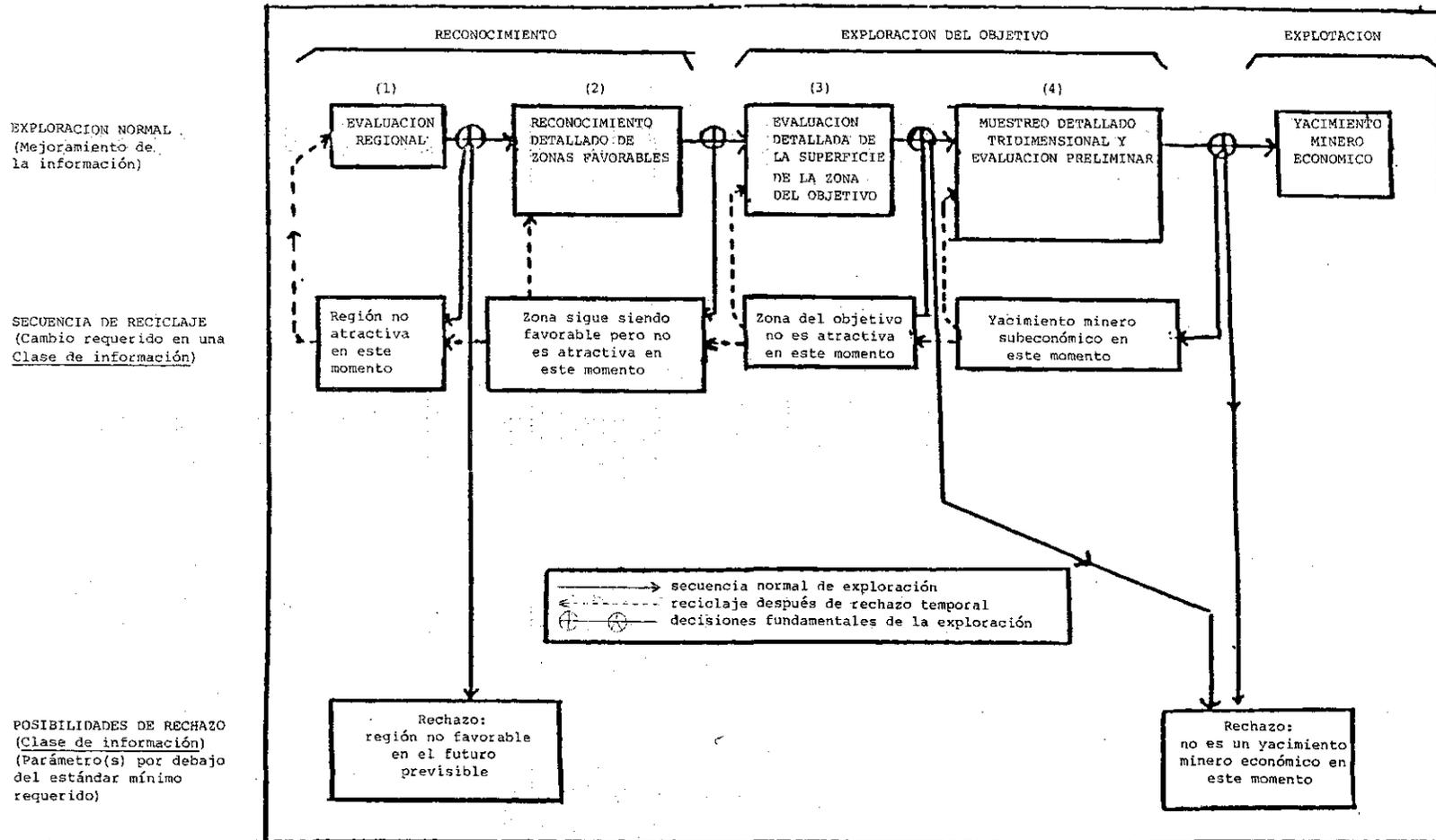
7. Según la resolución II, por "primeras actividades" se entienden acciones emprendidas, asignaciones de recursos financieros o de otra índole, estudios, averiguaciones, investigaciones, actividades de desarrollo técnico y otras actividades relacionadas con la identificación, el descubrimiento y el análisis y evaluación sistemáticos de nódulos polimetálicos y con la determinación de la viabilidad técnica y económica de la explotación. Entre las primeras actividades se incluyen:

a) toda observación y actividad de evaluación en el mar cuyo objetivo sea la determinación y documentación del carácter, la forma, la concentración, la ubicación y la ley de los nódulos polimetálicos y de los factores ambientales, técnicos y de otro orden que deban tenerse en cuenta antes de la explotación;

b) la extracción de nódulos polimetálicos de la Zona con miras al diseño, elaboración y ensayo de equipo destinado al uso en la exploración de nódulos polimetálicos.

