Pontificia Universidad católica de Chile

Escuela de ingeniería

PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN, EVALUACIÓN Y MODELAMIENTO GEO-MINERO-METALÚRGICO PARA PLACERES DE ORO

PROYECTO FONDEF ID21I10351

Autores:

Felipe del Valle

Tomás Roquer

Juan Serra

Carlos Marquardt

José Joaquín Jara

Julián Ortiz

Álvaro Videla

Eduardo Córdova

Pedro Cordeiro

Santiago, 30 de junio de 2023

Contenido

1. OBJETIVOS 5
2. RESPONSABLES 5
3. PLACERES DE ORO. 5
4. EQUIPOS E INSUMOS DE TERRENO Y LABORATORIO 6
4.1. TRABAJO DE TERRENO 6
4.2. PROCESAMIENTO EN PLANTA 6
4.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO 6
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 7
5.1. PREPARACIÓN PARA EL MUESTREO 7
5.2. PERFORACIÓN Y MUESTREO 7
5.3. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS EN PLANTA 9
5.4. ANALISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO 9
5.5. ANALISIS DE CONCENTRADOS EN LABORATORIO 10
5.6. ANALISIS DE PARTÍCULAS DE ORO 10
5.7. MODELAMIENTO GEO-MINERO-METALURGICO 11
6. VARIABLES PARA REGISTRAR 13
7. ESTIMACIONES Y CALCULOS 15
8. DEFINICIONES MINERAS Y GEOLÓGICAS 17
REFERENCIAS 18
ANEXOS 19
ANEXO 1: Cartilla de descripción de pozos 20
ANEXO 2: Triángulo de clasificación de sedimento de Folk (1954) 21
ANEXO 3: EJEMPLO DE CALCULOS 22

1. OBJETIVOS

- Generar un modelo Geológico para un yacimiento de tipo placer de oro.
- Generar un modelo geo-minero-metalúrgico para un yacimiento de tipo placer de oro.

2. RESPONSABLES

Geólogos, ingenieros u operadores con experiencia en yacimiento de tipo placer de oro.

3. PLACERES DE ORO.

Los **Placeres de Oro** son un tipo de depósito mineral cuya génesis está relacionada con procesos de meteorización y erosión que permiten la concentración mecánica de partículas de oro en suelos o sedimentos (e.g. Gary et al., 1972; Gerhard & Eriksson, 2006; Lalomov et al., 2017). Como se indica en la tabla 1 los placeres de oro, también conocidos como lavaderos de oro, puedes ser divididos en distintos tipos según la génesis o mecanismo de transporte de los suelos o sedimentos que contienen y concentran las partículas de oro (Wells, 1989; Singh et al., 2020; Guiar et al., 2021).

Tabla 1. Ejemplos de tipos de placeres de oro según los mecanismos de transporte de los sedimentos que contienen las partículas de oro.

tipos de placeres de oro	**Mecanismos de transporte**
Placeres **eluviales** (e.g. coluviales y glaciales)	transportados en un medio sólido, como coluvios o morrenas.
Placeres **aluviales** o **fluviales**	transportados en un medio líquido, como aluvios o fluviales.
Placeres **eólicos**	transportados en un medio gaseoso, como el viento.
Placeres **litorales** (e.g. de playa)	transportados por efectos del oleaje en playas.

4. EQUIPOS E INSUMOS DE TERRENO Y LABORATORIO

4.1. TRABAJO DE TERRENO

- 4.1.1. Topografía de detalle. Se recomienda levantamiento con Dron
- 4.1.2. Equipo de geólogo para caracterización de sedimentos y minerales.
- 4.1.3. Equipo de geólogo para mapeo de campo
- 4.1.4. GPS
- 4.1.5. Lona de 3x3 m para toma de muestra
- 4.1.6. 11 baldes de muestras de 20 L y 1 de 5 a 3 L por pozo
- 4.1.7. Cámara fotográfica para fotografía de pozos y sedimentos
- 4.1.8. Retroexcavadora o excavadora
- 4.1.9. Camioneta 4x4

4.2. PROCESAMIENTO EN PLANTA

- 4.2.1. Trommel
- 4.2.2. Concentradores de tipo Jig, Knelson y/o de tipo “blue bowl”
- 4.2.3. 2 recipientes de 200 mL por pozo

4.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

- 4.3.1. Tamiz, mallas #2,5 (63 mm), #5 (4 mm), #10 (2 mm), #18 (1 mm), #35 (0,5 mm), #50 (0,25 mm) y #230 (0,062 mm)
- 4.3.2. Balanza
- 4.3.3. Batea mecánica
- 4.3.4. Microscopio
- 4.3.5. Pinzas de precisión para microscopio

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.1. PREPARACIÓN PARA EL MUESTREO

5.1.1. **Levantamiento topográfico:** generar una topografía de detalle del área de estudio con un máximo de 1 m/px (resolución de la imagen raster de un metro por pixel o celda). Se recomienda levantamiento LIDAR o RPAS/Drone con una resolución de 0,25 m/px.

