

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN EL PERÚ

**Reconocimiento de las Actividades Mineras y
Metalúrgicas en la Cordillera Suroriental,
San Antonio de Putina - Puno**

INFORME DE VISITA TÉCNICA DE CAMPO

**Por:
Carlos J. Pérez Honores
Marcial Castro Sánchez
Edwin Loaiza Choque**

 **INGEMMET**

Lima - Perú
Junio, 2003



INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

JAIME QUIJANDRÍA SALMÓN
Ministro de Energía y Minas

CÉSAR POLO ROBILLIARD
Viceministro de Minas

RÓMULO MUCHO MAMANI
Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET

ALBERTO MANRIQUE POSTIGO
MIGUEL CARDOZO GOYTIZOLO
PEDRO HUGO TUMIALÁN DE LA CRUZ
CARLOS DEL SOLAR SIMPSON
VÍCTOR BENAVIDES CÁCERES
Consejo Directivo

HUGO RIVERA MANTILLA
Director Ejecutivo

FUNCIONARIOS TÉCNICOS RESPONSABLES

EDWIN LOAIZA CHOQUE
Dirección de Tecnología Minera-Metalúrgica

FRANCISCO HERRERA ROMERO
Director de Sistemas de Información

Revisión e Impresión:
Dirección de Sistemas de Información, INGEMMET
Lima - Perú, 2003

Presentación

La Dirección de Tecnología Minera-Metalúrgica, como parte de sus trabajos dentro de su línea de acción Diagnóstico de la Actividad Minera en Perú, desarrollada durante el año 2002, ha realizado trabajos en el ámbito del área comprendida en la Cordillera Suroriental parte Alta, jurisdicción de la provincia de San Antonio de Putina pertenecientes a la Región Puno, los cuales tuvieron como fin efectuar el reconocimiento selectivo de actividades mineras y metalúrgicas en pequeña escala en yacimientos de minerales existentes en las zonas de Ananea, La Rinconada, Pampa Blanca, Oriental, Ancocala, entre otros; así mismo, la verificación de la infraestructura social y la disponibilidad de los servicios básicos; información que deberá formar parte de la base de datos que documentará mayores estudios para la implementación que posibiliten oportunidades de inversión en la zona en mención.

Es preciso considerar que las circunstancias, económicas y sociales, han permitido la profundización y proliferación de la minería artesanal, la cual se inició como informal; agudizando de esta forma los procesos de contaminación ambiental y debilitando los vínculos de la minería con la sociedad. En este sentido y conocedores del importante potencial existente en la zona de estudio, es que podemos afirmar que los actores involucrados, tienen una muy buena oportunidad de integrarse al sistema jurídico del país, esto como consecuencia de la dación de la Ley N° 27651, Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal, como algunos ya lo vienen haciendo; fortaleciendo las ventajas propias de su modo de vida y posibilitando la superación de limitaciones financieras.

Así mismo, es necesario destacar que una característica común de la minería artesanal, es el entorno de pobreza y en algunos casos, de extrema pobreza en que se desarrollan, no obstante esta actividad genera encadenamientos productivos, por lo que las posibilidades de desarrollo y crecimiento económico siempre estarán latentes, además porque la realidad nos muestra que para un gran número de personas que participan en la minería artesanal, esta actividad constituye una seguridad, puesto que proporciona ingresos durante épocas económicas difíciles, por lo que es muy probable que la minería artesanal sea una actividad eficaz para la lucha contra la pobreza rural y la migración de las zonas rurales a las urbanas, puesto que la mayoría de estas actividades se realizan en áreas rurales.

Por otro lado, es evidente que las temáticas medioambientales no son muy consideradas en las operaciones de minería en pequeña escala y como consecuencia existen problemas vinculados con la salud y seguridad laboral, existen también carencias técni-

cas en el diseño de las operaciones, deficiencia en las actividades de exploración, preparación y desarrollo, es entonces en este sector donde sí se necesita el apoyo de organizaciones civiles y la propia cooperación internacional como ya se viene percibiendo, puesto que para nadie es desconocido que reconocidos organismos internacionales vienen asumiendo roles protagónicos en torno al tema de la minería de pequeña escala, no sólo porque como consecuencia de ello se viene deteriorando el medio ambiente, sino porque también se deteriora al propio ser humano, debilitando su salud y la de aquellos que lo rodean, trastoca los parámetros éticos y sociales, y además los limita a un desarrollo humano apropiado, que es factor importante para asumir roles participativos en el actual sistema.

El INGEMMET, a través de su Dirección de Tecnología Minera-Metalúrgica, en este informe, muestra las características más trascendentales de las actividades mineras de pequeña escala que se desarrollan en la zona de estudio. Se espera que este documento, permita sentar la inquietud de continuar indagando posibilidades de desarrollar las actividades económicas en torno a la minería artesanal con el objetivo claro de respaldar las buenas técnicas sustituyendo las inadecuadas.

Ing° RÓMULO MUCHO
Presidente del Consejo Directivo
INGEMMET

Contenido

Capítulo I	1
Introducción	1
1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES	1
1.2 UBICACIÓN Y ACCESOS	1
1.3 DATOS GEOGRÁFICOS	2
1.4 RECURSOS HÍDRICOS	2
1.5 INFRAESTRUCTURA	2
1.6 GEOMORFOLOGÍA	3
Capítulo II	5
Actividad Minera	5
2.1 SITUACIÓN ACTUAL	5
2.2 SITUACIÓN DEL ENTORNO LEGAL	5
2.3 PRINCIPALES INICIATIVAS DE APOYO	6
Capítulo III	9
Geología Minera	9
3.1 MINERALIZACIÓN AURÍFERA	9
3.2 ZONAS FUENTE DE MINERALIZACIÓN	9
3.3 ZONA FUENTE LA RINCONADA/GAVILÁN DE ORO	9
3.4 DEPÓSITOS AURÍFEROS EN MORRENAS GLACIARES	11
3.5 DEPÓSITO AURÍFERO SAN ANTONIO DE POTO-ANANEA	11
Reservas	12
Proyectos	12
Anexo Fotográfico	15
Zonas Fuente de Mineralización	17
Yacimiento mineral primario La Rinconada/Cerro Lunar	18
Capítulo IV	21
Beneficio Minero-Metalúrgico	21
4.1 MINERALES AURÍFEROS EN VETAS	21
4.1.1 Aspectos generales	21
4.1.2 Concentradora de la Corporación Minera Ananea	21
4.1.3 Sistema Artesanal de Explotación-Beneficio	22
Método de explotación	22
Perforación y voladura	22

	Pallaqueo o selección manual de mineral	23
	Acarreo y transporte del mineral	23
	Molienda y amalgamación	23
4.2	MINERALES AURÍFEROS EN MORRENAS	24
4.2.1	Aspectos generales	24
4.2.2	Sistemas de Explotación-Beneficio	24
4.2.3	Sistema Artesanal de Explotación-Beneficio	28
4.3	ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN	30
4.3.1	Organización y Sistemas de Trabajo	30
4.3.2	Costos de Producción	30
Anexo Fotográfico		31
MINERALES AURÍFEROS EN VETAS		33
Concentradora de la Corporación Minera Ananea		33
MINERALES AURÍFEROS EN MORRENAS		35
Desbroce-preparación y beneficio mediante el uso de motobomba/monitores ..		35
Desbroce-preparación y beneficio artesanal del material morrénico		36
Capítulo V		37
Áreas Visitadas		37
5.1	SECTOR ANANEA-VIZCACHANI	37
5.2	SECTOR LA RINCONADA-GAVILÁN DE ORO	37
5.3	SECTOR SAN ANTONIO DE POTO-LA ORIENTAL	38
5.4	SITUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA	38
5.4.1	Aspectos Generales	38
5.4.2	Vivienda y Servicios Básicos	39
	Vivienda-otros establecimientos	39
	Servicios de agua y desagüe	39
	Servicios de energía eléctrica y otros	39
	Salud-Educación	40
5.5	RECONOCIMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL	40
5.6	RECONOCIMIENTO DEL IMPACTO SOCIAL	40
	Demografía	40
	Medios de supervivencia	40
Anexo Fotográfico		43
Sector Ananea-Vizcachani/San Antonio de Poto-La Oriental		45
Sector La Rinconada-Gavilán de oro		47
Situación Socioeconómica		48
Reconocimiento del Impacto Ambiental y Social		49
Capítulo VI		51
Trabajos por Encargo		51
6.1	OBJETIVOS Y ALCANCES	51
6.2	OBTENCIÓN DE MUESTRAS	51
6.3	SELECCIÓN DE LABORATORIO	52
6.4	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
6.5	COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS	54

Anexo Fotográfico	57
Obtención de Muestras	59
Laboratorio Seleccionado	59
Capítulo VII	61
Conclusiones y Recomendaciones	61
7.1 CONCLUSIONES	61
7.2 RECOMENDACIONES	62
En el aspecto organizacional	63
En el aspecto tecnológico	63
En el aspecto de desarrollo sostenible	63
En el aspecto ambiental	64
Bibliografía	65

Capítulo I

Introducción

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

La Dirección de Tecnología Minera-Metalúrgica del INGEMMET, en el marco de sus actividades de apoyo a la minería en pequeña escala, ha venido efectuando un trabajo de diagnóstico de esta actividad, para lo cual programó en su plan de actividades del año 2002, una misión de estudio a la zona de la cordillera suroriental, parte alta, jurisdicción de la provincia de San Antonio de Putina en el departamento de Puno; los objetivos fueron los siguientes:

- Efectuar el reconocimiento selectivo de las actividades mineras y metalúrgicas en pequeña escala en yacimientos de minerales existentes en la cordillera suroriental, zonas de Ananea, La Rinconada, Pampa Blanca, Oriental y Ancocala.
- Verificar en el ámbito de las áreas visitadas las condiciones de operación de los sistemas y métodos de trabajo en las etapas de minado, extracción y recuperación de los recursos mineros, incluyendo la implementación de equipos, maquinarias e instalaciones electro-mecánicas.
- Verificar las condiciones de operación y disponibilidad de los sistemas y métodos para el suministro de energía eléctrica, abastecimiento de agua industrial y doméstica; vías de acceso y comunicaciones; talleres de mantenimiento, campamentos, laboratorios, oficinas y otros.
- Verificar en el ámbito de las áreas visitadas y sus respectivas áreas de influencia, las condiciones de gestión del riesgo y plan de contingencia en seguridad,

salud y medio ambiente con relación al desarrollo de la actividad minera y metalúrgica.

- Verificar el grado de implementación respecto a servicios logísticos disponibles para el suministro de materiales, combustibles, reactivos, repuestos y accesorios en general.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESOS

Las áreas visitadas están comprendidas en la zona alta de la cordillera suroriental, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno; a una altitud entre 4 800 a 5 200 msnm y el límite territorial con Bolivia.

Geográficamente, esta zona se ubica entre las coordenadas siguientes:

Longitud oeste: 69° 24' y 69° 40'

Latitud sur: 14° 32' y 14° 42'

El acceso a la zona por vía terrestre desde la ciudad de Juliaca, se efectúa por una carretera afirmada secundaria de 169 km (Putina-Condorque-Ananea), transitable todo el año. Los puentes sobre el río Ramis, en las condiciones actuales, muy difícilmente admiten pesos mayores de 30 ton. Durante épocas de lluvia, parte de la carretera al borde norte del lago Titicaca y algunos vados de los ríos más allá de Putina pueden encontrarse inundados e intransitables. Con ocasión de los trabajos de exploración de los recursos naturales en la zona de Ananea, San Antonio de Poto-Puno (1984-1990), realizados sobre la base del Fondo Rotatorio de Naciones Unidas, en aquel entonces fue

construida y se puso en operación una pista de aterrizaje en la zona de Ancocala. La pista tiene 2 600 m de longitud y fue inaugurada en julio de 1987 por la compañía Aerocóndor S.A. de Lima.

La ciudad de Juliaca (3 895 msnm) es el centro comercial más importante del departamento de Puno, cuenta con todos los sistemas de telecomunicación nacional e internacional, hospital y otros servicios. Su aeropuerto con pista asfaltada admite aviones comerciales de gran tamaño. Juliaca está conectada con el puerto de Matarani (al SO de la ciudad de Arequipa) por carretera afirmada y ferrocarril de 275 km.

En el flanco oeste del nevado Ananea se encuentran los pueblos mineros La Rinconada y Cerro Lunar, con una población de 27 000 habitantes. Entre otros pueblos de vocación minera se mencionan a Pampa Blanca y Chaquiminas.

1.3 DATOS GEOGRÁFICOS

La zona es parte de la sub-unidad morfo-estructural de la depresión de Crucero-Ananea, adyacente a la vertiente suroeste de la cumbre central de la Cordillera Oriental. La altitud promedio de la cuenca es de 4 500 msnm. Su borde S-O forma la cadena montañosa de la pre-cordillera con alturas hasta 5 200 m.

Las extensas pampas de morfología suave ofrecen pocos recursos aprovechables. La vegetación es típica de zonas altiplánicas. El encape de tierra prácticamente no existe. La flora sólo rinde gramíneas de altura como "ichu" que sirve de pasto para los camélidos y ovejas, y muy escasos arbustos. Sin embargo, se lograron resultados excelentes con siembra y cosecha de truchas en numerosas lagunas del área.

El clima se caracteriza por grandes variaciones diurnas de temperaturas. El invierno es seco, con sol intenso de mayo a setiembre, con temperaturas máximas de 12° C en el día y -20° C de noche; el verano desde octubre hasta abril, con temperaturas de 16° C en el día y 2° C en la noche, precipitaciones poco fre-

cuentes en esta época cambian a una temporada pluviosa fuerte de lluvias, nieve y granizo entre diciembre y abril.

1.4 RECURSOS HÍDRICOS

El represamiento Sillacunca que almacena los aportes hídricos de la planicie de Pampa Blanca, constituye la fuente principal de suministro de agua; está ubicado muy cerca del área de un antiguo sistema de dragado y aguas abajo de él. Tiene su coronación en la cota 4 799,50 msnm, el nivel del cauce se encuentra en la cota 4 791 msnm. La capacidad de almacenamiento es de 7 500 000 m³ a la cota 4 798,0 msnm, considerando un borde libre de 1,50 m.

Sobre la base de un estudio hidrológico, entre otros aspectos se sugiere lo siguiente:

Recirculación de agua mediante bombeo de la laguna Rinconada a la laguna Sillacunca y captación del flujo desde la laguna Sillacunca (y desechos de lavado en las áreas de Pampa Blanca y Arequipa Pampa) mediante dique de derivación y canal de gravedad para devolución de las aguas a la laguna Rinconada, obteniéndose así un volumen de agua suficiente para poner en explotación un volumen mínimo de 10 000 m³ diarios de material morrénico o fluvio-glaciar de las áreas de Pampa Blanca y Arequipa Pampa.

Se considera de extremada importancia confirmar e implementar la posibilidad de conducir agua por gravedad del glaciar Rinconada a la zona potencial de dragado.

1.5 INFRAESTRUCTURA

El poblado de Ananea, ubicado en el centro de la zona aurífera productiva, alberga unas 500 familias dedicadas en su mayoría a la explotación de oro, comercio y actividad de pastoreo. El pueblo se encuentra a 0,5 km aguas abajo del campamento de ex Minero Perú S.A.

En el pasado, el campamento acomodaba operaciones de la compañía Natomas, cuando se implementó una serie de instalaciones adecuadas a las operaciones extractivas de draga, el campamento contaba con las siguientes instalaciones:

Campamento, con capacidad para 220 personas solas, sin familia. Las facilidades incluyen cocina, comedor para empleados y obreros, sala de esparcimiento, repostería y servicios higiénicos.