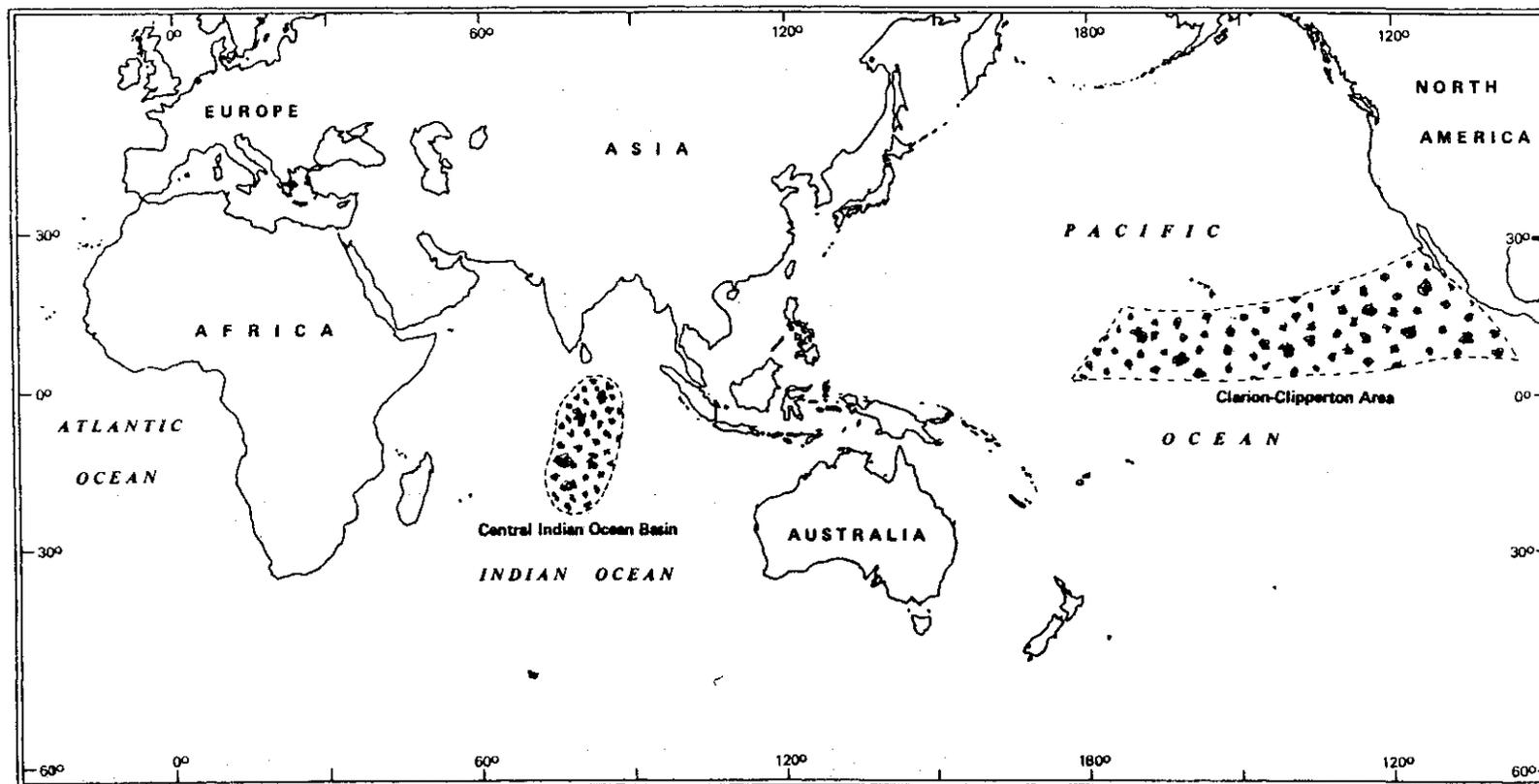
8. El objeto del presente informe es examinar los conocimientos actuales en esta industria naciente y reseñar la forma en que las actividades señaladas se conjugan para permitir a un primer inversionista confirmar que una matriz de mineral es de hecho un yacimiento económico y, con la información específica adquirida, formular el plan operacional inicial para extraer efectivamente minerales del yacimiento.

Gráfico 1. Las principales etapas de la exploración de secuencia plena



Fuente: Según Bailly, P.A., "The problem of converting resources to reserves", en *Mining Engineering*, enero de 1976, págs. 27 a 37.

Gráfico 2. Principales zonas oceánicas de prospección de nódulos polimetálicos



MAP NO. 3280 UNITED NATIONS  
FEBRUARY 1984

1  
...

## I. LA FASE DE EXPLORACION DE NODULOS POLIMETALICOS

9. Los primeros inversionistas potenciales en la extracción minera de los fondos marinos se encuentran en la actualidad en una etapa de desarrollo de la industria en que han estudiado grandes zonas de los fondos marinos (la zona de Clarion-Clipperton en el Pacífico y la cuenca del Océano Indico central en particular; véase el gráfico 2), hecho una cantidad considerable del trabajo de ingeniería y diseños generales requeridos para explorar y extraer nódulos de los fondos marinos y desarrollado la mayoría de los caminos requeridos para elaborar los nódulos metálicos a fin de obtener los cuatro metales principales de interés económico (níquel, cobalto, cobre y manganeso) 1/. Sobre la base de su trabajo de laboratorio y de sus limitadas investigaciones en el mar respecto de sistemas de diseño para la exploración, extracción y elaboración de nódulos, sus conocimientos todavía en aumento acerca de la forma en que los yacimientos de nódulos se forman y las condiciones que rigen su mineralización, parecen estar listos para realizar trabajos más detallados respecto de la geología de zonas específicas (lugares a cuyo respecto se puedan presentar solicitudes) y más labor de investigación y desarrollo acerca de la configuración de la tecnología requerida para explotar yacimientos susceptibles de extracción minera en esas zonas. En general, puede decirse que las actividades anteriores a la presentación de una solicitud por un primer inversionista a la Comisión Preparatoria para obtener los derechos exclusivos a explorar un yacimiento determinado de nódulos en un lugar solicitado constituye prospección (o reconocimiento) como primer paso en la búsqueda de una matriz de mineral.