5.1.2. **Mapeo geológico y geomorfológico**: Reconocimiento geo-científico y confección de mapa geológico y geomorfológico de detalle del área de estudio (escala 1:5 mil o mayor), basado tanto en la bibliografía como en los reconocimientos más recientes. En caso de que no haya suficientes afloramientos, se recomienda realizar calicatas y/o zanjas de exploración que permitan establecer y describir la estratigrafía de la zona. En este proceso se definen las distintas unidades geológicas del área, como, por ejemplo: unidades de sedimentos, unidades morfoestratigráficas y unidades de roca, entre otras.

5.1.3. **Generación de modelo teórico geo-minero**: confección de un modelo teórico hipotético y esquemático del tipo de placer de oro que se espera estudiar. Se definen cuales son las unidades geológicas que forman cuerpos estériles y mineralizados, sus dimensiones (rangos esperados distribución vertical y horizontal) y se homologan con unidades mineras tales como: sobrecarga, manto pagador y circa (ver definiciones en capítulo 8).

5.1.4. **Planificación de pozos de muestreo**: para determinar la ubicación, orientación, tamaño, largo y distribución preferente de los pozos es necesario tener el levantamiento topográfico, el mapa geológico y geomorfológico y un modelo teórico geo-minero sobre la naturaleza del potencial yacimiento. Para diseñar y planificar el tipo de malla de perforación (ver el capítulo 7). Se recomienda una malla mínima de 150 x 150 m por unidad geológica con potencial de contener oro, con un mínimo de 25 pozos con 1 muestra como mínimo por nivel con potencial de mineralización. Con el análisis de estos datos se puede aumentar la densidad de datos dentro de zonas con las mejores leyes identificadas. Marcan con estacas, u otro medio, en terreno la ubicación de los pozos y calcular sus coordenadas utilizando un GPS. Revisar los accesos para diseñar o planificar las rutas de accesos de maquinaria o vehículos.

5.2. PERFORACIÓN Y MUESTREO

5.2.1. **Confección de pozo**: Para cada pozo o calicata se recomienda un área basal mínima de 1,5 x 1,5 m con una profundidad tal que permita llegar

al contacto manto-circa, sin embargo, se debe considerar que puede ocurrir que haya pozos que no tenga manto mineralizado, por lo tanto, la circa u otra unidad estéril pueden aparecer a poca profundidad.

5.2.2. **Monitoreo de Pozos**: a medida que el pozo se está perforando se debe cuidar que no se derrumbe y se debe realizar una descripción de los sedimentos que se están extrayendo y en paralelo ir confeccionando una columna estratigráfica a partir de los sedimentos que se exponen en las paredes del pozo, identificando con claridad los límites entre distintos tipos de sedimentos. Se recomienda, además, lo siguiente:

5.2.2.1. Llenar la ficha o cartilla de descripción sedimentológica de los distintos niveles reconocidos en los pozos (ver anexo 1)

5.2.2.2. Llevar un registro fotográfico de las 4 caras de los pozos una vez que éste haya finalizado. Mediante el uso de algunas cámaras se puede hacer un levantamiento 3D del pozo para visualizar con mas detalle su estratigrafía en un programa especializado de visualización 3D o de realidad virtual.

5.2.3. **Muestreo de pozos**: Para cada pozo se debe tomar una muestra de al menos 200 Litros de cada uno de los niveles estratigráficos que se diferencian en profundidad, en particular aquellos niveles que tienen potencial de estar mineralizado (ver capítulo 8 para reconocimiento de niveles mineralizados). Se recomienda tomar una muestra de cada nivel para tener información o verificar su potencial. Para evitar la contaminación de las muestras, se recomienda tomarlas de las caras de los pozos y no del material que se extrae al realizar la perforación. Una vez identificado el o los niveles a muestrear se recomienda lo siguiente:

5.2.3.1. Extraer un volumen de material superior a los 200 L y depositarlo sobre una la lona para rolear y homogenizar el material a muestrear.