Taller eléctrico, con todas sus instalaciones internas y compartimientos para funciones específicas.

Maestranza, comprende dos tornos, cepilladora, compresores, puentes grúa y todo el equipo auxiliar necesario. Tiene compartimientos para repuestos, materiales y herramientas.

Casa Fuerza, amplio ambiente con dos grupos eléctricos de 500 kW, 220 V/ 60 Hz, cada uno con sus sistemas de aprovisionamiento de combustible y agua de refrigeración. Exteriormente cuenta con dos tanques de almacenamiento de combustible.

Taller automotor, dos ambientes para reparación de vehículos livianos con zanja, teclé, compresoras, compartimiento para herramientas y sus respectivos bancos de trabajo.

Almacenes, comprende varios ambientes con sus respectivos anaqueles para clasificar los diferentes materiales.

Laboratorio, con dos ambientes en los cuales se procesan el oro en su etapa final. Tiene una capacidad estimada de 50 ensayos diarios.

Enfermería, ambiente acondicionado con equipo, material mediano y accesorio para auxilio inmediato.

Oficinas, amplios ambientes construidos por la ex empresa.

1.6 GEOMORFOLOGÍA

En la región visitada se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas:

Pre-Cordillera de Carabaya

Está comprendida entre el sinclinorio de Putina al sur y los nevados de la cordillera de Ananea al norte; con una altitud de 4 500 a 5 000 msnm.

Depresión de Ananea

Comprende un área estrecha, paralela a la unidad anterior; se encuentra rellena por depósitos volcánicos, lacustres, conos glaciares y fluvio-glaciares, provenientes de los nevados de Ananea; alcanza altitudes de 4 200 a 4 800 msnm, cuya red hidrográfica drena al lago Titicaca.

Cordillera de Carabaya

Comprende las grandes cumbres nevadas que sobrepasan los 6 000 msnm; como consecuencia de la regresión glacial, la nieve ha llegado hasta los 4 200 msnm. Este fenómeno ha dado lugar a gran parte del oro existente en la depresión Ananea y en los valles de la vertiente amazónica.

Vertiente Amazónica

Su topografía es abrupta; en pocos kilómetros se tienen alturas que varían de 6 000 a 3 000 y 2 000 msnm, por esta razón los ríos se encañonan y tienen fuerte pendiente. Los conos morrénicos provenientes de la cordillera de Ananea, han sido borrados por la erosión regresiva de los ríos, formándose numerosas terrazas colgadas con material fluvial y son los portadores de oro que ocurre en la zona.

Actividad Minera

2.1 SITUACIÓN ACTUAL

La principal actividad económica en La Rinconada, Cerro Lunar, Ananea y otros poblados cercanos, es la minería artesanal, desplazando a otras como la agricultura o pastoreo. Lo que en muchos casos empezó como una labor secundaria o de refugio se fue convirtiendo en una actividad permanente. En 1994 en las zonas de extracción de oro, la productividad media mensual estimada era de 1 gramo por persona, representando ingresos brutos mensuales de hasta US\$ 360 por trabajador, muy superior al salario mínimo vital de aquella época, que era menor de US\$ 100.

El impacto de la minería artesanal es importante también en la generación de empleo indirecto. En la zona visitada, se puede apreciar una intensa actividad comercial, sobre todo en bienes de consumo; abundan las tiendas de comestibles, restaurantes y servicios menores, como peluquerías, hospedaje, transporte, entre otros. La compra y venta de insumos industriales es más restringida, porque requiere licencia y la mayoría de los mineros artesanales son informales.

2.2 SITUACIÓN DEL ENTORNO LEGAL

Una de las principales limitaciones de la minería artesanal es su alto grado de informalidad. Los mineros artesanales operan en las concesiones mineras de terceros en su mayoría de casos. Esto trae serias consecuencias que se traducen en conflictos, muchas veces violentos, entre el titular de las concesiones y los mineros informales. En los casos en que se llega a acuer-

dos, el titular de las concesiones somete a los mineros artesanales a condiciones desfavorables que disminuyen su rentabilidad, en otros casos el informal condiciona al titular invirtiéndose los papeles.

No obstante los sucesos mencionados anteriormente, una corriente motivada por el llamado "boom" minero, también motivó a los artesanos a petitionar derechos mineros, que en la mayoría de casos son colindantes con petitorios y/o concesiones preexistentes; esto no sería problema si se conocieran los vértices de los derechos mineros, puesto que en la actualidad algunos titulares usurpan áreas que no son de su concesión, y en otros casos los mineros artesanales usufructúan mineral de concesiones que no les pertenece, argumentando un desplazamiento de "hitos".

La informalidad de la minería artesanal, a pesar de su capacidad de generar empleo y brindar ingresos más elevados que otras actividades económicas, sólo ha servido hasta ahora como refugio y supervivencia en la mayoría de casos, sin posibilidades de crecimiento y de acumulación. Parte de esta limitación surge de la imposibilidad de los mineros artesanales de acceder al crédito para invertir en las labores que trabajan. Así mismo, la posesión del título de la concesión minera les brindaría algún tipo de respaldo ante las instituciones bancarias.

En junio del año 2001 fue promulgada la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal, que reconoce a la actividad minera artesanal y le da un marco legal para su ejecución. Esta ley define que el Estado protege y promueve a la minería

artesanal, la misma que facilita las actividades del minero a través de las disposiciones especificadas en el reglamento de dicha ley.

Esta ley promueve el establecimiento de acuerdos entre los titulares mineros y los mineros artesanales con el fin de formalizar la situación de estos últimos. También promueve la descentralización administrativa, trasladando facultades de fiscalización de las operaciones artesanales a las direcciones regionales del Ministerio de Energía y Minas. Por último, esta ley da preferencia a los mineros artesanales en el otorgamiento de concesiones en tierras pertenecientes al Estado.

Es menester destacar que la Ley 27651 viene siendo acogida con bastante agrado por los mineros artesanales informales, puesto que al parecer, la organización que los aglutina ha tomado conciencia de la importancia del uso de buenas prácticas, con el fin de mitigar la contaminación ambiental, la disminución de peligros a los que está expuesto el minero artesanal, la maximización de sus esfuerzos en el trabajo y la capitalización de sus experiencias a través de trabajos colectivos interdependientes entre organizaciones similares.

2.3 PRINCIPALES INICIATIVAS DE APOYO

Las autoridades gubernamentales y otras instituciones nacionales e internacionales, como las agencias de cooperación técnica, continúan percibiendo en la minería artesanal un mecanismo viable para el alivio de la pobreza. Por esta razón, en los últimos años, han surgido distintas iniciativas con el fin de mejorar las condiciones tecnológicas y solucionar el problema de la informalidad. Dentro de cada uno de los programas pertinentes, la acción de las organizaciones no gubernamentales (ONG) ha sido crucial, ya que ellas han sido las entidades gestoras para llevar adelante los programas en las comunidades mineras.

El proyecto MAPEM: Debido a la contribución de la pequeña minería y minería artesanal en la generación

de empleo, producción de oro y alivio de la pobreza, el Ministerio de Energía y Minas promovió el Proyecto Minería Artesanal y Pequeña Minería (MAPEM). Este proyecto inició sus actividades en enero de 1996 y su ámbito geográfico cubrió las zonas mineras en Madre de Dios, Puno, Ica- Ayacucho – Arequipa, La Libertad. El período de ejecución del MAPEM fue de cuatro años, durante el cual se asignaron alrededor de US\$ 1 062 860 a un promedio de US\$ 265 714 por año.

El objetivo principal del MAPEM fue, contribuir al desarrollo ordenado y eficiente de la minería artesanal y pequeña minería en armonía con el medio ambiente y con estándares adecuados de seguridad e higiene minera. Sus objetivos específicos fueron:

- a) Propulsar el ordenamiento legal y gradual de la minería informal, incorporándola a unidades de operación de mayor escala.
- b) Evitar o atenuar los impactos sociales, ambientales y de seguridad e higiene minera, generados por la minería artesanal o informal.
- c) Capacitar en aspectos normativos y tecnológicos básicos, ambientales, de seguridad y de higiene minera.

El proyecto Gestión Ambiental en Minería Artesanal (GAMA), es una iniciativa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE) y el Ministerio de Energía y Minas. El financiamiento del proyecto contempla un aporte suizo no reembolsable de US\$ 1 330 000 y una contraparte nacional de US\$ 300 000. El objetivo del proyecto GAMA es mejorar la situación ambiental de la minería artesanal en las zonas de Puno, Ica, Arequipa y Ayacucho. Para ello se contemplan cuatro ámbitos de acción:

- Técnico ambiental: adaptación y difusión de sistemas de trabajo y tecnologías limpias y eficientes en la minería artesanal.
- Salud ambiental: mejoramiento de las condiciones de trabajo y de salud de los mineros artesanales y de la población involucrada.

- *Legal Administrativo*: mejoramiento de las condiciones jurídico administrativas en favor de una minería artesanal formal y ambientalmente sostenible.
- *Socio-económico organizativo*: fortalecimiento organizativo, social-productivo y formación de espacios de concertación institucional para el desarrollo local sostenible.

Geología Minera

3.1 MINERALIZACIÓN AURÍFERA

Oro primario

La zona mineralizada de La Rinconada se ubica al NE del lago Titicaca; el oro se encuentra en "mantos" de cuarzo ahumado, interestratificado en los esquistos y cuarcitas de la Formación Ananea; se explota artesanalmente en las minas Ana María, Gavilán de Oro, Untura. En otras minas abandonadas, las vetas son de cuarzo lechoso. En la Formación Ananea se ha determinado criaderos de sulfuros estratoligados, lo cual plantea la existencia de yacimientos volcánico-sedimentario (singenético) en el Paleozoico inferior de la Cordillera Occidental, esto significa nuevas perspectivas para la exploración por oro primario. *Vistas fotográficas 3-01 al 3-08.*

Oro detrítico

Los placeres fluvio-glaciares de la zona alta, en el área de Ananea, Pampa Blanca, Ancocala, presentan un mayor potencial por oro detrítico, observándose una clara vinculación con la mineralización de oro primario de La Rinconada. Las leyes no sobrepasan los 5,0 g/m³, con promedio entre 0,20 y 0,40 g/m³. La disponibilidad de agua limita su explotación. *Vistas fotográficas 3-09 al 3-14.*

Los placeres de la zona intermedia alta, son del tipo fluvio-torrenciales, cuyo contenido de oro deriva de la erosión de los terrenos paleozoicos o bien de la movilización del oro del relleno plio-cuaternario.

3.2 ZONAS FUENTE DE MINERALIZACIÓN

El área de Ananea ofrece oportunidades excepcionales para la investigación de las relaciones entre la mineralización primaria de la roca base y su transformación en un depósito secundario detrítico. Por otro lado, se pueden observar también los procesos de erosión, transporte y redeposición sucesiva de varias formas de acumulaciones minerales secundarias del material morrénico no clasificado por material glaciofluvial hasta formas variadas de sedimentos fluviales incipientes, intermedios y maduros. (Trabajos de los investigadores de ORSTOM 1988, 1989).

En el área de estudio se han podido identificar dos, posiblemente tres zonas fuentes de mineralización primaria de oro. La primera, es la zona de La Rinconada y Gavilán de Oro, accesible a la observación directa en toda su extensión espectacular. Sus numerosos cuerpos mineralizados están actualmente intensamente explotados. La segunda fuente, es la zona de Ancocala, se manifiesta solamente por el tren de dispersión de oro bien definido por los trabajos artesanales. Su ubicación es desconocida, posiblemente debido a la erosión, o menos probable, por que está cubierta por las mismas morrenas. Una tercera fuente ha sido posiblemente ubicada al sur del poblado de Ananea; sin embargo, su existencia es poco documentada.

3.3 ZONA FUENTE LA RINCONADA/GAVILÁN DE ORO

Esta zona fuente está ubicada al norte de Pampa Blanca. La zona mineralizada se encuentra cerca de la cum-

bre de la Cordillera Oriental, en el flanco oeste del nevado de Ananea, a una altitud entre 5 000 – 5 400 msnm.

Un valle glaciar de rumbo SO-NE y paredes de fuertes pendientes, está ubicado en la zona mineralizada a una profundidad de 250-300 m en la vertiente sur de la cumbre central. El glaciar La Rinconada, actualmente está en un estado de fuerte retroceso, nace en las nieves del flanco oeste del nevado Ananea (5 845 m), corre por el valle hacia el SO y termina a poca distancia por encima del pueblo minero Gavilán de Oro. Su parte frontal está cubierta de fragmentos y bloques del debris rocoso que se desploma continuamente de las paredes del cañón glaciar.

El fondo del valle a la altura del otro pueblo minero La Rinconada, tiene un ancho de aproximadamente 500 m, aumentando hacia arriba hasta 1 000 m, entre las cumbres El Lunar de Oro (5 629 m) al norte y el cerro San Francisco (5 283) al sur.

Las estructuras mineralizadas que afloran en ambos lados del valle y en los flancos oeste y sur del cerro San Francisco, están encajonadas en un anticlinal en forma de domo, de cuarcitas y esquistos oscuros de la Formación Ananea.

El flanco normal de la unidad tectónica que alberga la mineralización está cabalgada hacia el SE sobre su *flanco invertido*, compuesto de un apilamiento de escamas y bloques desgarrados y separada del mismo por una falla de cizallamiento y brechas tectónicas.

La gran falla de cizallamiento quiebra netamente todas las estructuras mineralizadas hacia abajo separándolas de la unidad estéril del *flanco inverso*. La falla de separación aflora en la vertiente oeste del cerro San Francisco, atraviesa el pueblo La Rinconada y continua desde la laguna Comen a lo largo de toda la vertiente sur del macizo del nevado Ananea.

La mineralización aurífera se encuentra en cuerpos delgados de cuarzo (<0,3 m), tanto en forma de man-

tos (0,05-0,15 m) planos, concordantes, plegados, como también en ambientes de distensión en forma de relleno de fracturas tipo veta, netamente discordantes y con buzamiento hasta subvertical. Los cuerpos mineralizados varían en longitud desde algunos metros hasta 300-400 m.

Los investigadores de ORSTOM han identificado dos facies distintas de mineralización: sulfuros y cuarcífera. Se establece que la facie cuarcífera se encuentra estrechamente relacionada espacial y temporalmente con el evento de la mineralización de sulfuros.

Facie sulfuros. Se presenta en forma de una capa concordante, su grosor alcanza hasta 3 m, aflora por más de 300 m en el flanco oeste del cerro San Francisco por encima del pueblo La Rinconada. La capa está compuesto por una masa de hasta 65% de sulfuros: arsenopirita, pirita y pirrotita, con clorita, además de componentes detríticos (10-20% mayormente de cuarzo y moscovita). Contiene valores notables (en g/tm) de otros elementos como Zr (452), V (355), Pb (262), Sb (193), Zn (94), Sn (50), W (30), Cu (22). El oro está presente en cantidades promedio de 0,074 g/tm. Mayor información en Cuadro 3.1.

Facie cuarcífera. Constituye el portador de toda la mineralización aurífera en la zona La Rinconada/Gavilán de Oro. El oro se presenta mayormente libre entre los granos y en micro fracturas del cuarzo, como charpas y escamas cristalizadas o encapsulado en la arsenopirita. Los minerales accesorios incluyen arsenopirita, pirita, pirrotina, blenda, galena, casiterita, wolframita, scheelita, entre otros. El tenor promedio de Au en mantos y vetas varía entre 10 y 30 g/tm, habiéndose estimado un potencial de reservas del orden de 2 240 000 ton. (Explotación de Metales Base y Oro de Dos Zonas del Perú-Informe Final-Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas - 1990).