10. La exploración, es decir, la secuencia de actividades que desemboca en el descubrimiento de una matriz de mineral económica, es una tarea lógica. Sobre la base de la evaluación regional, la información puede sugerir que algunas zonas de la región contienen niveles anormalmente elevados de mineralización. Un operador selecciona a continuación una gran zona de reconocimiento que espera que contenga la zona más reducida de mineralización anormalmente elevada y, mediante el uso de las guías científicas disponibles, reduce su búsqueda a la zona específica de interés (gráfico 1). La exploración de yacimientos de nódulos polimetálicos sigue una secuencia semejante con la prevención adicional de que su potencial comercial como reserva minera aún está por demostrar dado el medio marino profundo en que se dan los nódulos, la forma en que se dan sus características geoquímicas y geofísicas especiales y el hecho de que la tecnología para delinear yacimientos de nódulos polimetálicos, extraerlos y posteriormente elaborar los metales aún no se ha probado a escala comercial.

11. Como consecuencia, en la exploración de yacimientos de nódulos el primer inversionista enfrenta dos tareas principales. La primera consiste en confirmar que una posible matriz de mineral es en realidad un yacimiento de interés económico. La segunda consisten en adquirir la información específica con respecto al yacimiento confirmado para usarla en el diseño de equipo, la planificación de la producción y la explotación del yacimiento. Los resultados de la primera tarea consistirán en verificar las características del yacimiento a fin de determinar con cierto grado de confianza que tenga la densidad deseada y contenga la cantidad de nódulos de mineral de buen fino susceptibles de extracción con un sistema práctico de extracción minera. Los resultados de la segunda tarea consistirán en verificar

en mayor medida la extensión y la calidad del yacimiento, ubicar las obstrucciones y obtener todos los datos necesarios para elaborar y luego formular el plan operacional inicial para extraer efectivamente el mineral del yacimiento.

12. Al describir en la economía minera la existencia y el carácter explotable de una matriz de mineral se distingue entre una ocurrencia minera, un recurso minero y una reserva minera. La existencia es un fenómeno geológico que se expresa mejor mediante la cantidad y la calidad o contenido metálico. Mediante la especificación del volumen de la roca de mineral de cierta calidad puede obtenerse una estimación de la cantidad de metal que podría recuperarse de la extracción minera y elaboración del yacimiento minero. El carácter explotable es una función de la economía (el costo de la extracción, los ingresos derivados de la venta de metales, etc.), la tecnología y factores institucionales (existencia de una reglamentación minera apropiada, protección ambiental, etc.). La tecnología es importante porque si no es posible extraer el mineral del yacimiento no puede considerarse como reserva. Para volver a la terminología antes señalada, una ocurrencia minera es la que se sabe que existe pero sin que haya perspectivas a mediano plazo en cuanto a su carácter explotable desde el punto de vista económico. Un recurso minero es un cuerpo minero que no sólo se sabe que existe, sino que, con mejoras en la tecnología de extracción y/o de factores económicos, se puede esperar que sea susceptible de extracción minera en un futuro cercano (dentro de 25 años). Una reserva minera es una matriz de mineral que se puede explotar en las condiciones económicas, políticas e institucionales existentes.

13. Como la tecnología de extracción minera de los fondos marinos no se ha demostrado, en este momento los nódulos polimetálicos son recursos y no se pueden considerar todavía como reservas. El trabajo de exploración posterior a la asignación de zonas, junto con la elaboración de factores institucionales, serán los principales pasos requeridos para que los recursos de nódulos polimetálicos pasen a la categoría de reservas mineras.

A. Información necesaria para la exploración de secuencias plena en busca de nódulos polimetálicos

14. Se sabe ahora que hay yacimientos de nódulos. Sobre la base de los estudios de laboratorio, plantas experimentales y trabajo limitado en el mar, los primeros inversionistas consideran que se cuenta con los principales componentes tecnológicos de los sistemas requeridos para extraerlos. Como aún no se ha iniciado ninguna actividad comercial, hay todavía algunas zonas que requieren ensayo e información adicional. A medida que se ha desarrollado la industria potencial, se ha caracterizado la información necesaria de la manera siguiente:

a) Geológica, incluida información sobre las características de los nódulos (ley, gravedad específica, tamaño, etc.), abundancia de nódulos, morfología de los suelos marinos y parámetros geotécnicos (características de ingeniería de los sedimentos de los fondos marinos, etc.);

b) Técnica, incluida información acerca de equipo para la recolección de nódulos, información requerida para el diseño del vehículo minero, su maniobrabilidad y el análisis de esos resultados para el sistema de extracción y elaboración a escala completa;

c) Económica, incluida información sobre pronósticos de precios a largo plazo, el total de los elementos económicos de la empresa minera, posibles rendimientos de las inversiones financieras y comparación de cada proyecto con otras operaciones mineras y oportunidades de inversión.

La progresión de la evaluación regional inicial a la determinación de si se ha hallado en realidad un yacimiento minero económico es un proceso de afinación que transforma algunas de las incertidumbres conexas en riesgos a medida que progresa el programa y que permite a quien adopte las decisiones para estar mejor informado respecto de nuevas inversiones.