5.2.3.2. Tomar una muestra de 200 L para procesarla en planta de separación de oro, para esto se recomienda usar 10 baldes de 20 L.

5.2.3.3. Tomar una muestra de respaldo de 20 L, para esto se recomienda usar 1 balde de 20 L el cual se debe almacenar en bodega en caso que se necesite para una auditoría o para análisis de muestra.

5.2.3.4. Tomar una muestra de 5 o 3 L para realizar tamizaje de material de tamaño menor a grava gruesa (<20 cm de diámetro).

5.2.3.5. Etiquetar cada muestra con marcas que no se vayan a borrar o perder, que sean distinguibles unas de otras y que sean fácilmente identificables. Usar la misma etiqueta o código que se señala en la ficha de descripción de sedimentos.

5.3. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS EN PLANTA

5.3.1. **Separación de fracción gruesa**: se introducen los 200L de muestra en un Trommel diseñado según las granulometrías del material contenido en la muestra. Esto permite separar la fracción gruesa y estéril de la muestra (grava gruesa y media, >15 mm), del material tamaño grava fina, arena y finos que puede contener las partículas de oro (<15 mm). Este último material se acumula para pasar a la etapa de concentración de material denso. La fracción gruesa se puede descartar y utilizar para otras aplicaciones, para dar sustentabilidad al proyecto, o almacenar para futuros estudios.

5.3.2. **Concentración de material denso**: el material de tamaño grava fina, arena y finos concentrado con el **Trommel** (<15 mm), se pasa por una canaleta donde se recupera tanto el material denso acumulado en la canaleta (cercano a 15 mm de diámetro) como el que pasa por ella. El material que pasa se procesa en un **JIG** donde se recupera tanto el material denso acumulado en él (de 15 - 5 mm de diámetro) como el que pasa. Finalmente, el material más fino y menos denso que pasa el JIG se procesa en un **Centrífugo**, donde se junta la fracción más densa y se desecha para ser reutilizado o se acumula para estudios posteriores. Según las características del material que se está procesando y de las partículas de oro colectadas, algunos de los pasos anteriores se pueden ajustar o saltar.

5.3.3. **Registro y etiquetado de concentrados**: Se registran los pesos y etiquetan los concentrados densos del proceso anterior y se almacenar en recipientes de 200 mL. El etiquetado debe ser con códigos o marcas que no se vayan a borrar, que sean distinguibles unas de otras y que sean fácilmente identificables.

5.4. ANALISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO

5.4.1. **Tamizaje**: separación de las fracciones granulométricas con tamices de las muestras almacenadas en los baldes de 5 a 3 L desde cada pozo, registrar los pesos de cada fracción y preparar curvas o perfiles granulométricos según los métodos tradicionales. Con esta información, se pueden ajustar los procesos de procesamiento de muestras en planta, por ejemplo, se pueden considerar para muestras que tienen un alto contenido de finos, procesar con un Trommel ajustado para este tipo de muestras.

5.4.2. **Análisis complementarios**. Se recomienda hacer estudios algunos estudios mineralógicos y elementales complementarios de las distintas fracciones granulométricas para su caracterización y entendiendo geo-minero-metalúrgico.

5.5. ANALISIS DE CONCENTRADOS EN LABORATORIO

5.5.1. **Batea mecánica**: los concentrados densos colectados en canaleta, JIG y Centrífugo son procesados con una batea mecánica para realizar una nueva concentración de minerales densos y menos densos.

5.5.2. **Pesaje**: Registrar peso de los dos productos anteriores.

5.5.3. **Análisis complementarios:** los minerales menos densos pueden ser analizados con ensayo a fuego u otros análisis para estudian la concentración de oro y otros elementos de interés.

5.5.4. **Separación magnética**: el material más denso concentrado en la batea mecánico es pasado por un separador magnético (imán) que permite separar los minerales magnéticos, como el fierrillo o magnetita, del oro u otros minerales no magnéticos.

5.5.5. **Pesaje**: Registrar peso de los dos productos anteriores (material o minerales magnéticos de los no magnéticos).