3.4 DEPÓSITOS AURÍFEROS EN MORRENAS GLACIARES

Los depósitos glaciares, tal como han sido descritos por Kihien (1990), consisten en morrenas originadas a partir de la Cordillera Oriental, su mineralización aurífera presenta granos de oro nativo libre; en las arenas pesadas resultantes de la concentración gravimétrica, se ha determinado la presencia de magnetita, hematita y casiterita, como constituyentes abundantes; como minerales accesorios se ha encontrado cuarzo, pirita, arsenopirita, wolframita, marcasita, circón y berilo. Un análisis detallado mineralógico-químico fue ejecutado por el Fondo Rotatorio (1983) al evaluar una muestra de concentrado de planta, poniendo en evidencia la presencia de casiterita, wolframita y scheelita. Además, se logró identificar ilmenita, hematita, circón y anatasa.

El depósito glaciar está conformado por detritus de fragmentos de roca subredondeada, arena y arcilla altamente compactada. La densidad promedio in situ es de 2,25 tm/m³. La humedad bajo condiciones normales varía de 10 a 15%. Los factores de esponjamiento muestran un amplio margen de variación, 45% para material suelto y 15% para material compacto.

La zona de explotación forma parte del sector sur de la morrena Vizcachani; esta zona tiene forma de una dorsal curvada con rumbo N-E en sus dos primeros tercios y E-O en su tercio final. En sección transversal es asimétrica, con desniveles mayores hacia el flanco norte. La morrena consiste en un aglomerado de bloques y fragmentos subredondeados y subangulosos de pizarra y cuarzo, englobados en una matriz areno-arcillosa. El grado de consolidación es de moderado a alto.

La granulometría del material se muestra en el Cuadro 3.2. Los muestreos geológicos indican tenores en oro de 0,130 a 0,480 g/m³.

Cuadro 3.2: Granulometría promedio de la morrena Vizcachani

Tamaño	+ 6"	- 6"	- 4"	- 1,1/2"	Arena fina, arcilla
Por ciento	5%	4%	27%	31%	33%

J. Olivari, CEPECT- 1990

3.5 DEPÓSITO AURÍFERO SAN ANTONIO DE POTO-ANANEA

Las formaciones auríferas de San Antonio de Poto y las que se suceden a lo largo del flanco sur occidental de la Cordillera de Carabaya, corresponden a los depósitos de morrenas, resultantes de la acción glaciar típica y de complejos fluvio-glaciares del Terciario superior y Cuaternario que sobreyacen a rocas metamórficas mineralizadas de edad del Paleozoico, predominante pizarras y esquistos. Esta formación de morrenas está relacionada a los nevados Calijón, Ananea, Nacaria, Aricoma, Quenamari y otros.

El contenido de oro y otros minerales de estaño, zirconio, galio, vanadio, tungsteno y titanio, ocurren entre las arenas y arcillas; probablemente alcancen concentraciones importantes en profundidad.

Dentro del área de San Antonio de Poto se ubican lavaderos antiguos de oro, algunos de los cuales continúan trabajando por métodos artesanales, produciendo en conjunto de 4 a 6 kg de oro por mes. La explotación por este método llega hasta 1,5 m de profundidad.

La explotación más importante en el área de San Antonio de Poto, fue realizada por Natomas Co. of Peru en Pampa Blanca mediante una draga flotante de cangilones, con 40 pies de alcance debajo de la superficie y con capacidad para excavar y tratar detritus hasta 16 000 yardas cúbicas por día. Conforme la draga avanza la excavación frontal en una laguna, va transfiriendo por la cola el material estéril (fragmentos rodados de ¼" a 6" de tamaño) como relleno de las cavi-

dades explotadas, formando rumas con altura ligeramente mayor a la superficie original explotada.

El frente de trabajo fue de 1 km de ancho, habiéndose dragado un área aproximada de 0,836 km² entre octubre de 1962 y marzo de 1972, con una extracción total del orden de 17 millones de yardas cúbicas a un promedio de 155 000 yd³ mensuales y hasta una profundidad de dragado de 15 m desde la superficie. La producción fue de 3 833 kg de oro, equivalente a una ley de cabeza recuperada de 0,225 g/yd³ de Au y recuperación 76,2%.

Reservas

En 1971, Natomas Co. of Peru, en un área adyacente a la explotada, efectuó una segunda campaña de perforación de 20 huecos de 4" de diámetro y 11 m de profundidad, distribuidos en una malla de 120 m de espaciamiento en una extensión de 0,930 km², habiéndose cubicado 12 millones de yd³ de reservas probadas con una ley de 0,266 g/yd³. Considerando que la draga puede explotar hasta 15 m de profundidad, el volumen explotable sería de 17,5 millones de yd³, con una ley de cabeza recuperada de 0,208 g/yd³, bajo la misma recuperación de 76,2%.

El mineral prospectivo alcanza volúmenes extraordinariamente elevados debido a la gran extensión del yacimiento, que a lo largo de unos 45 km presenta formaciones geológicas y características genéricas similares a las trabajadas con la draga en Pampa Blanca; además en profundidad se desconoce el límite del material aurífero, puede ser de 50 a 60 m hasta la roca base.

Por las experiencias de cubicación, en este tipo de depósitos se puede asumir que por cada km² de área y 10 m de profundidad, corresponde ubicar 13 millones de yd³ de reservas. Considerando el área de los Derechos Especiales (345,3 km²) y asumiendo una potencia promedio de 35 m, se puede estimar la existencia de un potencial del orden de 16 000 millones de yd³.

Proyectos

Considerando que los derechos especiales asignadas a ex-Minero Perú fueron agrupadas en cuatro unidades independientes: Pampa Blanca, Arequipa Pampa, Ancocala y Huacchani, se proyectó en aquel entonces que el desarrollo de cada unidad deberá basarse en un mínimo de dos dragas con capacidad unitaria de 10 millones de yd³ por año. Para este propósito se consideró desarrollar un total de 500 millones de yd³ de reservas, lo cual implica 10 000 m de perforación en grava. Para sustentar las operaciones, en la zona existe un gran potencial hidroeléctrico y de abastecimiento de agua.

La operación de dos dragas, en las condiciones mencionadas, se pudo estimar una producción de 4,5 tm de oro por año. La inversión sería del orden de los 20 millones de dólares con la siguiente distribución:

- 12 millones para dos dragas,
- 1 millón para la cubicación de reservas,
- 4 millones para energía hidroeléctrica, y
- 3 millones para instalaciones auxiliares.

Cuadro 3.1: Análisis del mineral aurífero primario de la zona fuente La Rinconada / Gavilán de Oro. (S, Fe, As en %, otros elementos en g/tm)

Elemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Au	1,40	0,28	0,70	245,0	10,80
S	25,71	1,47	8,49	1,03	1,21
Ti	<5	3 160	7 260	529	1 820
Cr	740	942	670	525	931
Mn	340	440	160	190	260
Fe	37,90	8,32	10,40	1,26	1,96
Co	76	18	29	6	6
Ni	85	28	15	<2	15
Cu	701	65	120	1	5
Zn	319	189	44	92	71
As	32,10	0,53	1,11	0,06	0,04
Se	23	<3	<3	<3	7
Rb	28	31	148	11	44
Sr	40	20	96	6	44
Y	42	24	79	3	15
Zr	26	379	706	30	179
Nb	7	16	27	10	15
Mo	7	<2	<2	3	2
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	31,0	0,5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<2	3	18	19	3
Sb	638	59	143	9	12
Ba	<10	78	275	69	163
La	52	29	91	5	18
Ce	99	56	186	9	39
Nd	40	30	80	<10	20
Sm	6,2	4,4	15,5	0,5	2,6
Lu	1,1	0,4	1,1	<0,4	0,2
Ta	<2	10	<2	2	7
W	<3	<3	<3	<3	<3
Tl	<2	<2	<2	<2	<2
Pb	354	20	18	51	52
Bi	150	4	8	<3	<3
Th	21	12	24	4	7
U	17	<2	<2	<2	<2

Nota: Muestra 1, manto de sulfuros.
Muestra 2, manto de cuarzo con granos de oro y sulfuros.
Muestra 3, manto de cuarzo con granos de oro y sulfuros.
Muestra 4, manto de cuarzo con charpas de oro (concentrado de bateo manual).
Muestra 5, alimentación planta mineral promedio (descarga de molino).

Fuente: Explotación de Metales Base y Oro de Dos Zonas del Perú- Informe Final – Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas - 1990.

Anexo Fotográfico
Capítulo III: Geología Minera

Zonas Fuente de Mineralización



Foto N° 3.01

Vista panorámica de la Cordillera La Ananea (Cordillera Sur Oriental) en donde se encuentran los yacimientos de mineral primario que dan origen a los depósitos morrénico-glaciario aurífero (vertiente occidental San Antonio de Putina/Puno) y a los depósitos glaciario aluvial aurífero (vertiente oriental cuenca del río Madre de Dios).



Foto N° 3.02



Foto N° 3.03

Yacimiento mineral primario La Rinconada/Cerro Lunar



Foto N° 3.04



Foto N° 3.05



Foto N° 3.06



Foto N° 3.07



Foto N° 3.08

Se muestra el áreas de emplazamiento de estructuras de mineralización primaria en La Rinconada y Cerro Lunar, flanco Oeste del Nevado Ananea; a una altitud entre 5 000 y 5 400 msnm.



Vista panorámica del depósito morrénico-glacial aurífero de Vizcachani. Consiste de un aglomerado de bloques y fragmentos de pizarra y cuarzo, englobados en una matriz areno-arcillosa.

Foto N° 3.09

Depósito de Pampa Blanca ubicado al Sur de la zona fuente La Rinconada; constituido por gravas auríferas de origen glacial, con contenido de arena y arcilla altamente compactadas.



Foto N° 3.10



Foto N° 3.11



Foto N° 3.12



Foto N° 3.13



Foto N° 3.14

Calicatas de exploración para reconocimiento selectivo de contenido de oro y otros minerales en profundidad. Depósito de Pampa Blanca.

Beneficio Minero-Metalúrgico

4.1 MINERALES AURÍFEROS EN VETAS

4.1.1 Aspectos generales

Desde tiempos muy remotos, el oro ha sido explotado en forma artesanal de los numerosos mantos y vetas en ambos lados del valle glaciar de La Rinconada, como también del debris y de los afloramientos mineralizados por debajo de la masa de hielo del mismo glaciar. Una planta concentradora mecanizada de 30 tm/día ha sido puesta en operación en la mina Ana María.

En el estado actual, la zona mineralizada La Rinconada y Gavilán de Oro cubre un área de aproximadamente 72 ha; asumiendo que esta zona fue continua, como lo atestiguan los mantos debajo del glaciar, la superficie total mineralizada pudo extenderse a más de 92 ha. En el intervalo de los 250 m mineralizados se encuentran por lo menos 20 mantos auríferos, sin contar las vetas de fracturas. Se puede considerar un promedio de espesor de 0,1 m, ley de Au 15 g/tm y densidad de 2,7; además de otras consideraciones se infiere que la zona mineralizada de La Rinconada y Gavilán de Oro fue más que suficiente para proveer toda la grava aurífera en el área de Ananea (150 MM de m³ de grava aurífera de densidad de 2,25 y ley promedio de Au 0,200 g/tm). (Explotación de Metales Base y Oro de Dos Zonas del Perú-Informe Final-Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas-1990).

El sistema de minado se realiza por el método de cámaras y pilares con cámaras de 8' x 8' y pilares de 3' x 3', efectuándose el circado selectivo del manto. La

relación de desmonte a mineral es de 10:1. Los niveles de operación son:

- Nivel 5050: Ccumuni
- Nivel 4945: Santa Ana
- Nivel 4825: Balcón (situada en el Cerro San Francisco).

Drenaje de Mina: Las filtraciones provienen del flanco occidental del cerro San Francisco; el flujo total es captado en el nivel Balcón de Oro N° 3, en donde se ha instalado un tanque de sedimentación y bombeo para su transferencia al reservorio de agua industrial (20,5 m³ de capacidad) de la planta de beneficio. Alternativamente, estas filtraciones son evacuadas al riachuelo Lunar, atraviesa el bofedal de Pampa Molino y desemboca en la laguna Rinconada.

4.1.2 Concentradora de la Corporación Minera Ananea

La planta concentradora Ana María tiene capacidad instalada de 30 tm/d. Incluye circuitos de chancado, molienda y concentración por gravimetría y flotación. El concentrado gravimétrico es tratado por amalgamación, sigue refogado y fundición hasta obtener el oro bullón. En el circuito de cianuración son tratados los concentrados de flotación y los relaves de amalgamación. *Vistas Fotográficas N° 4-01 al 4-05.*

Circuito de Chancado: Comprende tolva de gruesos de 100 tm, provista de parrilla con abertura de 5"; chancadora Blacke, grizzly con abertura de ½"; tolva de finos de 30 tm. La capacidad es de 4 tm/h.

Circuito de Molienda y Clasificación: Comprende alimentador de faja (1.04 tm/h); molino de bolas de rebose en circuito cerrado con clasificador helicoidal.

Concentración Gravimétrica: La descarga del molino (80% menos 20-mallas se alimenta a un jig Duplex; el concentrado del jig se alimenta a dos mesas vibratorias dispuestas en serie, obteniéndose un concentrado de alta ley para su tratamiento por amalgamación. Los relaves de mesa son bombeados de regreso al molino.

Circuito de Flotación: Comprende un banco de 6 celdas N° 15; el concentrado se descarga en cochas de sedimentación, en tanto que el relave se almacena en la cancha respectiva.

Circuito de Amalgamación: El concentrado de gravimetría se remuele en un molino de bolas; luego se alimenta a un tambor amalgamador, la amalgama obtenida es tratada en una retorta para recuperar el mercurio y obtener el oro refogado de 90% para ser fundido en un horno de crisol y así obtener el oro bullón. Los relaves pasan al circuito de cianuración.

Circuito de Cianuración: Los concentrados de flotación y relaves de amalgamación son cianurados en tanque agitador en tandas de 8 tm con 16 m³ de solución. Se contempla un período de 12 horas de pre-aireación de la solución mediante insuflación de aire. La solución rica se somete a vacío, precipitación de oro con polvo de zinc; el precipitado se seca y pasa al proceso de refinación. La solución barren regresa al circuito; la descarga final se efectúa previo tratamiento con hipoclorito de sodio.

Se dispone de un sistema de disposición de relaves, contando con los elementos siguientes:

- Tubería de 4". Capacidad máxima de 3 450 m³ (cresta hasta 4 836 msnm).
- Muro de contención de concreto armado.
- Canal de coronación.

- Sedimentación y tratamiento de efluentes para su descarga al canal de Vizcachani.

El consumo de agua doméstica, captado del manantial de la ladera "Pozo del campamento minero Ananea" y almacenado en un tanque de concreto de 18 m³, es del orden de 0,20 l/s. Las aguas servidas son conducidas a un pozo séptico.

La casa de fuerza alberga 4 grupos electrógenos con un total de 608,8 kW de potencia instalada.