B. La fase de prospección (o reconocimiento) de la exploración (etapas 1) y 2) del gráfico 1)

15. En un programa de extracción minera polimetálica la prospección o reconocimiento es la operación realizada con el objeto de levantar mapas, sacar muestras de materiales del fondo o del subsuelo, hacer mediciones geofísicas o geoquímicas o actividades comparables de manera de no alterar en medida significativa la superficie de los fondos marinos ni la subsuperficie. Las actividades de prospección se realizan antes de otorgar los derechos exclusivos a explorar y explotar un lugar determinado respecto del cual se haya hecho una solicitud. Por su carácter requiere libertad para buscar en cualquier lugar en que puedan darse minerales con flexibilidad en la aplicación de conceptos y métodos innovadores y para responder a los nuevos conocimientos con la presteza requerida. Su objetivo final es identificar regiones promisorias y zonas con potencial económico.

16. El explorador comercial está interesado en los yacimientos con elevada concentración de nódulos susceptibles de extracción que contienen metales recuperables económicamente. Los yacimientos ubicados en zonas de topografía sumamente abrupta, condiciones climáticas severas o en ubicaciones remotas pueden rechazarse en esta etapa por ser demasiado difícil su explotación económica. Las zonas respecto de las cuales se ha determinado en observaciones visuales que tienen muy escasa población de nódulos no requieren nuevos estudios. De igual manera, las zonas en las cuales las pruebas indican que los nódulos tienen un contenido metálico de níquel, cobre, cobalto y tal vez manganeso por debajo de los umbrales económicos pueden también eliminarse rápidamente. Este criterio reduce en gran medida la cobertura, el detalle y el costo de los estudios iniciales de prospección.

17. La prospección de nódulos comerciales se enfoca como un programa dividido en fases de estudios cada vez más detallados. De esta manera se reduce la inversión de tiempo y dinero excesivos en el estudio de zonas infructuosas. La selección de las zonas que se han de estudiar en los cruceros de prospección se basa en la información que figura en informes publicados, archivos de datos e informes de cruceros anteriores. Esos datos se evalúan de acuerdo con los requisitos de los sistemas de recuperación y los factores económicos. A continuación se realizan estudios de prospección para confirmar o negar la ocurrencia de nódulos en esos lugares. Una vez que se han ubicado yacimientos de nódulos de fino superior a determinados anteriormente como límite mínimo y de extensión y concentración suficientes deben estudiarse con un grado suficiente de detalle para permitir una evaluación económica comparada inicial de su potencial como yacimientos mineros.

18. En un crucero de prospección, tras un estudio batimétrico inicial para determinar aproximadamente si la topografía es apropiada, se ubican los nódulos mediante la fotografía y/o la televisión y se extraen muestras para el análisis. Si éste indica que hay nódulos de buen fino en concentración elevada se estudian nuevamente los yacimientos para determinar en forma aproximada su extensión en superficie. Si los yacimientos parecen tener superficie, fino y abundancia suficientes para su futura explotación minera, se programa su estudio más pormenorizado.

19. La recopilación de datos suficientes para la identificación de yacimientos mineros potenciales requiere muchos cruces de prospección una vez que se han descubierto los depósitos de mineral. Deben estudiarse los lugares con detalle suficiente para permitir que se hagan estimaciones de la distribución de nódulos, su ley y su abundancia así como la topografía de la zona, incluidos los obstáculos que haya en ella, y para determinar las fronteras y la continuidad de yacimientos. Debe reunirse además una cantidad considerable de datos topográficos y ambientales como para permitir una evaluación inicial de la viabilidad técnica de las operaciones mineras en las zonas, así como para que sirvan como insumo de datos en los estudios y ensayos preliminares de ingeniería de equipos que se estén realizando al mismo tiempo.

20. En general durante cada fase del programa de prospección se utilizan métodos de estudio visuales y acústicos, así como técnicas de muestreo y análisis del fondo 2/. La precisión con que se hacen las mediciones y la extensión en que se utilizan esos métodos y técnicas tienden a aumentar al llevarse adelante el programa 3/. Ello da como resultado un aumento correspondiente de los costos tanto en tiempo como en dinero. Los mayores factores de costo en los programas de prospección son los correspondientes a la nave o naves de investigación y a las instalaciones de apoyo terrestre para las operaciones marítimas. El carácter de los yacimientos de nódulos polimetálicos tiene un papel importante en la selección de las naves o plataformas para realizar los estudios y adquirir datos. Un barco de estudio tiene que cumplir ciertas funciones incluido, entre otras cosas, el tránsito hacia y desde algunas estaciones, la maniobrabilidad mientras está en la estación, servir de plataforma superficial para lanzar y recuperar equipos de estudio, instalaciones de mantención y reparación de esos equipos, instalaciones de laboratorio de análisis de datos para la evaluación de datos a bordo, alojamiento del personal y capacidad de almacenamiento de las muestras seleccionadas. Otros factores de costos incluyen los equipos para observación, el ensayo de las características de ingeniería de los fondos marinos y los subsuelos, la medición de la ley, la ubicación y los gastos para la tripulación de la nave y los equipos científicos.