5.5.6. **Separación con lupa**: los minerales no magnéticos donde se concentran las partículas de oro son analizadas en una lupa binocular que permite colectar las partículas de oro con ayuda de pinzas de precisión. Como resultados se tiene un concentrado de partículas de oro y otro de concentrado de minerales no magnéticos sin oro.

5.5.7. **Pesaje**: Registrar peso con balanza de precisión de los dos productos anteriores (partículas de oro y minerales no magnéticos sin oro).

5.6. ANALISIS DE PARTÍCULAS DE ORO

5.6.1. **Leyes de oro**: se determinan las leyes de oro a partir del peso total del oro calculado con balanza de precisión (ver capítulo 7). En el caso de que el peso de las partículas de oro es inferior a la precisión de la balanza se puede utilizar el valor medio del límite de detección como el peso de la muestra o se puede estimar basándose en las medidas de las partículas (ver capítulo 7).

5.6.2. **Morfología del oro**: se recomienda realizar observaciones morfológicas en lupa binocular de cada partícula de oro, para estudios metalúrgicos o de proveniencia del oro, entre otras aplicaciones. Por ejemplo, generalmente se registra:

- 5.6.2.1. Forma
- 5.6.2.2. Tamaño de los 3 ejes de forma
- 5.6.2.3. Rugosidad
- 5.6.2.4. Presencia de pátinas de colores que puedan indicar impurezas

5.6.3. **Análisis complementarios**: se recomienda estudiar cuales son los minerales no magnéticos que acompañan al oro para su caracterización y entendimiento geo-minero-metalúrgico.

5.7. MODELAMIENTO GEO-MINERO-METALURGICO

5.7.1. **Topografía**: se utiliza el levantamiento topográfico de detalles para generar una superficie 3D que limita por arriba el modelo las unidades geológicas mineralizadas y estériles definidas en los mapeos geológicos de superficies y de los pozos de exploración.

5.7.2. **Base de datos de pozos**: se genera una BBDD con descripción de los pozos. Esto incluye información de ubicación del pozo, su largo e información por tramos a lo largo del pozo de la estratigrafía y de las leyes de oro, entre otros datos de interés.

5.7.3. **Mapa geológico e información superficial**: se proyecta en la superficie topográfica el mapa geológico con las unidades morfo-estratigráficas con énfasis en aquellas que tiene potencial aurífero. Se deben identificar los distintos atributos geomorfológicos o de infraestructura presentes en la zona de estudio (i.e: red de drenaje, terrazas fluviales o marinas, escarpes, laderas, abanicos aluviales o coluviales, caminos, cercos, etc.).

5.7.4. **Modelo geológico**: mediante el uso de un programa de modelado 3D junto con la BBDD de pozos e información de superficie (o geofísica si la hubiese) se genera el modelo geológico del proyecto, donde al menos se generan las unidades estratificadas en orden cronológico, los límites probables de los cuerpos mineralizados y las estructuras presentes. Para esto se realiza una correlación o interpolación de las características de las unidades geológicas observadas en los pozos y en superficie.

5.7.5. **Modelo de recursos**: mediante el uso de un programa de modelado 3D y las BBDD e información de superficie, principalmente datos sobre las leyes de oro, se genera una estimación de recursos por unidades geológicas similar a la realizada en yacimientos mantiformes. Este modelo tridimensional es discretizable en bloques, los que dependerán de factores como la densidad de la malla a utilizar o la capacidad de procesamiento de planta. El proto-modelo servirá como límite para la interpolación de leyes. Se debe realizar un análisis variográfico para determinar la presencia de anisotropías. Dependiendo del caso, si no existe una dirección favorable de mineralización aparente se pueden utilizar métodos simples (Vecino Cercano, Triángulos, Polígonos, Inverso a la distancia). Si se identifican anisotropías, se recomienda un estudio más exhaustivo y la utilización de métodos geoestadísticos (i.e. Kriging).

5.7.6. **Modelo geo-minero-metalúgico**: mediante el uso de un programa de modelado 3D y las BBDD e información de superficie, junto con el

modelo geológico y el de estimación se recomienda realizar un modelo de bloques de 25x25 m^2 de área superficial y un alto equivalente al de los cuerpos mineralizados. Estos bloques consideran contienen información de las variables críticas para la extracción y procesamiento de los sedimentos para su explotación sustentable de oro detrítico. Las características críticas de los sedimentos a explotar son: granulometría, ley de oro, características morfológicas de las partículas de oro, mineralogía, geoquímica y otros parámetros geotécnicos y geometalúrgicos (ver capítulo 6 para más detalles).