4.1.3 Sistema Artesanal de Explotación-Beneficio

Método de explotación

La explotación se realiza en dos etapas a fin de evitar una mayor dilución del mineral valioso. En la primera etapa se avanza sobre estéril circundando al manto hacia la caja piso; luego se realiza el corte del manto mineralizado. El minado se realiza en forma manual: se efectúan dos taladros por día de 25 pulgadas de profundidad; la sección de la labor es de 1,5 m x 1,5 m; se utilizan costales, latas o bolsas de jebe grueso para la extracción y acarreo del mineral.

Otro grupo de mineros artesanales disponen de perforadoras manuales neumáticas y "scoop trams" para el acarreo y transporte de mineral y desmonte. En general, es cada vez mayor la tendencia para mecanizar las operaciones mineras de explotación / extracción.

Perforación y voladura

La perforación manual de la roca se realiza con la ayuda de un cincel, comba y pico. El consumo de explosivos es de dos cartuchos de dinamita, un fulminante y 0,70m de mecha por cada taladro de 25 pulgadas. El uso de Anfo es muy restringido.

En la actualidad existe en operación un número importante de perforadoras neumáticas, lo cual ha permitido el desarrollo exitoso de gestión minera de varias cooperativas conformadas por 40 a 100 trabajadores

mineros y de los respectivos contratistas vinculados con la Corporación Minera Ananea. Las perforadoras utilizan barrenos de 5 pies de longitud por 38 mm de diámetro. El consumo de explosivos es sobre la base de tres y cuatro cartuchos de dinamita por taladro de 4 y 5 pies, respectivamente.

El encendido de los disparos es muy riesgoso, sobre todo cuando un sólo hombre enciende sucesivamente hasta 6 taladros cargados cada uno con mecha independiente de solo 0,70 m. El explosivo es proporcionado por la Corporación Minera Ananea y en algunos casos se obtiene de manera ilegal. De acuerdo a estudios realizados, este hecho genera la dependencia en el proceso productivo de los mineros artesanales.

Pallaqueo o selección manual de mineral

Esta labor constituye una alternativa intermedia o complementaria a la labor principal desarrollada por los trabajadores mineros adultos; es decir, esta labor alternativa solo es efectuada por discapacitados, ancianos, mujeres y menores de edad. Consiste en la selección del mineral valioso contenido entre los restos de material estéril descargados en los botaderos o escombreras. El pallaqueo también es conocido como "llampeo".

Acarreo y transporte del mineral

Por lo general, los accesos a las labores subterráneas mineras no son aparentes ni tampoco se encuentran preparadas para el tránsito de vehículos motorizados; en estos casos son los mismos trabajadores mineros quienes se encargan del acarreo y transporte del mineral hasta su trasbordo o entrega a las instalaciones de beneficio.

Algunos contratistas mineros han logrado adquirir maquinaria pesada de bajo perfil ("scoop trams", camiones, otros) para el acarreo y transporte del mineral.

Molienda y amalgamación

El tratamiento por amalgamación en el sistema quimbalete constituye una primera etapa del beneficio económico de los minerales auríferos primarios. El quimbalete es un mortero de gran tamaño, confeccionado de piedra cincelada a mano para darle una forma ovalada en su base de modo que permita un movimiento de vaivén con el mínimo esfuerzo. Sus dimensiones promedio son: 0,70 m x 0,30 m de sección x 0,50 m de alto; en su parte superior se fija un tablón horizontal para sostener al operador. La técnica del quimbalete es muy antigua y data de la época pre colombina.

La base o mesa forma parte del sistema quimbalete. Esta base es una roca labrada de tal forma que en el plano superior ha sido tallada la taza de asiento del quimbalete; se encuentra empotrada dentro de una pared perimetral construida con cemento y bloques de roca. A través de un tubo, empotrado en la parte inferior de la pared frontal, permitirá la descarga controlada de la pulpa al completar el proceso de amalgamación.

El costo promedio de construcción del quimbalete y su base, puesto en el taller de fabricación, es de US\$ 300; de este monto US\$ 200 le corresponde maestro artesano.

La operación del sistema quimbalete es por tandas. La primera etapa de una tanda consiste en completar la molienda (en seco) del mineral hasta convertirlo en arena fina; luego le sigue la etapa de amalgamación consistente en la formación de una pulpa (4 partes de agua por 1 parte de mineral) y la adición progresiva de mercurio. La siguiente etapa consiste en la descarga controlada de la pulpa hacia la poza de sedimentación, dejando en el fondo de la taza la amalgama y el mercurio metálico remanente. El material sólido sedimentado (relave de amalgamación), se descarga de la poza para su almacenamiento formando rumas o pilas. El mercurio remanente es separado de la amalgama mediante el exprimido o filtrado a través de una tela re-

sistente; el mercurio líquido así recuperado es vuelto a usar en el proceso de amalgamación, en tanto que la amalgama se funde con el uso de un soplete ordinario para volatizar el mercurio, dejando el oro doré conocido también como oro refogado.

Por lo general, la etapa de remolienda en el sistema quimbalete se puede obviar si previamente en un molino de bolas de molienda en seco, se ha logrado alcanzar el grado de fineza requerido para el proceso de amalgamación.

También existen en las zonas de trabajo molinos de bolas, de operación por tandas de 200 a 400 kg de capacidad y accionados por motores independientes o acoplados. *Vistas Fotográficas N° 4-06 al 4-11.*

La molienda se hace por lo general en seco para facilitar su descarga y manipuleo, y especialmente para evitar que parte del mineral se quede pegado a las paredes y bolas del molino. El tiempo de molienda es de 0,5 a 1 hr para material previamente chancado a 1/2 pulgada. Esta labor se hace en chancadoras mecánicas en algunos sitios, pero la práctica generalizada es que los mismos mineros lo realicen manualmente con una comba.

La recuperación y calidad de oro, y la recuperación del mercurio empleado es generalmente mayor en el procesamiento directo que con el procesamiento que emplea molienda mecánica previa.

Las pérdidas de mercurio oscilan entre 2 a 3,5 kilogramos por m³ de mineral. Este a su vez debe ser el contenido promedio de mercurio en los relaves de quimbalete.

4.2 MINERALES AURÍFEROS EN MORRENAS

4.2.1 Aspectos generales

Para la explotación de estos depósitos, con potencia de más de 20 m, se puede observar diversas operaciones de extracción, desde el simple bateador hasta

aquellas que utilizan equipos pesados para la remoción del material y plantas móviles con jigs para la concentración. También es posible realizar estas operaciones mediante etapas sucesivas de dragado; para este efecto con la operación de una draga de cangilones sería posible tratar más de 3 millones de m³ de material aurífero. Ver Cuadro 4.1.

Ex Minero Perú realizó sus operaciones mineras en la morrena Vizcachani, donde también trabajan varias cooperativas mineras. La morrena tiene cerca de 3,0 km de ancho, 10 km de largo y 30 m de espesor. El abastecimiento de agua para las operaciones mineras proviene de la laguna Sillacunca, desde donde se inicia un canal de 3 km de longitud, 1,20 m de ancho, 0,80 m de alto y 3/1000 de pendiente. Su capacidad de embalse es de 7 500 000 m³.

Entre los factores físicos que afectan la recuperación del oro contenido en depósitos de origen glaciar tenemos: el tamaño, forma y liberación de los granos de oro; factores que están determinados por la configuración primaria de los minerales y el modo de transporte glaciar sobre distancias relativamente cortas.

Otros factores importantes incluyen el carácter de la roca matriz y su forma de descomposición, cantidad y tipo de arcillas. Por ejemplo, la roca matriz encajonante conformada por esquistos grafiticos (cuarcitas, otros), en su proceso de descomposición generan arcillas, dejando porcentajes elevados de esta arcilla (25-60%) en el detritus glaciar.

4.2.2 Sistemas de Explotación-Beneficio

Tomando como base el trabajo de J. Olivari (1990), las operaciones mineras en San Antonio de Poto se describen a continuación:

Resumen de la Performance

Método Artesanal

Movimiento de tierra: Monitores

Concentración: Canal empedrado y riflería

Recuperación: 50 - 60 %

Método Semi-mecanizado

Movimiento de tierra: Tractor, cargador frontal, volquetes

Concentración: Trommel, canal y riflería

Recuperación: 60 - 70 %

Método Mecanizado

Movimiento de tierra: Tractor, retro-excavadora

Concentración: Plantas portátiles con jigs

Recuperación: 70 - 80 %

Aplicación del Sistema Artesanal

La topografía del terreno consiste en una dorsal que termina en un barranco con 80 - 90° de inclinación y una altura promedio de 30 m. En zonas duras, la perforación se realiza manualmente y la voladura con agente explosivo Anfo.

Teniendo el material removido, la función del monitor es derrumbar y disgregar a este material, para luego transportarlo hacia los canales empedrados. El agua requerida para las operaciones del monitor, proviene de la laguna Rinconada; esta agua se transporta por gravedad a través de un canal hasta un reservorio, luego mediante tubería se alimenta al monitor con presión natural. Teniendo en cuenta los desprendimientos de roca, la instalación y operación del monitor se efectúa a cierta distancia prudencial del frente de minado, tomando las medidas pertinentes de protección y seguridad. Para efectos de ilustración se presentan las *Vistas Fotográficas N° 4-12 al 4-18*.

Después de completar el ciclo de trabajo en el área de avance, se procede a remover el empedrado del canal; con el material colectado se procede a su respectivo bateado para la recuperación del oro. En forma complementaria se presentan las *Vistas Fotográficas N° 4-19 al 4-23*.

Cuadro 4.1 Sistemas de explotación-beneficio de material aurífero en morrenas

Concepto	Sistema de Explotación-Beneficio		
	Artesanal	Semi-Mecanizado	Mecanizado
Organización	Individual o grupo pequeño	Comunidad - Pequeña Empresa	Mediana - Gran Empresa
Volumen de material Aurífero tratado por día	Promedio 10 m ³	10 m ³ - 500 m ³	Mayores a 500 m ³
Exploración	Muestreo simple	Trabajos exploratorios por medio de pozo y canales.	Trabajos exploratorios por medio de pozos. Utilización de equipo de perforación y muestreo.
Explotación	Pico – pala, carretillas, monitores, draga de succión de 4" a 6"	Excavadora, cargadores frontales, dragalinas, tractor, camiones- volquete, dragas de succión de 8" a 12"	Excavadora, tractor, camiones-volquete, cargadores frontales, dragalinas, draga de succión, draga de cangilones.
Concentración gravimétrica	- Batea - Canal rudimentario con abastecimiento de agua por medio de balde - motobomba, sluices.	Canales artesanales, con abastecimiento de agua por medio de motobomba, Sluices	Tolva Trommel Jig Mesas vibratorias Stacker (faja transportadora) Bomba de suministro de agua.
Recuperación	Amalgamación en batea.	Batea. Utilización de amalgamadores	Amalgación Retorta

En San Antonio de Poto existen dos cooperativas que utilizan este método de minado; los resultados promedios obtenidos se presentan en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Resultados de operación obtenidos por el sistema artesanal

Concepto	Señor de Ananea	Santiago de Ananea
Capacidad, m ³ /día	60	80
Ley, g/m ³ Au	0,25	0,20
Recuperación, %	40	50
Producción de Au, g/día	6	8

J. Olivari, CEPECT- 1990

Aplicación del Sistema Semi-mecanizado

Caso AA (Tractor, Volquete, Canales)

El área de trabajo está preparada en un sistema de bancos; el material se empuja mediante un tractor, de la parte superior hacia el nivel de plataforma, donde se realiza el carguío a los volquetes con el cargador frontal; el mineral se transporta a la planta. El talud del banco se mantiene en 80°; en zonas duras se realiza perforación y voladura.

El mineral se recibe en una tolva de 10 m de ancho en la parte superior y 6 m en la parte inferior; 25 m de largo y 20° de inclinación. En la parte superior lleva instalada una plancha perforada con orificios de 2", en la parte inferior también se tiene plancha perforada con orificios de 1,1/2".

El disgregado y lavado del material se efectúa con dos monitores de 6"; la relación promedio agua/sólido es 10/1. La fracción de finos pasa a 4 canales con ríflería (50 m de largo, 1,20 m de ancho, 0,60 m de altura y 13° de pendiente), en donde las arenas pesadas se acumulan en los rifles y la arcilla es desplazada por la corriente de agua hacia dos canales empedrados (100 m de largo, 1,20 m de ancho, 0,60 m de altura y 6,5% de pendiente); finalmente se envía al relave. El material +2" se recoge y se transporta a la cancha de relaves gruesos, mediante cargador frontal y volquete.

La mayor parte de oro grueso se recupera en los primeros tramos de los canales de ríflería; el oro fino se recupera en los tramos intermedios y finales, así como en los canales empedrados. Todo el material obtenido de los canales de ríflería y de los empedrados se envía a la planta para su amalgamación; el material residual resultante se lleva al laboratorio para batearlo; el producto final es refogado para la obtención del oro. Los resultados de operación se presentan en el Cuadro 4.3.

Caso BB (Tractor, Volquetes, Trommel, Canales)

El arranque del mineral y acarreo a la plataforma se efectúa con un tractor; para el carguío y transporte a la planta concentradora se utiliza cargador frontal y volquete. En zonas duras se usa una perforadora IR CM-350, con brocas de 3,1/2", efectuándose taladros de 15 m de profundidad; para la voladura se usa anfo.

El mineral ingresa a una tolva, en ella se adiciona agua a presión mediante un monitor; la pulpa se alimenta a un trommel con orificios de 1/2"; para ayudar la clasificación se tiene instalado, en la parte interna del trommel, chisquetes de agua a presión. La fracción gruesa +1/2" se almacena en una tolva, luego se transporta mediante locomotora-vagón a la cancha de relaves gruesos. La fracción fina -1/2" fluye a un sistema de sluices (canal con ríflería), el oro y arenas pesadas son atrapadas entre los rifles, el resto de material fluye hasta su descarga en la cancha de relaves finos.

Cuadro 4.3: Resultados de operación obtenidos por el sistema semi-mecanizado

Concepto	Caso AA	Caso BB
Capacidad, m ³ /día	2 000	3 000
Ley, g/m ³ Au	0,30	0,30
Jornada diaria, horas	24	24
Recuperación, %	50	60
Producción de Au, g/día	300	540

J. Olivari, CEPECT- 1990

El material recuperado del primer sistema de sluices es procesado en un pequeño canal con rifiería (ingenio), para continuar con la etapa de amalgamación; luego el material resultante es bateado en el laboratorio para separar las arenas pesadas y dejar libre la amalgama; esta amalgama es tratada en una retorta, en donde por destilación se separa el oro del mercurio. En el Cuadro 4.3 se incluye los resultados de operación.

Aplicación Sistema Mecanizado

Caso CC (Tractor, Retroexcavadora, Planta con Jigs)

El minado se efectúa en forma radial; las operaciones están comprendidas dentro de un sector de círculo con centro en la planta concentradora; el avance se realiza a nivel de piso de planta.

El arranque del material aurífero se realiza con perforación y voladura, debe haber como mínimo dos frentes de trabajo. La perforadora IR Crawlair CM-350 utiliza brocas de 3,1/2", su alcance es de 15 m de profundidad. La voladura se realiza con anfo. El acarreo de material hacia la planta se efectúa con un tractor; para el carguío y vaciado del material a la tolva se usa una retro-excavadora.

La sección Clasificación de Gruesos, con flexibilidad de desplazamiento de acuerdo al avance de minado, esta conformada por:

(1) Tolva, provista de parrilla de 6" de abertura. Para ayudar el ingreso y efectuar el lavado del material se usa un monitor de 2,1/2". La relación agua/sólido es de 6/1. La parrilla tiene una inclinación suficiente para que el material de +6" se deslice y se acumule en una cancha, de donde es evacuado con ayuda de un cargador frontal y volquete.