21. El nivel de gastos de la prospección puede variar grandemente y dependerá de consideraciones como el grado de detalle de los datos y análisis requeridos, la eficacia de la nave o naves de investigación y de los sistemas de datos y la oportunidad del programa. En este sentido, los gastos del programa de prospección son importantes en las deliberaciones de la Comisión Preparatoria por dos razones. En primer lugar, la Comisión Preparatoria ha de seleccionar una de las dos zonas de igual valor comercial sobre la base de los datos suministrados en la solicitud de un posible primer inversionista y, en segundo lugar, la Comisión Preparatoria puede

exigir que el primer inversionista mencionado (ahora registrado), realice esta tarea en el programa de exploración subsiguiente de la zona designada o reservada, con cargo de reembolso.

22. En su primera tarea, y según el nivel de confianza que se asocie con el proceso de selección, serán fundamentales la cantidad y la calidad de los parámetros de datos pertinentes. Aunque no dependen totalmente del costo del programa de propección, como se ha indicado en las secciones anteriores, tanto la cantidad como la calidad de los datos requeridos para hacer esta evaluación mejoran con el nivel de los gastos ceteris paribus. Para esta segunda tarea, y según el párrafo 12 a) de la resolución II:

"A fin de asegurar que la Empresa pueda realizar actividades en la Zona a la par que los Estados y otras entidades o personas:

- a) Todo primer inversionista inscrito:
- i) Explorará, a petición de la Comisión, el área definida en su solicitud y reservada, de conformidad con el párrafo 3, para la realización de actividades en la Zona por la autoridad mediante la empresa o en asociación con Estados en desarrollo, sobre la base del reembolso de los gastos efectuados con un tipo de interés del 10% anual;

..."

Como la Comisión Preparatoria incurrirá en gastos para la exploración de su área designada iría en su interés mantener esos gastos en un nivel razonable. También en este caso, como se indicó en la sección anterior, se ha señalado que la exploración es posterior a la prospección. Existe una relación entre el nivel de confianza en la cantidad y calidad de los datos generados en el programa de prospección y las actividades posteriores durante el programa de exploración.

23. Aunque no se cuenta con una enunciación detallada de los gastos razonables del programa de prospección, la resolución II reconoce la relación de los gastos totales de este programa con la cantidad y calidad de los datos generados al completarlo. En particular, en el párrafo 1 de la resolución II se requiere que el "primer inversionista", que en ese momento procura obtener los derechos exclusivos para explorar un lugar determinado, entre otras cosas, "... haya gastado por concepto de primeras actividades, con anterioridad al 1° de enero de 1983, una cantidad equivalente a por lo menos 30 millones de dólares de los Estados Unidos (calculados a valores constantes de 1982), y haya destinado por lo menos el 10% de los gastos a la localización, el estudio y la evaluación del área ...".

C. Información disponible al término de la fase de prospección o reconocimiento

24. Las publicaciones sobre los yacimientos de nódulos de manganeso identifican las siguientes características por ser fundamentales para su exploración económica: 1) ley de los nódulos (es decir, el contenido de níquel, cobre, cobalto, manganeso, molibdeno, etc., de un nódulo y la mineralogía de los nódulos

/...

del yacimiento, según se requieran para la tecnología de elaboración), 2) abundancia de nódulos (es decir, la cantidad de nódulos por unidad de superficie en un lugar determinado, incluida su distribución por tamaño) y 3) morfología de los fondos marinos y características de los suelos (topografía, relieve general, datos sobre mecánica de suelos). Desde el punto de vista de la ingeniería el parámetro más importante se asocia con la eficiencia de recuperación del sistema minero propuesto. Tal como se conciben actualmente, los nódulos que se den en profundidades de entre 4.000 y 5.000 metros se extraerán de los fondos marinos mediante un vehículo minero que se arrastrará o se moverá por sí mismo. Este vehículo minero estará vinculado en forma flexible con el barco de la superficie mediante una tubería pesada. Revisten particular importancia para el sistema consideraciones como el control de la velocidad y la dirección del sistema, la movilidad y capacidad de viraje del vehículo minero y la forma de ajustarse cambios significativos de la abundancia de nódulos en los fondos marinos (el almacenamiento de tránsito de los nódulos en algún lugar antes de bombearlos hacia el barco en la superficie es una de las posibilidades del diseño que se está considerando recientemente para suministrar un abastecimiento continuo de nódulos al sistema de elevación).

25. En los últimos años el trabajo de investigación y desarrollo realizado por posibles primeros inversionistas respecto del sistema de recuperación, particularmente en el mar, los ha ayudado en la formulación de criterios para seleccionar yacimientos apropiados de nódulos. Por ejemplo, la estimación de la eficiencia de la recuperación de nódulos se usa en la computación de la superficie aproximada de suelos marinos requerida para mantener una operación comercial. Las técnicas de muestreo se han reducido de los niveles requeridos en la actividad de exploración en gran escala a las requeridas para unas pocas semanas de actividad de extracción minera comercial (es necesario porque el espaciamiento entre los puntos de muestra en la exploración de una zona grande es diferente del espaciamiento de las muestras en una zona bastante más reducida).

26. Respecto de las zonas con nódulos se han preparado en algunos casos mapas que combinan la ley del mineral, la abundancia de nódulos y las características físicas del suelo en las zonas mineras potenciales. Se han preparado además datos correspondientes acerca de la morfología y la estructura de los fondos marinos.