6. VARIABLES PARA REGISTRAR

Para la caracterización del yacimiento y de su ambiente de formación es necesario obtener algunas variables, que informan las etapas Geológica, Geo-Minera y Geo-Minero-Metalúrgicas del modelamiento. Algunas de las variables geológicas esenciales son:

1. Estratigráficas: determinar las distintas capas de sedimentos (secuencia de capas o estratos), sus relaciones de contacto, su potencia y sus relaciones con el suelo orgánico (horizontes de pedolitos) y/o con las rocas del basamento (denominada circa).
2. Sedimentológicas: determinar el tipo de sedimento según los distintos tamaños y formas de los fragmentos o detritos que lo forman (e.g. Triángulo de Sheppard) y el origen o ambiente de formación de los sedimentos para las distintas capas reconocidas.
3. Mineralogía: identificar los tipos de minerales o fragmentos de roca que forman los detritos que forman el sedimento, y si son monomícticos, oligomícticos o polimícticos. Se pone especial énfasis en los minerales o componentes más densos del depósito, como las partículas de oro.
4. Morfología y tamaño de los granos de oro.
5. Determinar potencia, o espesor vertical, de la sobrecarga (capa estéril) y el manto mineralizado.
6. Morfología del cuerpo mineralizado (por ejemplo, mantos continuos o cuerpos asociados a paleocanales). Incluye la morfología de la superficie de contacto con la circa.
7. Topografía de superficie incluyendo unidades geomorfológicas tales como: pendiente de canales de drenaje, terrazas y escarpes.
8. Vector de flujo de sedimentos, como por ejemplo dirección y sentido de los flujos en canales activos e inactivos en ambiente fluvial o aluvial.

Algunas de las variables geo-mineras son:

1. Leyes de oro: concentraciones de pepitas o partículas de oro.
2. Geoquímica de las partículas de oro para determinar su pureza y si tiene elementos favorables o desfavorables para su recuperación y comercialización.
3. Curvas Granulométricas de los sedimentos y división según tamaño del grano.
4. Compactación del sedimento
5. Grado de consolidación (cementados, disgregable)

Algunas de las variables geo-minero-metalúrgicas son:

1. Tamaño máximo y promedio de clastos

2. Porcentaje de finos
3. Leyes o concentraciones de oro
4. Química de las partículas de oro
5. Forma y tamaño de las partículas o granos de oro
6. Mineralogía de los cuerpos mineralizados
7. Geoquímica de los minerales asociados y de los minerales densos.
8. Curvas o perfiles granulométricos de los sedimentos o cuerpos mineralizados
9. Tamaño máximo de clastos contenidos en los sedimentos o cuerpos mineralizados
10. Tener una buena identificación del porcentaje de limos y arcillas contenidos en los sedimentos o cuerpos mineralizados (no solo porcentaje de finos)
11. Tener medidas de las densidades de los sedimentos o cuerpos mineralizados
12. Tener información de los minerales reactivos con el medio ambiente contenidos en los sedimentos que se van a explotar
13. Evaluar otras posibles variables geominerometalurgicas

7. ESTIMACIONES Y CALCULOS

1.1. Planificación de una malla de perforación

Para planificar el tipo de malla de exploración para evaluar cuerpos mineralizados y estimar el número, tamaño, profundidad y distancia entre pozos…

- Para placeres aluviales, se recomienda realizar secuencias de perforaciones orientadas de manera perpendicular al cauce actual de la red de drenaje principal. Se recomienda un espaciado mínimo de 200 m entre cada pozo y de XX m entre cada secuencia de pozos.
- Para placeres eólicos, se recomienda realizar secuencias de perforaciones orientadas de manera paralela a la dirección principal del viento, con un espaciado mínimo de 200 m entre cada pozo y de XX m entre cada secuencia de pozos.
- Para placeres de playa, se recomienda realizar secuencias de perforaciones orientadas de manera perpendicular a la línea de costa (o paleo-costa), con un espaciado mínimo de 200 m entre cada pozo y de XX m entre cada secuencia de pozos.