(1) Trommel de 5' Ø x 25' de largo y orificios de 1/2", provisto de chisquetes de agua para el lavado y disgregado del material -6". El material -1/2" se descarga a una tolva provista de un clasificador tipo "gusa-

no"; en tanto que la fracción +1/2" se alimenta al transportador de faja.

(1) Transportador de faja de 36" x 15 m y 15° de inclinación.

(1) Tolva con capacidad de 20 m³, para recepción del material +1/2"; este material es evacuado a la cancha de relaves, mediante locomotora-vagón.

El desplazamiento de la línea férrea para la locomotora se efectúa de acuerdo al avance de la sección Clasificación de Gruesos.

La pulpa de material -1/2" es bombeada hacia un cono deslamador, donde se elimina gran porcentaje de arcillas. El resto de material se alimenta al sistema de concentración gravimétrica conformada por Jig Duplex tipo Yuba, de 48 m³/hora: (3) jigs primarios y (1) jig secundario. El relave correspondiente se descarga al canal respectivo para su disposición en la cancha de relaves finos. Los resultados de operación se presentan en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4: Resultados de operación obtenidos por el sistema mecanizado

Concepto	Caso CC	Caso DD (Sugerido)
Capacidad, m ³ /día	960	8 200
Ley, g/m ³ Au	0,30	0,30
Jornada diaria, horas	20	24
Recuperación, %	80	80
Producción de Au, g/día	230	1 970

J. Olivari, CEPECT- 1990

Caso DD (Dragas)

La explotación de placeres mediante el empleo de dragas es de óptimo rendimiento y bajo costo de operación. Para el caso del yacimiento de San Antonio de Poto, la draga a utilizarse sería de cangilones consistente en una instalación flotante para realizar el derribo y extracción; luego la desintegración hidráulica, seguida de la concentración y evacuación de relaves.

Ex Minero Perú S.A. estuvo implementando una operación con draga para operar con una capacidad de tratamiento de más de 3 MM de m³/año de material aurífero. Esta operación debió tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Explotación racional de acuerdo a la magnitud del área.
- Uso racional de agua, implementando sistemas de re-tratamiento y recirculación.
- Equipo de minado y accesorios para la explotación, así como para la evacuación y acomodo de estériles.
- Equipo de concentración de oro.
- Generación de energía eléctrica para la operación y servicios.

Características y Performance de Equipos

Estos parámetros de operación se presentan en el Cuadro 4.5 para los equipos de mina anteriormente mencionados.

4.2.3 Sistema Artesanal de Explotación-Beneficio

La actividad minera artesanal se realiza con mayor intensidad entre los meses de diciembre y abril, es decir durante el periodo de lluvias. Los hijos adolescentes participan en el acarreo de bloques de piedra y bolsas de tierra sobre sus espaldas o mediante el uso de carretillas; algunos de ellos también intervienen con los

miembros adultos de la familia, en las operaciones de derribo, remoción y conducción del material detrítico. Por otra parte, las mujeres y menores de edad se dedican a seleccionar el material con potencial contenido de oro entre los restos dejados en las escombreras por anteriores operaciones de lavaderos en canaletas ("caños"). Este material así escogido es lavado en bateas provistas de alfombra o yute, a esta operación se conoce con el nombre de "chichiqueo". Ocasionalmente, el grupo artesanal mediante arreglo previo con la cooperativa puede utilizar las canaletas de lavado.

La etapa de cosecha consiste en la remoción del empedrado de los canales para recoger el material detrítico aurífero; este material se lava en una batea (bateado), luego el concentrado aurífero obtenido se somete al proceso de amalgamación, para continuar con el exprimido en tela y así eliminar el exceso de mercurio; finalmente, la amalgama (relación en peso mercurio a oro es de 2:1) se funde mediante el uso de un soplete para obtener el oro doré.

En las áreas de operación minera es frecuente observar a los niños al lado de sus madres debido a la falta de centros de cuidado infantil (Wawa wasi). El ingreso por grupo familiar promedio está entre 15 y 20 US\$/mes, con este monto solamente cubren sus gastos para adquirir alimento y otros víveres básicos.

Se pueden distinguir los siguientes métodos:

Cuadro 4.5: Parámetros de operación de equipos de mina

Equipo	Marca	Modelo	Capacidad m ³	Distancia m	Ciclo Seg	Rendimiento m ³ /hr
Tractor	Caterpillar	D8K	4,5	50	140	124
Cargador Frontal	Volvo	BM-1641	3,5		180	160
Volquete-Dumper	Volvo	BR-860	8,0	350	740	36
Retroexcavadora	Caterpillar	225	60	38		
Locomotora*	Lister	Diesel	11,6	30	300	60

*Nota: Con vagón Hagglands HRST-115-C de 11.5 m³ de capacidad.

Fuente: J. Olivari, CEPECT- 1990

Cantoneras o cochazos

Este método es utilizado solo en épocas de lluvia, aprovechando del poder erosivo de la escorrentía (huayco) producida por la descarga violenta de agua. La captación de agua de ríos y/o quebradas se conduce, para su almacenamiento, hacia cochas construidas en las partes altas y próximas al barranco. Por lo general, el volumen de agua contenida en las cochas se descarga para derribar el material aurífero y conducirlo, a través de canales empedrados (caños), hacia la parte baja o playas de lavado.

Los caños empedrados son de 1,0 m de ancho por 5,10 a 15 m o 30 m de largo y 0,4 m de altura, con pendiente de 3 a 7%, de tal modo que el oro se deposita en los intersticios del empedrado del piso de fondo. La operación de derrumbe y lavado del material aurífero continúa hasta que los canales empedrados se saturan con los preconcentrados. Luego se inicia la operación de "saca" consistente en levantar el empedrado de los canales, coleccionar en un flujo de pulpa de preconcentrados para su transferencia a otro canal (sluice) y obtener una arenilla con contenido de oro. Posteriormente, se continúa con el bateado para obtener el oro libre. Se estima una recuperación de 60 a 70%.

El caudal de agua usado es alrededor de 27 m³/min, con velocidad de 1,5 m/s desde cochas de 80 m³ de capacidad como promedio. Mediante este método al día se mueve un total de 6 m³ de grava aurífera, con la participación de 3 hombres.

Arranque por monitor hidráulico

La fuerza de agua a presión de un monitor hidráulico se usa para aflojar, cortar y arrastrar el material aurífero. El monitor está compuesto de un tubo cónico provisto de una boquilla reemplazable, una para la operación de arranque y la otra para el arrastre del material de grava. El tubo cónico está montado sobre un soporte articulado para producir movimiento en los

planos horizontal y vertical, hasta ángulos de 60°. *Vistas Fotográficas N° 4-12.*

La escorrentía con el material de grava se conduce hasta zanjas o caños empedrados, con gradiente y profundidad predeterminadas de modo de lograr el disgregado y lavado del material aurífero. Se requiere de la preparación previa del depósito aluvial en bancos de 4 a 5 m de desnivel y de una fuente hídrica para el uso de motobombas de alta presión. Dentro de una distancia de unos 200 m, el material resultante de relaves se puede descargar al cauce del río a través de un canal de tierra, con una pendiente de 0.5%. *Vistas Fotográficas N° 4-13 al 4-18.*

Canaletas de lavado-sluices

El material aurífero es vaciado sobre un chute o zarama provista de rejilla o malla metálica con agujeros de 1/3" de diámetro, a fin de lograr una clasificación previa mediante la adición de abundante agua. La fracción gruesa (mayor de 1/3") se elimina como material estéril (relave grueso), en tanto que la fracción fina (menor de 1/3") fluye a través de la canaleta (sluice) instalada sobre el terreno. El piso de fondo de la canaleta se encuentra cubierto de plástico y luego de yute, bayeta, frazada o alfombra acanalada de tal manera de retener la arenilla aurífera; en tanto que el material detrítico liviano, arena y arcilla son arrastrados por el flujo de agua y finalmente ser evacuados (relave fino). La recuperación del material aurífero se estima que oscila entre 40 y 60%.

La densidad de pulpa (relación en peso carga a agua) se encuentra entre 1:4 y 1:10, dependiendo de la disponibilidad del recurso hídrico y habilidad operacional del trabajador artesanal minero. En el campo de aplicación artesanal, la inclinación de la canaleta fluctúa entre 10 y 20 %. El proceso de amalgamación de la arenilla aurífera o pre-concentrado se realiza directamente por frotación manual con mercurio; o bien se utiliza un recipiente (balde o batea) en donde además del pre-concentrado se adiciona agua y detergente;

luego alternando con la agitación mediante el uso de una varilla de madera, se adiciona en forma progresiva el mercurio.

4.3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

4.3.1 Organización y Sistemas de Trabajo

En el proceso de gestión de la minería en pequeña escala se observa una deficiente organización y distribución de la carga de trabajo en todas las operaciones y procesos encaminados a la producción. Así por ejemplo, las cooperativas organizan el desarrollo de la carga de trabajo minero por cuadrillas, las mismas que ejecutan sus respectivas tareas al mismo tiempo, creándose de esta manera serias superposiciones y demanda por los materiales, equipos y servicios de necesidad obligatoria para el normal desenvolvimiento del trabajo asignado. El desentendimiento por los trabajos de mantenimiento y cuidado de las labores subterráneas, incluido los servicios de ventilación y otros pertinentes, también constituyen serios problemas para el normal desenvolvimiento de las operaciones de producción.

Estos inconvenientes que afectan el cabal y oportuno cumplimiento de las tasa de producción pre-establecidas se ven reflejadas a su vez en angustiosas situaciones para el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades de orden económico.

Por otra parte, se puede observar que las actividades de exploración y desarrollo minero se encuentran totalmente relegadas, poniendo en serio riesgo la continuidad y sostenibilidad de las operaciones de producción del proyecto.

De acuerdo a la geología estructural del yacimiento, la mecanización e introducción de maquinaria, equipo e instrumentos de control tanto en interior mina como en superficie constituyen medios eficaces para optimizar el índice costo-beneficio pertinente a la línea del

proceso productivo del proyecto. Para el caso particular de aplicación del método de cámaras y pilares selectivo (circado) con extracción del material derribado mediante rastrillaje, existen estudios que indican la obtención de la relación material estéril-mineral valioso es de 6 a 1, manteniendo una tasa de producción de 35 tm/día.

4.3.2 Costos de Producción

El material aurífero removido por el método de cantoneras es del orden de 10 m³/día, con una tenor promedio estimado de 0,30 g/m³ Au. El costo total promedio es del orden de 2,41 \$/m³, correspondiendo el 32 % de este costo a las operaciones de derribo, arranque y descarga.

Los depósitos fluvio-glaciares con condiciones favorables para la aplicación del método de arranque por el uso de monitor hidráulico, presentan tenores entre 0,23 y 0,50 g/m³ Au. Considerando dos turnos por cada monitor, la producción diaria estimada fluctúa entre 120 y 150 m³. El costo total promedio se estima en 0,68 \$/m³, de acuerdo a la distribución siguiente:

Concepto	\$/m ³
<u>Costo Directo:</u>	
Mano de obra	0,15
Agua	0,08
Insumos	0,15
<u>Costos Indirectos:</u>	
Mano de obra	0,15
Otros	0,15

El movimiento de material glaciar detrítico que se puede lograr con un cargador frontal, en dos turnos de 10 horas de trabajo, es del orden de 800 a 1 500 m³/día. El costo de operación de este equipo se estima en 1,40 \$/m³.

Anexo Fotográfico

Capítulo IV: Beneficio Minero-Metalúrgico

MINERALES AURÍFEROS EN VETAS

Concentradora de la Corporación Minera



Foto N° 4.01



Foto N° 4.02



Foto N° 4.03

Operaciones de planta de beneficio en pequeña escala / Cerro Lunar. El mineral chancado ingresa a la etapa de molienda en seco en molino de bolas (Foto N° 4.02) para una primera reducción de tamaño. Luego, la extracción de oro se realiza por amalgamación y reducción simultánea del tamaño de partículas en sucesivos tambores amalgamadores, alternando con la amalgamación sobre placas en criba Muller (Foto N° 4.03).



Foto N° 4.04



Foto N° 4.05



Foto N° 4.06

En la zona de La Rinconada y Cerro Lunar existen numerosas operaciones de amalgamación por tandas (tipo batch) en tambores amalgamadores, similares al mostrado en la Foto N° 4.06.



Foto N° 4.07



Foto N° 4.08



Foto N° 4.09



Foto N° 4.10



Foto N° 4.11

Se presenta los arreglos generales de instalaciones y equipo de una planta piloto en proceso de implementación para el retratamiento de relaves de amalgamación. Esta planta se ubica en la ciudad de Juliaca / Puno.

MINERALES AURÍFEROS EN MORRENAS

Desbroce-preparación y beneficio mediante el uso de motobomba/monitores



Foto N° 4.12



Foto N° 4.13



Foto N° 4.14



Foto N° 4.15



Foto N° 4.16



Foto N° 4.17



Foto N° 4.18

Sistema de explotación beneficio de la morrena-glaciar de Vizcachani, consistente en el desbroce y arranque con monitores (Foto N° 4.12); luego el material se acondiciona a través del canal de lavado (Foto N°4.13) para recuperar el oro de tamaño grueso en sluices provistos de alfombra (Fotos N° 4.14, 4.15); el flujo de material sigue a través de canales empedrados para la recuperación de oro de tamaño fino (Foto N° 4.16); hacia el extremo final se instalan rifles de listones de madera (Foto N° 4.17) o bien se alfombra el piso de fondos (Foto N° 4.18).

Desbroce-preparación y beneficio artesanal del material de morrénico



Foto N° 4.19



Foto N° 4.20



Foto N° 4.21

Lavado de terreno y concentración en canales empedrados, sistema poco rentable que se está utilizando en los depósitos de morrena-glacial de La Ananea. Las vistas fotográficas N° 4.19 al 4.21 corresponden al material de morrena de Pampa Blanca de alto contenido de arena fina en contraste del material de Ancocala de alto contenido de fragmentos detriticos (Foto N° 4.22, 4.23).



Foto N° 4.22



Foto N° 4.23

Capítulo V

Áreas Visitadas

5.1 SECTOR ANANEA-VIZCACHANI

Los depósitos de material aurífero son morrenas glaciares provenientes de la Formación Ananea y morrenas recientes del Grupo Ambo.

El arranque, remoción y conducción de material se realiza mediante el uso de monitores de 4 a 6 pulgadas y motobombas accionadas con potencia de 36 CV. Por día se puede desplazar de 600 a 700 hasta 1 000 m³ de material hacia los canales empedrados. Estos canales, por donde fluye el material detrítico, son contruidos con gradiente variable de acuerdo a la topografía del terreno y volumen de agua disponible. El flujo de agua a través de los monitores, es de 16 a 23 m³/min con una presión de 130 psi, para alcanzar una altura efectiva de agua de 180 a 210 pies. *Vistas Fotográficas N° 5-01 al 5-05.*

En la cabecera de los canales se concentra el material con partículas gruesas de oro, en tanto que en los sectores del canal aguas abajo, se concentra el material con partículas finas de oro.