#### D. ¿Cómo se determina la zona para la exploración?

27. En la estimación de la superficie total que se requiere para la exploración el objetivo primordial del primer inversionista es ubicar la mayor cantidad posible de zonas susceptibles de explotación minera dentro de la posible ubicación de un yacimiento minero. Como la ley de los nódulos y su abundancia varían entre los océanos y dentro de una zona oceánica, y como la superficie de los fondos marinos tal como se mide por lomas y obstrucciones es fundamental para el diseño de la extracción minera de los nódulos, estas consideraciones determinan si sectores de un yacimiento minero potencial son susceptibles de explotación minera. Se define como zona susceptible de extracción minera una zona de un yacimiento minero potencial cuya ley (contenido metálico) excede de un mínimo determinado anteriormente (o de un contenido metálico mínimo) y en el cual la abundancia de nódulos es superior al mínimo determinado por el análisis del diseño de vehículos mineros. Además, la superficie de los fondos marinos medida por lomas y

obstrucciones es inferior a los valores utilizados como base para el diseño del vehículo minero. Otras zonas probables que se incluirán en el yacimiento medio potencial incluyen zonas no susceptibles de extracción minera (es decir, aquellas zonas que no son seguras para las operaciones del vehículo minero), zonas de baja ley (es decir, aquellas zonas en las cuales la ley de los nódulos (o contenido metálico) se encuentra por debajo del mínimo) y zonas de escasa abundancia (es decir, aquellas en que la abundancia de los nódulos es inferior al valor utilizado como base para determinar el tamaño del vehículo minero y el sistema de bombas).

28. En el lugar solicitado, y en las zonas susceptibles de extracción, los recursos de nódulos deben tener la capacidad de mantener 20 años de extracción minera activa a un ritmo de 3 millones de toneladas por año. El tonelaje susceptible de extraerse debe ser superior a la producción total requerida en la vida de 20 años de la mina, ya que no será posible explotar la zona con una eficiencia de 100%.

29. Por cuanto no está muy bien definido el conocimiento de los depósitos y de las condiciones de los fondos marinos respecto de la mayoría de los lugares, se han iniciado estudios estadísticos y geoestadísticos acerca de su variabilidad. Esos estudios, aunque limitados por la cantidad de datos, son útiles para hacer modelos económicos de las operaciones generales, entre otras cosas.

30. Finalmente, se preparan mapas en que se combinan zonas aceptables en cuanto a la ley y la abundancia de nódulos y a la morfología de los fondos marinos respecto de un yacimiento minero potencial. La combinación revela las cuatro categorías de zonas dentro del yacimiento minero potencial. A continuación se computan los recursos situados dentro de las zonas susceptibles de extracción minera. Al multiplicar el producto por la eficiencia de recuperación del sistema minero se obtiene una estimación de los nódulos recuperables dentro del lugar solicitado.

E. La etapa de exploración del objetivo para la explotación de nódulos polimetálicos (etapas 3) y 4) del gráfico 1)

31. Una vez que se ha asignado al primer inversionista un yacimiento minero potencial el inversionista puede proceder a continuación a realizar la exploración del objetivo. El primer inversionista habrá limitado su investigación en ese momento a un máximo de 150.000 km<sup>2</sup> de fondos marinos. En esa superficie el primer inversionista ya habrá identificado zonas susceptibles de exploración minera de las cuales teóricamente podría recuperar suficientes recursos de nódulos (teniendo en cuenta la eficiencia de la explotación) para sostener la extracción minera activa durante 20 años a un ritmo de 3 millones de toneladas anuales.

32. La aclaración es importante teóricamente por más de una razón. En primer lugar está el hecho de que todavía se está desarrollando el equipo de exploración para resolver los factores desconocidos restantes que pueden afectar la delineación de una zona para la exploración. En segundo lugar, la necesidad de determinar la viabilidad del sistema de recuperación de nódulos propuesto y, en tercer lugar, la necesidad de diseñar, fabricar y operar una planta experimental de tecnología de elaboración en gran escala.

33. La exploración del objetivo en un programa de extracción minera de nódulos polimetálicos es aquella etapa de la secuencia en que se procura hacer pasar los recursos de nódulos polimetálicos a la categoría de reserva. Durante la exploración del objetivo se realizan observaciones y evaluaciones detalladas de un yacimiento de nódulos de interés económico potencial con el objeto de determinar y documentar el carácter, la forma, la concentración y la calidad de un yacimiento de mineral y el carácter de los factores ambientales materiales que afectarán las posibilidades de extracción y su desarrollo económico.

34. En tanto que la prospección procura ubicar poblaciones densas de nódulos de buena ley, la exploración del objetivo trata de determinar si un yacimiento de nódulos anteriormente ubicado tiene la extensión, la concentración y la ley suficientes para permitir su extracción económica. En muchos sentidos los procedimientos de estudio son muy semejantes. La principal diferencia radica en que, en la última fase, el primer inversionista gasta más tiempo y dinero en una zona geográfica más reducida, utilizando métodos y equipos más avanzados para obtener datos con un mayor grado de detalle.

35. La exploración del objetivo tiene dos grandes tareas que cumplir. La primera es confirmar que el yacimiento en perspectiva es en realidad un yacimiento económico y la segunda consiste en adquirir la información concreta pertinente a la matriz de mineral confirmada con el objeto de diseñar tipos específicos de equipo para la planificación de la producción, para la explotación del yacimiento y para la elaboración de los nódulos así obtenidos.