1.2. Cálculo de la masa en base al volumen de las partículas:

El volumen de cada partícula se calcula a partir de las dimensiones máximas de sus ejes con la fórmula:

$$V = \frac{\pi}{6} LIS$$

Con:

L: Eje máximo medido en la máxima dimensión de la partícula (en mm)

I: Dimensión máxima en el plano perpendicular a *L* (en mm)

S: Dimensión máxima contenida en el plano formado por *L* e *I* (en mm)

Con una densidad de 19,32 g/cm^3 la masa aproximada (en mg) de cada partícula será:

$$M = 19{,}32xV$$

La masa de la muestra será la suma de la masa individual de todas las partículas de la muestra.

1.3. Cálculo de ley en base a la masa de la muestra:

$$Ley = \frac{M(mg)}{V(L)} \times \frac{1000(L)}{(m^3)} \times \frac{1}{R} \times E$$

Con:

M: La masa de la muestra (en mm)

V: El volumen total de la muestra antes del procesamiento (en L). Por defecto se utiliza en valor de 200 L

R: La tasa de recuperación del oro de las arenas negras. Por defecto se utiliza una recuperación del 80%

L: Esponjamiento de la muestra. En general el valor va entre 1,10 y 1,20

8. DEFINICIONES MINERAS Y GEOLÓGICAS

Cuerpos estériles: definición minera relacionado con las concentraciones de Au.

Cuerpos mineralizados: definición minera relacionado con las concentraciones de Au.

Dimensiones de los cuerpos estériles y mineralizados: rangos esperados en su distribución vertical y horizontal.

Manto pagador: estrato, nivel, capa, cuerpo o unidad que puede tener la forma de un manto de origen sedimentario y que se encuentra mineralizada. (poner figuras).

Límites del Manto pagador: Límite superior (techo) e inferior (base) de cuerpos o mantos mineralizados.

Circa: suelo, sedimento o roca estéril que limita por debajo del cuerpo mineralizado.

Suelo Vegetal: horizonte de suelo orgánico o capa superficial, donde más del 30% es materia orgánica (Scott y Pain, 2009).

Campaña de perforación: el reconocer las unidades geológicas y determinar el tipo de placer de oro, ayudará a planificar y diseñar una campaña de perforación y muestreo más eficiente y ajustado a los potenciales cuerpos mineralizados.

REFERENCIAS

Gary, M.; McAfee, Jr.R.; Wolf, C.L. (1972). Glossary of Geology. American Geological Institute, Washington, DC.

Gerhard E. & Eriksson P. (2006). Placer formation and placer minerals. Ore Geology Reviews, Volume 28, Issue 4, Pages 373-375, ISSN 0169-1368, https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.02.001.

Gujar, A. R., Iyer, S. D., Udayaganesan, P., Ambre, N. V., Mislankar, P. G., & Dhinesh, S. (2021). Nature, characterization and resource potential of littoral placer deposits of Goa, central west coast of India. Journal of Sedimentary Environments, 6(3), 359-380.

Lalomov, A.V.; Chefranov, R.M.; Naumov, V.A.; Naumova, O.B.; LeBarge, W.; Dilly, R.A. (2017). Typomorphic features of placer gold of Vagran cluster (the Northern Urals) and search indicators for primary bedrock gold deposits. Ore Geology Reviews, Volume 85, Pages 321-335, ISSN 0169-1368. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.06.018.

Scott, K., & Pain, C. (Eds.) (2009). Regolith science. Csiro Publishing.

Singh, R., Venkatesh, A. S., Sudhakar, C., Sethy, S. N., & Babu, K. P. (2020). Exploration for strategic placer mineral deposits in a fluctuating shoreline: Depositional environment and mineralogical characterization of the NE Odisha coast placers, India. Ore Geology Reviews, 127, 103850.