Los trabajadores mineros de Ananea están organizados en cooperativas, existiendo titularidad sobre cuatro concesiones que han sido transferidas a CECOMSA-AP (Central de Cooperativas Mineras de San Antonio de Poto) por ex-Minero Perú, desde 1993. En la actualidad existen seis cooperativas consolidadas y dos de reciente formación, todas ellas unificadas en la mencionada Central. Los socios se encargan de todo el proceso de explotación-beneficio del material morrénico hasta la misma comercialización del oro doré. La distribución de las utilidades se realiza en función al

esfuerzo y responsabilidad por el cumplimiento de las tareas asignadas a cada socio.

Los interesados a ingresar como socios de la Central, previamente deberán trabajar como peones en La Rinconada, donde los salarios fluctúan entre el equivalente a 2,8 y 3,5 US\$ por día de trabajo. El derecho de inscripción en la actualidad es de US\$ 300. La principal crítica, por parte de los socios hacia los dirigentes de la Central, es la referida a las bajas remuneraciones percibidas. En el momento de realizar la visita (época de actividad limitada por la carencia de lluvias), el ingreso estimado mensual era 200 dólares, de los cuales \$120 recibe el socio y \$80 son descontados por la Central por concepto de gastos de la actividad minera (flete, abastecimiento de agua, entre otros) y también para la compra de coca y licor para el trabajo colectivo. (OIT-Niños que trabajan en Minería Artesanal de oro en el Perú-2001)

5.2 SECTOR LA RINCONADA-GAVILÁN DE ORO

La actividad minera en La Rinconada y Cerro Lunar es intensa en mano de obra y empleo de equipo mecánico.

El oro se presenta en mantos de cuarzo ahumado estratificado en los esquistos y en cuarcitas del Paleozoico inferior.

Los mantos tienen una longitud aproximada de 250 m y una potencia de 0,20 a 0,30 m, se encuentran en forma paralela, separados cada 30 m y con un buzamiento de 25° a 30°, la ley promedio calculada es de 1 oz/tc.

La extracción selectiva del mineral valioso (circado), hace que el minero obvie la etapa de chancado.

La Corporación Minera Ananea y los 150 a 200 contratistas individuales operan en el lugar. La Corporación cede algunas áreas a los contratistas, los mismos que contratan a los mineros bajo la modalidad de cachorro, mediante la cual les permiten extraer mineral durante 2 a 3 días por mes a cambio de su trabajo. Los turnos de trabajo son de 4 horas; la mayoría de mineros trabajan para 2 ó 3 contratistas. En épocas de aumento de la actividad minera, cuando se abren nuevos socavones, el trabajador puede percibir un promedio de 600 soles mensuales en un turno (170 US\$); en épocas de baja actividad pueden transcurrir algunos meses sin obtener ingresos. *Vistas Fotográficas N° 5-11 al 5-13.*

Debido a este régimen de contratación las mujeres y niños participan cotidianamente en minería para aportar al ingreso familiar. Ellos buscan el mineral valioso entre los restos que quedan fuera de mina, en los botaderos (pallaqueo, también denominado llampeo), lavan el mineral (chichiquean) y luego lo procesan en quimbaletes. El ingreso que obtiene la familia por estas actividades es de 8 US\$ por gramo de oro, el mismo que se puede conseguir en aproximadamente una semana de trabajo continuo.

Los niños en algunos casos también apoyan al padre en la explotación del mineral en la mina, las labores por donde transitan son reducidas y estrechas llegando a alturas de 0,90 m donde trabajan en posiciones inadecuadas. Por otra parte, también apoyan el chancando las rocas con martillo "matar la piedra" o en la operación del quimbalete. Por lo general, la familia tiene instalado el sistema quimbalete en su vivienda; en otros casos lo alquilan a precios que oscilan entre 5 y 10 soles por día de uso.

Por encargo de la Corporación Minera Ananea, se está realizando trabajos de rehabilitación y preparación en la cortada Ccumuni con la finalidad de continuar con la

explotación de dicha zona de acuerdo al planeamiento que se están elaborando; a la fecha se han cortado 8 mantos.

La cortada Ccumuni se encuentra en el Nivel 5050, tiene una sección de 3 m x 3 m. El método de explotación que se ha planeado utilizar es el de Corte y Relleno Ascendente combinado con Cámaras y Pilares; para la perforación utilizaran perforadoras manuales y mediante winches eléctricos jalarán el material a los echaderos (ore pass), aquí esperarán los camiones que transportarán el material a la planta de tratamiento.

5.3 SECTOR SAN ANTONIO DE POTO-LA ORIENTAL

La minería aurífera artesanal en este sector se desarrolla de manera incipiente con elevados costos de operación y son muy pocas las operaciones que se encuentran trabajando.

El yacimiento de San Antonio de Poto se encuentra emplazado dentro de una unidad morfo-estructural denominada depresión de Crucero-Ananea-Trapiche, originada por un juego de fallas longitudinales de rumbo NO, de edad post Mioceno y posteriormente rellenados por depósitos lacustres, glaciales, fluvio-glaciales y fluviales.

Oriental también es un yacimiento de origen glacial y fluvioglacial. El método de trabajo es similar al de San Antonio de Poto.

5.4 SITUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

5.4.1 Aspectos Generales

La Rinconada y Cerro Lunar se encuentran en proceso para implementar una organización eficiente, dispuestos a combatir sus problemas de la delincuencia, alcoholismo, prostitución, pobreza y apatía; la contaminación ambiental, mayor seguridad en el trabajo, mejores condiciones laborales, entre otros. *Vistas Fotográficas N° 5-14 al 5-19.*

Los mineros artesanales de la zona de estudio, conforman un grupo heterogéneo de personas que explotan yacimientos de oro con tecnología rudimentaria en un caso y con tecnologías desarrolladas en otros, pero con bastantes pérdidas y precaria eficiencia. No obstante, por el hecho que el oro tiene un precio que se adecua a las condiciones de mercado, estos problemas pueden verse distraídos. Se debe considerar que los yacimientos son estructuras muy angostas, no rentables para la tecnología convencional, además no cuentan con asesoramiento técnico para implementar el método de explotación adecuado.

Por otro lado, los depósitos detríticos glaciares requieren grandes capitales y tecnología adecuada.

Una de las principales razones de la precariedad de la minería artesanal es la ilegalidad, por cuanto explotan yacimientos cuyos derechos pertenecen a terceros. Los artesanos al no poseer los títulos de concesión, no tienen facilidades para acceder a ventajas que ofrece la formalidad.

Esta ilegalidad los expone a relaciones de franca desventaja frente a los titulares de concesiones mineras o de beneficio y los dueños del sistema de amalgamación, quienes compran el mineral de mina (ROM) a precios fuertemente castigados.

La compra y venta de insumos industriales es restringida, porque requiere licencia y en muchos casos los mineros artesanales se agencian de insumos del mercado negro.

5.4.2 Vivienda y Servicios Básicos

Vivienda-otros establecimientos

Las viviendas en su mayoría de 1 ó 2 ambientes, están construidas de madera recubierta de calamina, totora y plástico, sobre la misma roca de la cordillera, cuyos techos reverberan por el intenso brillo solar de la sierra; los pisos son de tierra. Muy pocas viviendas son de adobe.

En La Rinconada y Cerro Lunar como en todo pueblo, existen pequeños comercios, tiendas de abarrotes, bodegas, peluquerías, boticas, radioemisoras, videocine, pollerías; cantinas, clubes nocturnos, restaurantes denominados "pensiones", billares, talleres de mantenimiento mecánico y eléctrico, servicios de radio comunicación, oficinas de acopio de oro, servicios de procesamiento de mineral, hospedajes, servicios de transporte, entre otros.

Las noches son estrepitosas y peligrosas debido a la sordidez de los ambiente nocturnos; en muchas ocasiones, los establecimientos de diversión y cantinas fueron cerrados por la iniciativa de mujeres y mineros de buen vivir.

Servicios de agua y desagüe

En el centro poblado no se dispone de agua potable, por lo cual compran agua clorificada inadecuada según el personal de salud o consumen agua proveniente del deshielo. Muy cerca se encuentra la Rinconada, que se presume tenga algún grado de contaminación por las continuas descargas de los efluentes líquidos residuales de la actividad minera mal desarrollada y aguas servidas.

Se carece de servicios básicos de recojo de basura y desagüe para los desechos orgánicos.

Una mirada simple alrededor de estos poblados, revela los graves problemas de saneamiento ambiental y contaminación; las calles de la ciudad están cubiertas de un perenne y grueso fango sin comparación: mineral, tierra, hielo y relaves.

Servicios de energía eléctrica y otros

En el año 2000 se instaló el servicio de energía eléctrica, no obstante algunos pobladores continúan usando velas, lámparas y, en algunos casos, grupos electrógenos para sus operaciones.

Cuentan con el servicio de teléfonos públicos; existen pequeñas emisoras radiales y una muy buena cantidad de antenas parabólicas para la recepción de TV.

Salud-Educación

Existe un puesto de salud con personal calificado que atiende los servicios básicos, pero carece de equipamiento para análisis especializados. También se atiende los programas CRED de seguimiento en el crecimiento del niño y PACFO de complemento nutricional para niños de 6 meses a 3 años en coordinación con los clubes de madres que existen.

En el sector La Rinconada, los centros de educación pública existentes sólo pueden atender un 10 % de la población en edad escolar (6 a 18 años) estimada en 10 000 potenciales alumnos para recibir instrucción primaria y secundaria. Por ejemplo, en una escuela primaria con seis aulas imparte instrucción en dos turnos con un promedio de 40 a 50 alumnos por aula. El colegio secundario tiene una capacidad de 170 alumnos.

Existen dos PRONOEI (Programa no Escolarizado de Educación Inicial) que atienden a 140 niños y un Centro de Educación Inicial con 60 niños, para la población infantil menor de 6 años de edad. Además existe un centro educativo privado con una cobertura de 82 niños en primaria y 30 en secundaria y otras dos escuelas privadas que atienden a 140 niños en total. A estos centros educativos asisten hijos de contratistas y comerciantes así como de algunos trabajadores mineros que tienen una mejor situación económica. (OIT-Niños que trabajan en Minería Artesanal de oro en el Perú-2001).

5.5 RECONOCIMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL

La gestión ambiental inadecuada por parte de la minería artesanal, constituye un grave riesgo para el cuidado y conservación del medio ambiente; además de propiciar condiciones de peligro para la seguridad y

salud del personal trabajador y de la población en general. *Vistas Fotográficas N° 5-20 al 5-25.*

En este mismo sentido, las operaciones de arranque y descarga del material de gravas auríferas por el método de cantonera o monitor hidráulico; el lavado-clasificación y concentración gravimétrica en canaletas o sluices, requiere de relativamente grandes volúmenes de agua que finalmente son lanzados por escorrentía hacia los cursos naturales hídricos (quebradas y ríos) en forma de pulpa con apreciable contenido de arcillas, limos y otras sustancias sólidas, así como de sales disueltas y/o en suspensión.

5.6 RECONOCIMIENTO DEL IMPACTO SOCIAL

Demografía

La Rinconada y Cerro Lunar son asentamientos contiguos que se han desarrollado en torno a la actividad minera, conformando tugurios, en donde residen aproximadamente 8 000 familias haciendo un total de 27 000 pobladores entre hombres, mujeres y niños. En la actualidad, en La Rinconada viven cerca de 5 000 familias en una extensión de 10 ha y 3 000 familias en Cerro Lunar en condiciones de hacinamiento. La cabeza de familia en muchos casos es la mujer. *Vista Fotográfica N° 5-25.*

Solo el 20% de la población de La Rinconada y Cerro Lunar es migratoria, proviene de los departamentos Arequipa, Cusco, Ayacucho, Moquegua, Tacna, Junín y otros, razón por la cual su población es culturalmente heterogénea.

Medios de supervivencia

En Cerro Lunar existe una Asociación de Pequeños Mineros. En La Rinconada recientemente se ha formado la Asociación de Pallaqueros conformada por un total de 800 mujeres y algunos varones adultos que ya no pueden trabajar en la mina como obreros. La finalidad de esta asociación es lograr que los contra-

tistas les permitan trabajar, pagando en la actualidad entre 6 y 8 soles diarios por el "pallaqueo" entre el desmonte de mina. Los "llamperos", también enfrentan problemas cotidianos por cuanto tienen que superar requisitos previos para ingresar a las labores mineras a fin de extraer el desmonte dejado por las operaciones normales de minado. Otra asociación similar existe en el campamento Gavilán de Oro.

Los contratistas, que en su mayoría son mineros artesanales con mucha experiencia, aportan un derecho a la Corporación Minera Ananea por la explotación de un área de trabajo en la mina; luego ellos subcontratan a un cuantioso ejército de obreros mineros que vienen de todos los pueblos pobres de la sierra sur del país e incluso de la sierra central.

Los subcontratados se relacionan con los contratistas a través de un sistema llamado "cachorro", mediante el cual el contratista no está obligado a pagar los jornales devengados durante el mes, en cambio se compromete a ceder un determinado frente o labor

minera por dos o tres días para que los subcontratados (en grupos o pequeñas sociedades informales) puedan explotar y extraer el mineral valioso para su propio beneficio.

Existe un debate público sobre este sistema, que debe profundizarse para mejorar las relaciones laborales en estas empresas y elevar los niveles de vida de los mineros. Mientras tanto, estas pequeñas sociedades que muchas veces conforman las propias familias para el "cachorro", se extiende e incluye a los hijos menores de edad en las tareas subsiguientes a la extracción del mineral que han podido efectuar los adultos.

Por su parte los contratistas, pequeños empresarios mineros, muchas veces pierden todo en una campaña de explotación, cuando el manto de mineral se aleja de sus esfuerzos e intuiciones, tornándose su proyecto en una actividad de alto riesgo.

Anexo Fotográfico
Capítulo V: Áreas Visitadas

Sector Ananea-Vizcachani/San Antonio de Poto-La Oriental



Foto N° 5.01

El arranque, remoción y conducción del material morrénico de Vizcachani (Foto N° 5.01), se realiza mediante monitores-motobombas (Fotos N°5.02 y 5.03)



Foto N° 5.02



Foto N° 5.03



Foto N° 5.05



Foto N° 5.04

La clasificación por tamaños del material y su distribución de la fracción fina a los sluices con piso de fondo alfombrado se muestra en la Foto N° 5.04; en tanto que el flujo de la fracción gruesa continua a través de un canal con piso de fondo empedrado, Foto N° 5.05.



Foto N° 5.06



Foto N° 5.07

Se muestra el sistema de draga flotante de cangilones en actual abandono y parte del área del depósito de morrena-glaciar de Pampa Blanca. La draga en mención, con capacidad para excavar y tratar detritos hasta 16 000 yardas cúbicas, fue operada por Natomas Co. Of. Perú, habiéndose dragado un área aproximada de 0,84 km² entre Octubre 1962 y marzo 1972, con una extracción total del orden de 17 millones de yardas cúbicas, hasta una profundidad de dragado de 15 m desde la superficie. La producción fue de 3 833 kg de oro para una recuperación estimada de 76,2%.



Foto N° 5.08



Foto N° 5.09

En la Foto N° 5.08, se puede observar el proceso de alimentación de material de morrena de Pampa Blanca para su lavado y clasificación con agua a presión (motobomba-monitor) seguido de concentración de oro en canal lavador provisto de riflería y alfombrado. El flujo final constituye el material que se recibe en una presa improvisada (Foto N° 5.04) en base a un dique construido con el mismo material superficial del área.



Foto N° 5.10

Concentración de oro en canal empedrado a partir de material detrítico del depósito existente en La oriental / Ancocala.