36. En una fase típica de exploración del objetivo los estudios se realizan en una pauta atravesada con amplio espacio. El espaciamiento de las líneas del estudio se formula para delinear la forma del yacimiento. La batimetría y la población de nódulos se documentan a lo largo de la ruta del estudio. Se obtienen muestras discretas para determinar la calidad general de la mineralización. A continuación se requiere un sistema de red con menor espaciamiento en las zonas de interés principal. Los datos obtenidos mediante esos estudios darán una definición más precisa del tamaño y la forma de los yacimientos así, como estadísticas de concentración. El muestreo de superficie en diversos lugares situados entre los lugares ocupados durante las fases de exploración darán muestras representativas para su evaluación. Los estudios del centro darán información relativa a la mecánica de los suelos acerca de los sedimentos de los fondos marinos que será esencial para el diseño de ingeniería. Los productos de las actividades de estudio serán una serie de mapas de:

- a) Yacimientos mineros de nódulos con los límites y, por lo tanto, la forma y el tamaño de los yacimientos;
- b) Poblaciones y concentraciones de nódulos;
- c) Datos sobre la mecánica de los suelos.

37. Además se elaborará un mapa topográfico preliminar del yacimiento con equipos como sistemas de sonar de haz estrecho montados en la superficie. La ubicación de obstrucciones en microrrelieve se definirá mediante un sistema integrado que

utilice un mecanismo de arrastre en las profundidades equipado posiblemente con sonar de exploración lateral. Esos mapas permitirán determinar las pautas de dragado con respecto a las características y obstrucciones del terreno. Podría lograrse la ubicación geográfica mediante sistemas integrados de navegación por satélites y transpondedores acústicos de los fondos. Los datos obtenidos se utilizarán como insumo fundamental para la elaboración y diseño de instalaciones de producción adecuadas al sitio determinado.

38. Finalmente, se completarán el análisis y la evaluación de todos los datos con miras a la preparación de un plan operacional minero inicial especial para el yacimiento determinado en el medio ambiente particular. El plan incluirá:

- a) Rutas propuestas respecto del barco minero;
- b) Calendario de producción minera;
- c) Medidas necesarias para cumplir con los requisitos ambientales;
- d) Alternativas operacionales ante los cambios en la situación del mar, el viento, etc.

El plan operacional inicial mínimo servirá de guía para la producción comercial del yacimiento minero y se actualizará constantemente a medida que se reúna más información o se requieran nuevas zonas de minerales.

39. Respecto del equipo para la exploración, los métodos actuales para determinar la ley, la abundancia y el tamaño de los nódulos de una zona se basan en métodos costosos que rinden datos que son o bajos en densidad o extensión espaciales. Las técnicas acústicas que permiten el funcionamiento a la velocidad de crucero de la nave reducirán los costos a la vez que rendirán datos continuos. Se requiere más labor en la obtención de instrumentos para medir la morfología de los fondos marinos. Una mejor información sobre este parámetro da desde luego mejores conocimientos sobre las posibilidades de la explotación minera dentro de la zona del objetivo.

40. En todo caso, durante esta fase de la secuencia de exploración se reduce continuamente el tamaño de la zona a medida que se obtiene y sintetiza mejor información tanto sobre la geología como sobre la tecnología. El objeto consiste en obtener un lugar en el que sea posible la explotación comercial. Deberá hacerse labor adicional para ensayar plenamente los sistemas de extracción (y, en definitiva, para elaborar uno si todo marcha bien) y elaboración.

41. Una fase de exploración exitosa, que identifique un cuerpo minero probado de nódulos polimetálicos, contribuye la base de recursos para el programa total de extracción minera. Junto con equipos y técnicas probados, un plan de comercialización adecuado, una base jurídica razonablemente previsible, capital suficiente y la decisión de llevar adelante la producción, la base de recursos adquirirá a continuación credibilidad en los mercados de metales del mundo. A continuación entrarán en juego en esos mercados de metales los factores de oferta y demanda a medida que se conozcan los resultados de la exploración.

42. Una vez más, a medida que se lleva adelante el trabajo de identificación de una matriz de mineral probada de nódulos polimetálicos, debe llevarse adelante al mismo tiempo el trabajo de diseño y producción de ingeniería y equipo para obtener la tecnología probada. Los resultados de la prospección aclaran los conceptos acerca del carácter del recurso de nódulos y la ingeniería consiguiente, a su vez, influye en el carácter del yacimiento que se busca para la exploración. Sobre la base de los datos de la prospección se harán las determinaciones preliminares de ingeniería acerca del equipo y la técnica para trabajar cualquier matriz de mineral resultante. Se harán los estudios de ingeniería, en combinación con el desarrollo y el ensayo tempranos de las técnicas de extracción minera, elaboración y distribución, así como de los equipos. Esas actividades darán por resultado conceptos y planes generales que se han de particularizar para seleccionar matrices de minerales y lugares susceptibles de explotación mineras, según la calidad de la información y el ritmo al cual se suministre durante la fase de exploración.

## II. CONSIDERACIONES RELATIVAS A UN PLAN DE TRABAJO PARA LA EXPLORACION Y EXPLOTACION Y LOS PUNTOS CRITICOS DEL PROCESO

43. Según el párrafo 8 a) de la resolución II:

"En un plazo de seis meses contado a partir de la entrada en vigor de la Convención y de que la Comisión haya certificado, de conformidad con el párrafo 11, que se ha dado cumplimiento a lo dispuesto en esta resolución, todo primer inversionista inscrito solicitará de la Autoridad la aprobación de un plan de trabajo para la exploración y explotación de conformidad con la Convención."