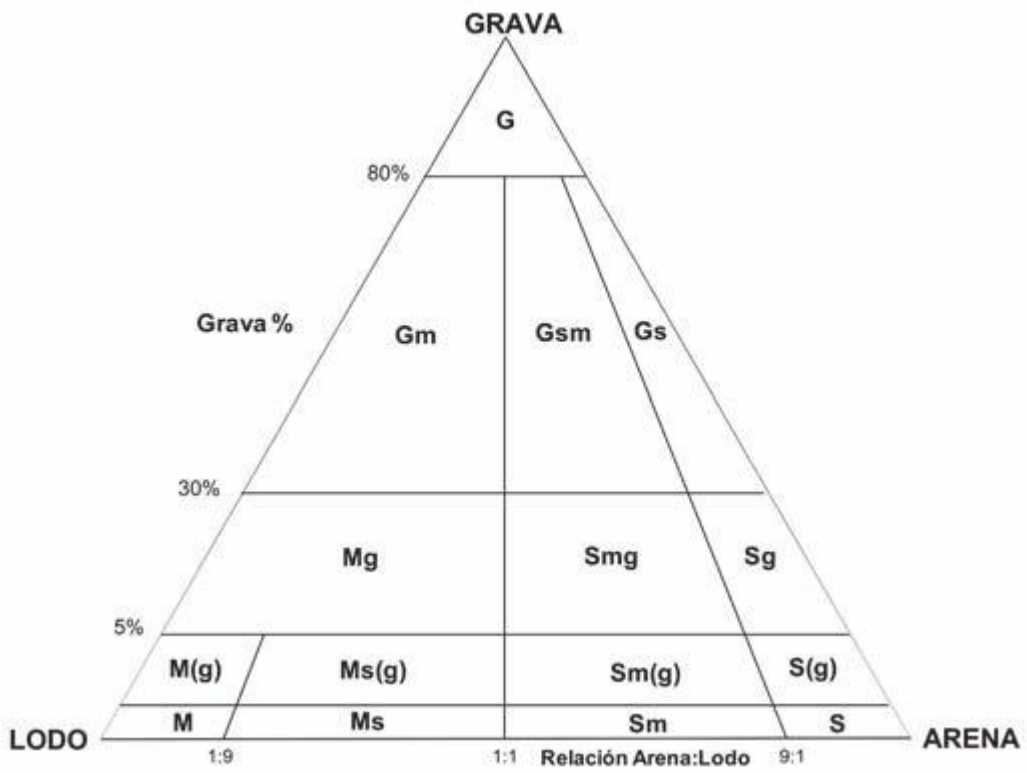
Wells, J. H. (1989). Placer examination: principles and practice (Vol. 4). US Department of the Interior, Bureau of Land Management, Phoenix Training Center.

ANEXOS

ANEXO 1: Cartilla de descripción de pozos

UBICACIÓN	Coordenada N-UTM WGS84			
	Coordenada E-UTM WGS84			
	Altura techo o sup s.n.m.a. (m)			
	Punto libreta terreno (geólogo)			
		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
PROFUNDIDAD	Desde (m)			
	Hasta (m)			
GRANULOMETRÍA ESTIMACIÓN VISUAL	T. Max (cm o m)			
	Bolones (% sobre 6,3 cm)			
	Grava (% 6,3 cm - 0,2 cm)			
	Arena (% 2 mm - 0,063 mm)			
	Fino (% bajo 0,063 mm)			
	Tamaño medio (moda en cm)			
Color (en estado natural)				
Forma Clasto (ang, subang, subre, re/esferico a plano)				
Consistencia/Compasidad (blando-duro/suelto-compactado)				
Composición de los clastos (monomíctico-polimíctico)				
Clasto-soportada o Matriz-soportada				
Estructura sedimentaria (homogéneo-heterogeneo con estructura)				
Grado de alteración (no alterada-alterada)				
Origen (fluvial, aluvial, coluvial, glacial, lacustre, etc)				
Materia orgánica, raíces (nada, escasa, alta)				
Simbolo grupo (Clasificación de Folk)				
MUESTRA	N#			
	Profundidad (rango en m)			
	Cantidad (kg o L)			
OBSERVACIONES SEDIMENTOLÓGICAS				
OBSERVACIOES VARIAS				

ANEXO 2: Triángulo de clasificación de sedimento de Folk (1954).



ANEXO 3: EJEMPLO DE CALCULOS

10.1 Ley de una muestra

Si tenemos una masa medida de 18,3 mg, un volumen de 200 L por muestra, un valor de esponjamiento de 1,15 y una tasa de recuperación de las arenas negras del 80%. Con esto, la ley será:

$$Ley = \frac{M(mg)}{V(L)} \times \frac{1000(L)}{(m^3)} \times \frac{1}{R} \times E$$

$$Ley = \frac{18{,}3\ (mg)}{200\ (L)} \times \frac{1000(L)}{(m^3)} \times \frac{1}{0{,}8} \times 1{,}15$$

$$Ley = \frac{18{,}3 \times 5 \times 1{,}15(mg)}{0{,}8\ (m^3)}$$

$$Ley = 131{,}53\left(\frac{mg}{m^3}\right)$$