Sector La Rinconada-Gavilán de oro



Foto N° 5.11



Foto N° 5.12



Foto N° 5.13

Niveles principales de operación subterránea en el centro minero La Rinconada / Cerro Lunar. Se puede apreciar las galerías de acceso sistema de aire comprimido, red de tubería para aire comprimido, etc.

Situación Socioeconómica



Foto N° 5.14

Vista parcial del centro minero La Rinconada emplazado en la falda occidental de la Cordillera La Ananea sobre 5 000 msnm. (Foto N° 5.14). La actividad comercial es relativamente intensa, algunos servicios como el de alojamiento son de baja calidad (Foto N° 5.15). El campamento de la Corporación Minera Ananea S.A. (Foto N° 5.16) es el único que cuenta con facilidades de vivienda y oficinas.



Foto N° 5.15



Foto N° 5.16



Foto N° 5.17

La laguna La Rinconada ubicada al SO de la mina Cerro Lunar, constituye la principal fuente de captación y almacenamiento del recurso hídrico de la zona (Foto N° 5.17). El represamiento de agua para uso de las operaciones de beneficio en Pampa Blanca, se ha efectuado mediante la construcción de un dique de "champa" y piedra (Fotos N° 5.18 y 5.19).



Foto N° 5.18



Foto N° 5.19

Reconocimiento del Impacto Ambiental y Social



Foto N° 5.20

En el ámbito de lamineria subterránea, se muestra algunos impactos al medio ambiente: la falla localizada que se está rellenando con desmonte de mina (Foto N° 5.20); el amontonamiento indiscriminado de chatarra (Foto N° 5.21); laguna artificial de agua contaminada (Foto N° 5.22).



Foto N° 5.21



Foto N° 5.22



Foto N° 5.23



Foto N° 5.24

El tratamiento de morrenas auríferas en canales (sluices), implica una constante descarga de relaves, en algunos casos directamente sobre el terreno (Foto N° 5.23) y en otros en grandes rumas (Foto N° 5.24).



Foto N° 5.25

Se muestra la población minera en base a la construcción precaria de viviendas, sin la implementación de servicios básicos.

Capítulo VI

Trabajos por Encargo

6.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

A fin de proyectar un estudio modelo en torno al procedimiento de análisis y valuación del potencial económico minero de una determinada zona (distrito o provincia geológica), se considera de vital importancia tener a disposición el diseño del esquema integral del proceso de explotación/extracción y beneficio aplicable al potencial de reservas de los yacimientos minerales reconocidos en dicha zona. Para el caso particular de los depósitos auríferos existentes en las áreas visitadas, es importante señalar que las características naturales del oro y de sus minerales portadores, con respecto al beneficio minero metalúrgico, son su granulometría y particulares asociaciones con los minerales de ganga. Al respecto cabe destacar las consideraciones siguientes:

La flotación exige una liberación completa del compuesto o mineral a recuperar. En el caso que la cianuración requiera de molienda, es posible extraer el 95% del oro a una granulometría de 80% menos 200-mallas (75 μ). En una dimensión igual de partículas de oro, la cianuración demanda una molienda de menor grado de fineza que la flotación, pues no es necesario que el oro sea liberado totalmente sino solamente vuelto accesible a la solución de ataque.

Si el oro se encuentra finamente incluido en los sulfuros, en una dimensión sub-microscópica, este mineral no podrá ser tratado por cianuración directa y necesitará de una operación suplementaria para liberar el oro. En cambio, si se presenta asociado entre decenas de micrones en los sulfuros o cuarzo, entonces

podrá ser tratado directamente por molienda y cianuración.

En las operaciones de molienda, los granos de oro a causa de su ductilidad no se muelen y tienden a laminarse y concentrarse en el molino; se elimina este inconveniente, recuperando el oro grueso de las arenas del clasificador mediante métodos gravimétricos.

Con el propósito de verificar algunas de estas apreciaciones, se estimó por conveniente efectuar pruebas experimentales de laboratorio, utilizando muestras de los minerales auríferos de filón y detritico en morrenas glaciares.

6.2 OBTENCIÓN DE MUESTRAS

De las áreas visitadas se obtuvieron muestras litológicas (*Vistas Fotográficas N° 6-01 al 6-04*) que se describen a continuación:

- Código : AN-01 (A,B,C):
 - Lugar : Ananea, Cooperativa El Dorado
 - Método de trabajo : Monitores
 - Peso de muestra : 15 kg
 - Código : RC-01
 - Lugar : La Rinconada, Ccumuni
 - Muestra compósito-Nivel 5050
- Código : AN-02 (A,B,C):
 - Método de trabajo : Trabajos de rehabilitación y preparación de labores
 - Peso de muestra : 30 kg
 - Referencia : Ing° Percy Tamayo.
- Código : RC-02
 - Lugar : La Rinconada

- Método de trabajo : Relaves de operaciones antiguas de pallaqueo, para ser tratadas en la planta del Sr. Isidro Cenzano
- Peso de muestra : 08 kg
- Referencia : El operador
- Código : RC-03
- Lugar : La Rinconada, mineral de mina (ROM) de la zona de Ritipata
- Método de trabajo : Acarreo con "scoop tramp"
- Peso de muestra : Frente Vanesa (Contratista) 02 kg
Frente Juan Turpo (Contratista) 10 kg
- Referencia : Ing° Juan Turpo.
- Código : SP-01
- Lugar : San Antonio de Poto (Pampa Blanca).
- Método de trabajo : Labor en exploración. Pozo de 7 m de profundidad
- Peso de muestra : 30 kg
- Referencia : Trabajadores
- Código : SP-02
- Lugar : San Antonio de Poto (Pampa Blanca)
- Método de trabajo : Acarreo con "Scoop Trams"
- Peso de muestra : 20 kg
- Referencia : Sr. José Luis Castro
- Código : OR-01 (A,B,C)
- Lugar : Oriental - Ancocala
- Método de trabajo : Lavaderos (caños)
- Peso de muestra : 15 kg
- Referencia : Parte baja de la morrena

A partir de estas muestras se obtuvieron dos muestras compósito, identificadas de la siguiente manera:

Muestra N°	Código	Descripción	Peso aprox. kg
1-A	RINCONADA	Compósito manto aurífero primario La Rinconada.	55
2-B	ANANEA	Compósito morrena glaciar aurífera Ananea	80

6.3 SELECCIÓN DE LABORATORIO

INGEMMET solicitó a la Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional

del Altiplano de Puno, la realización de pruebas de cianuración por agitación y percolación sobre las dos muestras compósito anteriormente mencionadas, a fin de establecer las condiciones de trabajo para alcanzar los máximos niveles de disolución de oro contenido en dichas muestras. *Vistas Fotográficas N° 6-05 al 6-06.*

Los Términos de Referencia establecieron los alcances siguientes:

- Preparación mecánica de las muestras.
- Caracterización química.
- Pruebas de cianuración por agitación en botella (o en frasco agitado).
- Pruebas de cianuración por percolación en columna.
- Análisis químicos de los productos obtenidos en las pruebas.
- Informe técnico.

Preparación mecánica

De acuerdo a los objetivos del trabajo se requiere de una correcta preparación mecánica del material y de la obtención de sub-muestras representativas para el uso final del material, caracterización química, lixiviación por agitación y lixiviación por percolación.

Caracterización química

De cada muestra litológica recibida, se obtendrá una sub-muestra representativa para realizar análisis de cabeza por oro, plata, cobre, cobre oxidado, hierro y azufre.

Cianuración por agitación

Con cada muestra litológica se efectuará dos (2) pruebas de cianuración por agitación a fin de verificar la solubilidad del oro del mineral y el consumo de reactivos. Las condiciones sugeridas de lixiviación serán las siguientes:

Granulometría,	: 100% menos malla 100
Peso de mineral,	: 300 g
Dilución de pulpa,	: 2,5 : 1
Concentración NaCN,	: 0,05 y 0,1 %
pH operación	: 10,5 a 11,0 (con CaO)
Tiempo de lixiviación,	: 48 horas

Se tomarán muestras al cabo de 2, 4, 8, 12, 24 y 48 horas, las cuales se analizarán por oro, cianuro libre y pH. En cada valoración se restituirá el CaO y NaCN a las condiciones prefijadas.

Finalizada cada prueba, la pulpa será filtrada y el queque se lavará; obteniéndose la solución rica, la cual se analizará por cianuro libre y oro. El queque luego de ser secado y pesado, se analizará por oro y plata.

Cianuración por percolación

Con cada muestra litológica se efectuará dos (2) pruebas de cianuración por percolación en columna, en circuito cerrado con carbón activado. Las condiciones sugeridas de lixiviación serán las siguientes:

Circuito,	: Cerrado con carbón
Columnas,	: Altura / variable;
Granulometría,	* 100% menos ½
	* 100% menos 1 pulgada.
Peso de mineral,	: Mínimo 20 kg.
Flujo de riego,	: 10 lt/hr/m ² .
Concentración NaCN,	: Óptima, según pruebas de agitación.
pH,	: 10,5 – 11,5
Tiempo de lixiviación,	: Aproximadamente 30

Durante el trabajo se realizarán análisis de oro a los siguientes tiempos: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28 y 30 días de cosecha. Durante este período de lixiviación, se efectuarán en forma diaria análisis de pH y cianuro libre.

Al finalizar cada prueba, la columna se lavará con agua fresca; luego se descargará para secar y pesar el residuo final, este residuo se analizará por oro y plata. La solución de lavado será analizada por oro y plata.

El balance metalúrgico para el caso del oro, se efectuará según:

oro (carbón) + oro (soluc. lavado) + oro (residuo) = oro (cabeza mineral).

Análisis químico

El total estimado de análisis químico, por cada muestra litológica, tendrá la siguiente distribución:

- Cianuración por Agitación

Cabeza Experimental

- 01 análisis de oro
- 01 análisis de plata
- 01 análisis de cobre
- 01 análisis de cobre oxidado
- 01 análisis de hierro
- 01 análisis de azufre

Solución cianurada

- 12 análisis de oro

Residuo (queque) de cianuración

- 02 análisis de oro
- 02 análisis de plata

- Cianuración por Percolación

Cabeza experimental

- 01 análisis de oro
- 01 análisis de plata
- 01 análisis de cobre oxidado

Solución cianurada

- 30 análisis de oro
- 04 análisis de plata (incluye solución de lavado)

Residuo de cianuración

- 02 análisis de oro
- 02 análisis de plata

Carbón activado cargado

- 02 análisis de oro
- 02 análisis de plata

6.4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de análisis químico son los siguientes:

Muestra	Ensayes, % (*g/tm)					
	Au*	Ag*	S	Fe	Cu	Cu Oxido
1A-	69,58	96,99	2,6	3,3	0,01	< 0,001
2B- Ananea	1,09	24,94	0,3	3	0	0,003

Las condiciones de operación y resultados obtenidos para las pruebas de cianuración por agitación, se muestran en el Cuadro 6.1.

Las pruebas de cianuración por percolación se efectuaron en columnas de 6" f x 1,0 m de altura. Ambas muestras (1A - Rinconada y 2B - Ananea) fueron reducidas de tamaño a 98% menos malla 100, por lo que fue necesario aglomerarlas con cemento (40 kg/tm). El resto de condiciones de operación y resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 6.2.

6.5 COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS

Del análisis de condiciones de operación y resultados obtenidos se ofrecen los comentarios siguientes:

Muestra 1A-Rinconada

Esta muestra de mineral primario con relativo bajo contenido de azufre, demuestra docilidad frente al pro-

ceso de cianuración, obteniéndose extracciones de oro del 98,4% y de plata entre 84,5% y 87,5%.

Es importante verificar, mediante un trabajo integral de pruebas metalúrgicas, la aplicación previa del esquema de concentración gravimétrica-amalgamación con la posible inclusión del proceso de flotación. El propósito sería reducir el costo de inversión que significa las instalaciones de planta para la sola cianuración del total del mineral. Adicionalmente, se tendría un menor consumo de cianuro y la posibilidad de incrementar la extracción y recuperación de la plata por encima del 90%.

Muestra 2B-Ananea

Esta muestra de morrena glacial aurífera presenta una seria limitación en la extracción de oro (90% máximo) y de plata (70% máximo) por el proceso de cianuración; además, de un relativo alto consumo de cianuro.

Considerando la presencia de oro libre, en tamaños grueso a fino, resulta recomendable la aplicación del esquema concentración gravimétrica- amalgamación. En este sentido, el trabajo integral de pruebas metalúrgicas debería orientarse a la selección de los equipos gravimétricos de conformidad a la distribución promedio por tamaños del oro libre en el depósito morrénico.

Cuadro 6.1 Pruebas de cianuración por agitación

Concepto	Muestra 1A - Rinconada		Muestra 2B - Ananea	
	Prueba A1	Prueba A2	Prueba B1	Prueba B2
<i>Condiciones de operación</i>				
Granulometría, menos malla 100	99,5%	99,5%	99,5%	99,5%
Tiempo de agitación,	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas
pH,	10,5-11,0	10,5-11,0	10,5-11,0	10,5-11,0
Concentración NaCN,	0,05%	0,10%	0,05%	0,10%
<i>Resultados Obtenidos</i>				
Recuperación oro,	98,48%	98,42%	82,57%	89,91%
Recuperación plata,	87,52%	84,53%	63,91%	69,05%
Consumo NaCN, kg/tm	2,238	3,849	3,003	4,684
Consumo cal, kg/tm	1,333	1,333	1,453	1,400

Cuadro 6.2 Pruebas de cianuración y recuperación de oro con carbón activado

Concepto	Muestra 1A - Rinconada		Muestra 2B - Ananea	
	Prueba A3	Prueba A4	Prueba B3	Prueba B4
<i>Condiciones de operación</i>				
Circuito,	Cerrado con carbón activado		Cerrado	
Tiempo de agitación,	22 días	22 días	22 días	22 días
pH,	10,5 – 11,5	10,5 – 11,5	10,5 – 11,5	10,5 – 11,5
Concentración NaCN,	0,05%	0,10%	0,05%	0,10%
Flujo de riego, l/hr/m ²	10,0	10,0	10,0	10,0
<i>Resultados Obtenidos</i>				
Recuperación oro,	87,38%	90,51%	68,92%	73,57%
Eficiencia adsorción del carbón,	97%	97%		
Consumo NaCN, kg/tm	3,040	2,346	0,56	1,157
Consumo cal, kg/tm	1,166	1,100	1,160	1,160

Anexo Fotográfico

Capítulo VI: Trabajos por Encargo

Obtención de Muestras



Foto N° 6.01



Foto N° 6.02



Foto N° 6.03



Foto N° 6.04

Se muestra algunas de las áreas de donde fueron tomadas las muestras litológicas: Ananea, Cooperativa El Dorado / trabajos con monitores (6-01; 6-02). La Rinconada, Ccumuni / trabajos de rehabilitación y preparación de labores (6-03). Transporte de las muestras a la ciudad de Puno (6-04).