En la sección anterior figuraba un resumen de las finalidades de la fase de exploración del objetivo en un programa de extracción minera de nódulos polimetálicos. El plan de trabajo para la exploración debería incluir las siguientes categorías de actividades:

- a) Una definición de las reservas;
- b) El desarrollo del sistema de extracción minera;
- c) El desarrollo de sistemas de elaboración;
- d) La ubicación de la planta elaboradora, y
- e) Medidas para proteger el medio ambiente y vigilar la eficacia de las salvaguardias ambientales.

44. En la concepción de la forma que debe adoptar un plan de trabajo de ese tipo sería útil que la Comisión Preparatoria tuviera presente que cualquier plan de ese tipo de un primer inversionista presumirá que las condiciones de mercado y reglamentación favorecen las actividades de exploración. De las cinco categorías de actividades anteriormente señaladas, si la elaboración se hace en tierra estaría situada más allá del ámbito de competencia de la Comisión.

45. Si se presume que los primeros inversionistas potenciales se encuentran en este momento en una etapa en que están listos para realizar la exploración de objetivos, pueden resumirse de la siguiente manera las cuestiones fundamentales respecto de su capacidad para determinar la viabilidad técnica y económica de la exploración de nódulos polimetálicos:

a) Reconocimiento por la Comisión Preparatoria de que el proceso de exploración, tras el registro de los primeros inversionistas, consiste en tres actividades que tienen lugar simultáneamente. Las tres actividades, definición de reservas, desarrollo de un sistema de extracción minera y desarrollo de un sistema de elaboración, están indisolublemente vinculadas, ya que la extracción minera de los fondos marinos aún no ha sido probada;

b) Reconocimiento además de que las actividades que se realicen forman parte de un todo global. Por ejemplo, los primeros inversionistas deben probar las reservas para que la base de recursos adquiera credibilidad. Incluso, una vez determinado lo anterior, entrarán a jugar los factores de oferta y demanda a escala mundial y luego, en el caso de la extracción minera de nódulos polimetálicos, sólo cuando se pueda predecir que los productos de estas empresas podrán obtenerse a costos competitivos;

c) Finalmente, se ha previsto que los plazos proyectados para cumplir las metas de la exploración de objetivos oscilarán entre 5 y 10 años después de la inscripción de los primeros inversionistas.

#### Notas

1/ Véase un examen más detallado de lo anterior en Naciones Unidas, serie de minerales de los fondos marinos, Vol. 1 - Assessment of Manganese Nodule Resources (1982), Vol. 2 - Analysis of Exploration and Mining Technology for Manganese Nodules (1984) y Vol. 3 - Analysis of Processing Technology for Manganese Nodules (1984) (Londres, Graham y Trotman).

2/ En un programa de prospección se utilizan diversos equipos de observación acústica, óptica y magnética. Respecto de los sistemas acústicos, se utilizan los siguientes tipos de equipo: registradores de precisión para profundidades, tranpondedores o receptores de haz amplio o angosto, equipo de elaboración de señales, sonares de exploración lateral y máquinas para hacer cortes verticales de los subsuelos. Respecto de sistemas ópticos, se utilizan sistemas de televisión de circuito cerrado y cámaras fotográficas y cinematográficas. Respecto de los sistemas magnéticos, normalmente se utilizan magnetómetros.

3/ Véase un examen más amplio de los sistemas y equipos de elaboración y exploración en The Analysis of Exploration and Mining Technology for Manganese Nodules, Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas, Naciones Unidas, publicado por Graham y Trotman, Londres, 1984.

REFERENCIAS

Naciones Unidas, Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas, Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives (Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 1979).

Naciones Unidas, Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas, Assessment of Manganese Nodule Resources (Londres, Graham y Trotman, 1982).

Naciones Unidas, Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas, Analysis of Exploration and Mining Technology for Manganese Nodules (Londres, Graham y Trotman, 1984).

Naciones Unidas, Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas, Analysis of Processing Technology for Manganese Nodules (Londres, Graham y Trotman, 1984).

J.E. Flipse, M.A. Dubs y R.J. Greenwald, "Pre-production manganese nodules activities and requirements", Mineral resources of the deep sea-bed, Audiencias ante el Subcomité de Minerales, Materiales y Combustibles del Comité de Asuntos Internos e Insulares del Senado de los Estados Unidos, 15 de marzo de 1973.

W.D. Siapno, "Exploration technology and ocean mining parameters", American Mining Congress Convention (San Francisco), 28 de septiembre a 1° de octubre de 1975.

N.A. Odunton, "Metal resources of deep sea nodules", Natural Resources Forum, vol. 1, No. 3 (abril de 1977).

Ocean Minerals Company, Exploration Plan and Technical Support Document, Ocean Minerals Company, 25 de enero de 1982.

Ocean Mining Associates, Application for an Exploration License, presentada al Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 18 de febrero de 1982.

Ocean Management Inc., Application for and Notice of Claim to Exclusive Exploration Rights for Manganese Nodule Deposits in the Northeast Equatorial Pacific Ocean, presentada al Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 19 de febrero de 1982.

E.P. Pfleider, editor, Surface mining (A.I.M.E. Seeley W. Mudd Series, Nueva York, 1968).

-----