Laboratorio Seleccionado



Foto N° 6.05



Foto N° 6.06

Las pruebas de cianuración por agitación y percolación fueron realizadas en los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Conclusiones y Recomendaciones

7.1 CONCLUSIONES

- a.** En la zona mineralizada de La Rinconada; el oro se encuentra en "mantos" de cuarzo ahumado, interestratificado en los esquistos y cuarcitas de la Formación Ananea; se explota artesanalmente en las minas Ana María, Gavilán de Oro, Untura, entre otras minas abandonadas, las vetas son de cuarzo lechoso. En la Formación Ananea se plantea la existencia de yacimientos volcano-sedimentarios (singenéticos) de edad Paleozoico inferior, ubicada entre las cordilleras occidental y oriental; esto significa nuevas perspectivas para la exploración por oro primario.
- b.** Los placeres fluvio-glaciares de la zona Alta, en el área de Ananea, Pampa Blanca, Ancocala, presentan un mayor potencial por oro detrítico, observándose una clara vinculación con la mineralización de oro primario de La Rinconada. Las leyes no sobrepasan los $5,0 \text{ g/m}^3$, con promedio entre $0,20$ y $0,40 \text{ g/m}^3$. La disponibilidad de agua limita su explotación.
- c.** El depósito glaciar está conformado por detritus de fragmentos de roca sub-redondeada, arena y arcilla altamente compactada. La densidad promedio in situ es de $2,25 \text{ tm/m}^3$. La humedad bajo condiciones normales varía de 10 a 15%. Los factores de esponjamiento muestran un amplio margen de variación, 45% para material suelto y 15% para material compacto.
- d.** Los depósitos glaciares tal como han sido descritos por Kihien (1990) consisten en morrenas originadas a partir de la Cordillera Oriental, su mineralización aurífera presenta granos de oro nativo libre; en las arenas pesadas resultantes de la concentración gravimétrica, se ha determinado la presencia de magnetita, hematita y casiterita, como constituyentes abundantes; como minerales accesorios se ha encontrado cuarzo, pirita, arsenopirita, wolframita, marcasita, circón y berilo. Un análisis detallado mineralógico-químico fue ejecutado por el Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas (1983) al evaluar una muestra de concentrado de planta, poniendo en evidencia la presencia de casiterita, wolframita y scheelita, además de la ilmenita, hematita, circón y anatasa.
- e.** La explotación más importante en el área de San Antonio de Poto, fue realizada por Natomas Co. of Peru, en Pampa Blanca mediante una draga flotante de cangilones, con 40 pies de alcance debajo de la superficie y con capacidad para excavar y tratar detritos hasta 16 000 yardas cúbicas por día.
- f.** En el estado actual, la zona mineralizada La Rinconada y Gavilán de Oro cubre un área de aproximadamente 72 ha; asumiendo que esta zona fue continua, como lo atestiguan los mantos debajo del glaciar, la superficie total mineralizada pudo extenderse a más de 92 ha. En el intervalo de los 250 m mineralizados se encuentran por lo menos 20 mantos auríferos, sin contar las vetas de fracturas. Se puede considerar un promedio de espesor de 0,1 m, ley de Au 15 g/t y densidad de 2,7; además de otras consideraciones se infiere que la zona mineralizada de La Rinconada y Gavilán de Oro fue más que suficiente para proveer toda la grava aurífera en el área de Ananea (150 MM de m^3 de grava aurífera de densidad de 2,25 y ley promedio de Au 0,200 g/t).
- g.** Las características geológicas de los yacimientos filonianos, como la escasa potencia y alta ley, son los

factores que determinan el éxito de la alternativa artesanal frente a la convencional. Puede por ello coexistir y desarrollarse sin interferencia con la Mediana y Gran Minería que se desenvuelve exitosamente en otro tipo de yacimientos.

h. El sistema de minado subterráneo se realiza por el método de cámaras y pilares con cámaras de 8' x 8' y pilares de 3' x 3', efectuándose el circado selectivo del manto, el cual consiste en un avance sobre el "estéril" circundante al manto hacia la caja piso; luego se realiza el corte del manto mineralizado. La relación de desmonte a mineral es de 10:1.

i. Por lo general, los accesos a las labores subterráneas mineras no son aparentes ni tampoco se encuentran preparadas para el tránsito de vehículos motorizados; en estos casos son los mismos trabajadores mineros quienes se encargan del acarreo y transporte del mineral hasta su trasbordo o entrega a las instalaciones de beneficio.

Algunos contratistas mineros han logrado adquirir maquinaria pesada de bajo perfil (scoop trams, camiones, otros) para el acarreo y transporte del mineral.

j. El tratamiento por amalgamación en el sistema quimbaleta constituye una primera etapa del beneficio económico de los minerales auríferos primarios.

k. El costo promedio de construcción de un sistema de quimbaleta, puesto en el taller de fabricación, es de US\$ 300; de este monto US\$ 200 le corresponde maestro artesano.

l. La actividad minera aurífera artesanal primaria es de gran importancia socio-económica en la zona de La Rinconada Ananea y Cerro Lunar por ser una fuente permanente de empleo. Esta actividad da empleo directo a 14 000 mineros y 27 000 personas dependientes aproximadamente. El ingreso neto promedio que cada minero obtiene esta en el orden de US\$200 mensuales. La producción de oro de esta actividad se estima en 10 tm anuales.

m. Esta actividad se ha convertido en la única fuente de trabajo para la población desempleada de la zona y

el 20 % emigrante de varias de las regiones más pobres del país. En la medida que el problema de desempleo y pobreza en el país no se solucione, la minería informal es una realidad con la cual va a ser necesario interactuar. Por ello, es necesario generar los mecanismos para ordenar y formalizar gradualmente esta actividad.

n. En el plano ambiental, es importante concluir que la actividad artesanal puede lograr un desarrollo sustentable si se le proporciona el apoyo técnico y legal adecuado. Para ello se requieren inversiones menores que las que requeriría la alternativa convencional para lograr los mismos niveles de producción y preservación simultánea de la calidad del medio ambiente.

o. Las pequeñas operaciones mineras muchas veces trabajan con márgenes de rentabilidad muy reducidos. Por esta razón, y debido a la ausencia de una conciencia ambiental, las medidas técnicas que mejorarían la situación del medio ambiente sólo serán exitosas si coinciden con la idea de una producción incrementada.

p. Los esfuerzos por ordenar la situación informal en la zona son bastante importantes, puesto que luego de la dación de la ley 27651, ley de la formalización y promoción de la pequeña minería y la minería artesanal, se observó importantes avances en la legalización, lográndose la identificación de los operadores mineros y permitiéndoles estar dentro del marco legal, no obstante aún la implementación de la formalización propiamente dicha está en proceso, por lo que aún se debe continuar con el apoyo en la difusión de transferencia de tecnologías limpias, asistencia en los trabajos de explotación y proceso de minerales, asistencia respecto a la salud y seguridad, capacitación respecto a los temas de la comercialización de los productos obtenidos.

7.2 RECOMENDACIONES

La minería en pequeña escala, ha sido reconocida como una de las áreas urgentes en las agendas de la cooperación internacional y de otras organizaciones multinacionales, organizaciones nacionales y empresas con-

sultoras que operan en la región de América Latina, puesto que con el aporte que se haga en su gestión y su articulación a la gestión pública, puede contribuir a la reducción de la pobreza en un marco de desarrollo sostenible de las regiones involucradas, por lo mismo se recomienda:

En el aspecto organizacional

- Involucrar a los propios mineros artesanales en los programas participativos de fortalecimiento de sus organizaciones.
- Propiciar que los agentes privados, sean ONGs u otros, tengan que coadyuvar con el proceso del fortalecimiento institucional de los pequeños mineros a través sus organismos como ya lo vienen haciendo en algunos lugares.
- Los mineros en pequeña escala de la zona visitada al igual que de todo el país, no son sujetos de crédito para las fuentes convencionales de financiamiento. La principal barrera para ello se encuentra en que buena parte de la actividad no está formalizada, es decir, no existen condiciones de seguridad institucional, legal, productiva, social y comercial que representen garantías para las fuentes de financiamiento, por lo que se recomienda coadyuvar con el proceso formalizador para el logro de organizaciones más sólidas y solventes administrativamente.
- Es muy recomendable que los mineros que no se encuentran dentro de una organización tengan que hacerlo, puesto que es un mecanismo apropiado para la buena gestión del propio grupo.

En el aspecto tecnológico

- Contribuir con las políticas de transferencia de tecnologías eficientes y ambientalmente responsables, lo que como consecuencia deberá contribuir en el control de la contaminación ambiental y en el incremento de la calidad de vida.
- La experiencia indica que no existen fórmulas generales para la transferencia de tecnologías, entre

otras cosas, por los variados contextos mineralógicos y la diversidad cultural que caracteriza a los grupos humanos que se dedican a esta actividad; por lo que es recomendable trabajar estos elementos con los patrones culturales propios de los mineros, como la base para determinar los mecanismos más apropiados para brindar apoyo al desarrollo de procesos productivos más limpios y rentables.

- Propiciar el estudio de las concentraciones de minerales pesados como casiterita, wolframita y scheelita, además de la ilmenita, rutilo, circón entre otros, con el fin de encontrar alternativas productivas en la explotación.
- La minería informal tiene una limitación muy importante por la profundidad de los yacimientos, que exige esfuerzo y costo creciente para vencer la deficiente ventilación y acumulación de desmonte en el interior. Su progreso y permanencia como actividad rentable depende fundamentalmente del apoyo técnico. Se recomienda implementar mecanismos de gestión en asesoría técnica a la actividad artesanal. En la base del análisis se debe hacer una adecuada caracterización mineralógica con el propósito de precisar mejor su adecuación a los procesos técnicos conocidos de explotación y beneficio.

En el aspecto de desarrollo sostenible

- Dentro de una perspectiva de desarrollo sostenible, se recomienda promover que los actores sociales puedan tener el control de los procesos que los afectan, puedan institucionalizar su participación y hacer efectiva la toma de decisiones. Dicho de otro modo, este compartir debe ser entendido desde una perspectiva de construcción de ciudadanía, es decir el ser parte de una comunidad en la que se tiene derechos y responsabilidades, acordadas y normadas.
- Es recomendable realizar estudios integrales referentes a las actividades económicas potenciales de cada zona, de tal manera que se pueda practicar el binomio ganar-ganar entre los diversos sectores productivos.

- La minería artesanal implica el desarrollo de una tecnología propia, poco sofisticada pero muy adecuada para la realidad nacional. Este debe ser el punto de partida para consolidar una tecnología minera propia con la incorporación e hibridación de alguna tecnología moderna. Para ello se requiere promover la investigación aplicada para el desarrollo de una tecnología propia dirigida al aprovechamiento racional y sustentable de nuestros recursos naturales, y a la autosuficiencia tecnológica. El desarrollo y la difusión de una tecnología propia requiere de recursos financieros. Se debe pensar en esquemas innovadores que garanticen el flujo de recursos, de preferencia a través del sistema bancario comercial, sin que esto implique subsidios como en el pasado. Esquemas de crédito a operadores artesanales en otras esferas de la economía han sido relativamente exitosos y con pocos recursos se pueden lograr resultados importantes.

En el aspecto ambiental

- A pesar de que el proceso de cianuración también tiene efectos nocivos, es recomendable que se traten directamente los minerales en plantas de cianuración, debido a que la fiscalización de estas plantas son más fáciles de realizar en el marco del cumplimiento de las normas ambientales. La actual legislación ya contempla medidas para vigilar los procesos de cianuración. En este caso bastaría con implementar a las Direccio-

nes Regionales de Minería para que fiscalicen que las plantas impermeabilicen sus canchas y cumplan con todas las restricciones ambientales. Este sistema de control es mucho más sencillo que controlar a miles de mineros artesanales refogando su oro.

- El reto estriba en lograr que los mineros voluntariamente decidan sustituir el uso de quimbaletes por entregar su mineral directamente en planta. Para ello se propone educar a los mineros para que conozcan técnicas de muestreo y puedan determinar con facilidad la ley promedio de su mineral. Esto podría llevar a que los propios mineros inviertan en plantas de cianuración directa de mineral (y no de relaves). Para que esta estrategia funcione se debe dotar de capital de trabajo a las plantas de cianuración de manera que puedan comprar mineral a los mineros e irlo acumulando antes de tratarlo. No hay que olvidar que una de las principales ventajas para el minero informal de los quimbaletes, es que le permiten tener efectivo muy rápido, sin tener que acumular grandes volúmenes de mineral. Creemos que con la capacitación adecuada existe un gran margen para que los mineros se dediquen sólo a extraer mineral y abandonen el esfuerzo y el tiempo que les representa usar los quimbaletes. De hecho esto ya está sucediendo en ciertas áreas de la región.

Bibliografía

- DOUROJEANNI, M. (1986) - Recursos Naturales, desarrollo y conservación en el Perú. En: Gran Geografía del Perú, naturaleza y hombre. Manfer, Juan Mejía Baca, Barcelona, t. 4, 243 p.
- FONDO ROTATORIO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EXPLORACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES (1990) – Exploración de metales base y oro en dos zonas del Perú; Informe final, zona I, Ananea. 144 p.
- FORNARI, M. et al. (1980) - Proyecto Oro: informe técnico sobre las investigaciones realizadas de mayo 1979 a mayo 1980. Acción Conjunta INGEMMET - ORSTOM, Lima, 45 p. (Informe técnico A4532).
- HENTSCHEL, T. & PRIESTER, M. (1992) - Small-scale gold mining, GATE/GTZ, Eschborn, 96 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (1989) - Atlas del Perú. Proyecto Especial Atlas del Perú, Ministerio de Defensa, Lima.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2000) - Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja No. 1. INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica, 8, 196 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2002) - Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja No. 2. INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica, 11, 392 p.
- KIHIÉN, A. (1990) - Geología y génesis del yacimiento aurífero de San Antonio de Poto. En: Centro de Estudios y Promoción de Ciencias de la Tierra, El Oro. CEPECT, Lima, p. 86-100.
- LÁZARO, H.; TRILLO, A & SÁNCHEZ, P. (1995) - Estudio de la minería aurífera informal y medio ambiente en la zona de Puno. Ministerio de Energía y Minas e IDESI, Lima.
- MCCMAHON, G., et al. (1999) - An environmental study of artisanal, small and medium mining in Bolivia, Chile, and Peru. World Bank, Washington DC, Technical Paper 429, 61 p.
- OLIVARI, J. (1990) - Métodos de minado en yacimientos auríferos de más de 20 metros de espesor. En: Centro de Estudios y Promoción de Ciencias de la Tierra, El Oro. CEPECT, Lima, p. 242-252.
- PASCO-FONT, A. (1994) - Legislación ambiental e inversión en minería. Inform. Mensual Soc. Nac. Minería y Petróleo, 3(8): 23-28.
- PIAZZA, M. (2001) - Niños que trabajan en minería artesanal de oro en el Perú. Programa para la prevención y eliminación progresiva del trabajo infantil en la minería artesanal de oro en Sudamérica. IPEC-OIT, Lima, 113 p.
- ROQUE, D. (1997) - Experiencias prácticas en el control de emisiones de mercurio en la pequeña minería aurífera boliviana. En: Simposio Nacional de Medio Ambiente y Seguridad Mine-

- ra, 1, Lima, 1997, Trabajos técnicos. Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, t. 3, p. 187-194.
- VARGAS, J. (1998) – Oro, pequeña minería y desarrollo humano. *Minería*, (252):10-13
- VIDALÓN, J. & MEDINA, G. (1997) - Control de contaminación en la minería artesanal y pequeña minería. En: Simposio Nacional de Medio Ambiente y Seguridad Minera, 1, Lima, 1997, Trabajos técnicos. Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, t. 3, p. 195-200.
- WEBB, R & FERNÁNDEZ, G. (2002) - Perú en números 2002, Instituto Cuanto, Lima, 1352 p.
- WILLS, B.A. (1987) - Tecnología de procesamiento de minerales. LIMUSA, México, 568 p.
- WOTRUBA, H., et al. (1998) - Manejo ambiental en la pequeña minería, MEDMIN-COSUDE, La Paz, p. 81-163.