

# EVALUACIÓN DEL POTENCIAL MINERO: UNA PRIORIDAD PARA ORDENAR EL PAÍS

Eder Villarreal & Italo Rodríguez

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41 - Perú. Tel 51-1-6189 800  
evillarreal@ingemmet.gob.pe; irodriguez@ingemmet.gob.pe

## INTRODUCCION

La evaluación de los recursos y potencial minero regional es la estimación de la aptitud de una gran área o zona y sus posibilidades para desarrollar la actividad minera; se basa para ello en las características geológicas, estructurales, geoquímicas, así como en evidencias de prospectos, proyectos y operaciones mineras, además de ocurrencias minerales y anomalías.

La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), es la encargada de la investigación básica sobre la ocurrencia, génesis, localización y distribución de los depósitos minerales metálicos y no metálicos, según lo menciona el Decreto Supremo N° 035-2007-EM y por lo antes mencionado, ha desarrollado el primer Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero para entre otros, identificar y evaluar los recursos minerales y determinar el potencial económico- minero , provee información básica para la realización de la Zonificación Ecológica y Económica –ZEE y el Ordenamiento Territorial-OT y constituye información fundamental para la promoción de las inversiones regionales y del Perú. Ruta para descargar el Manual:

[http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Transparencia/Disposiciones/RP\\_148\\_2013\\_Anexo2.pdf](http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Transparencia/Disposiciones/RP_148_2013_Anexo2.pdf)

## OBJETIVO

- Contar con un procedimiento que permita determinar el potencial minero de recursos metálicos y no metálicos a nivel regional.
- Asegurar que los mapas de potencial minero metálico y no metálico sean lo suficientemente representativos para mostrar la importancia económica del territorio, en base a variables debidamente ponderadas.

## FINALIDAD

- Disponer de información geológico-minera adecuadamente evaluada, que constituya la información básica para la elaboración de los estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y la Planificación del Ordenamiento Territorial (OT).

## METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL POTENCIAL MINERO DE UNA REGIÓN

La metodología consiste en identificar una serie de variables (capas de información) que van a aportar en la determinación del potencial; una vez identificadas y desarrolladas las variables, se procede a realizar la ponderación respectiva, la cual está basada en un proceso analítico jerárquico.

Para fines de evaluar el potencial minero metálico, y potencial minero no metálico, debemos considerar las siguientes variables (capas de información):





Variabes del potencial minero metálico	Variabes del potencial minero no metálico
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ CONCESIONES MINERAS</li><li>▪ DEPÓSITOS MINERALES METÁLICOS</li><li>▪ SENSORES REMOTOS</li><li>▪ ESTRUCTURAS (FALLAS)</li><li>▪ UNIDADES GEOLÓGICAS</li><li>▪ GEOQUÍMICA</li><li>▪ GEOQUÍMICA</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ LITOLOGÍA</li><li>▪ CANTERAS Y OCURENCIAS</li><li>▪ CONCESIONES MINERAS NO METÁLICAS</li><li>▪ SENSORES REMOTOS</li><li>▪ ACCESOS</li></ul>

Para establecer la calificación de las variables, se consideran cuatro grados o niveles: muy alto, alto, medio y bajo; con veintiún valores, en sucesión decimal del uno al tres (cuadro 1 y cuadro 2).

El territorio peruano presenta dos grandes rasgos morfoestructurales que están relacionados directamente con la presencia de mineralización metálica: el Orógeno Andino y la Llanura Amazónica. Consideramos con la calificación “bajo” a las unidades cartográficas que caen en esta última; así, la valoración de las unidades que caen en el Orógeno Andino, empiezan en el nivel “medio”.

GRADO O NIVEL	VALOR DE CADA NIVEL	UNIDAD CARTOGRÁFICA ASIGNADA PARA CALIFICAR
MUY ALTO	3	
	2.9	
	2.8	
	2.7	
	2.6	
ALTO	2.5	
	2.4	
	2.3	
	2.2	
	2.1	
MEDIO	2	
	1.9	
	1.8	
	1.7	
	1.6	
BAJO	1.5	
	1.4	
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1	

**Cuadro 1:** Matriz de Valorización

SIMBOLOGIA		
Grado o nivel	Area de influencia	RGB
Muy alto		217-120-140
Alto		255-127-74
Medio		152-230-0
Bajo		255-255-115

**Cuadro 2.** Escala de colores para cada grado

### ¿QUÉ ES EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (PAJ)?

El PAJ es una técnica que nos ayuda a obtener los pesos de importancia de cada variable mediante un ejercicio de comparaciones pareadas. Como su nombre lo dice, las comparaciones son realizadas entre los pares de las variables, lo que conlleva a preguntarse en el análisis: ¿cuál de las dos variables es la más importante?

El PAJ consiste en una ponderación de atributos, que permita:

- Desarrollar una estructura jerárquica.
- Realizar comparaciones pareadas.
- Obtener pesos de importancia (función de valor).
- Estimar el índice de consistencia.

Estas comparaciones se realizan en una escala por diferencial semántico de 1 a 9. La preferencia de valor 1 indica igualdad entre las variables, mientras que el valor de 9 indica que una variable es nueve veces más grande o más importante con respecto a la que está siendo comparada. En el cuadro 3, se observa el fundamento de cada valor asignado a las comparaciones de las Matrices de Comparaciones Pareadas del Potencial Minero Metálico y No Metálico.

COMPARACIÓN	EXPLICACIÓN	
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento frente que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.

**Cuadro N°3:** MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS: Fundamento por cada valor asignado a dichas comparaciones. Los valores 2, 4, 6 y 8 suelen utilizarse en situaciones intermedias.

Para calcular los pesos de los atributos, se realiza una serie de operaciones, teniendo como resultado la obtención de los pesos de la matriz. Los atributos tienen diferente importancia, por lo que es necesario determinar el peso relativo de cada uno, denominado Ponderación de Atributos. Véase Cuadros N°4 y 5.

Atributo	Depósitos Minerales Metálicos	Unidad Geológica	Concesiones Mineras Metálicas	Geoquímica	Fallas	Sensores Remotos
Unidad Geológica	1	5	6	7	8	9
Concesiones Mineras	1/5	1	3	5	8	9
Fallas	1/6	1/3	1	3	6	7
Depósitos Minerales Metálicos	1/7	1/5	1/3	1	3	3
Geoquímica	1/8	1/8	1/6	1/3	1	2
Sensores Remotos	1/9	1/9	1/7	1/3	1/2	1

**Cuadro N°4.-** Comparaciones entre pares de variables de la Matriz de las Comparaciones Pareadas del Potencial Minero Metálico.

Los pesos relativos son una expresión matemática que se utiliza para normalizar los valores de una variable. Se usan para evaluar una determinada condición en función de los requisitos de una actividad.

Luego, se procede a la estimación del **Índice de Consistencia**, mediante la siguiente fórmula:

$IC = (\lambda - n) / (n - 1)$ . Siendo “n” = número de atributos y “lambda” = suma de vectores de consistencias / n.

Enseguida se calcula la **Proporcionalidad de Consistencia (PC) = Índice de consistencia (IC) / Índice de aleatoriedad.**

Realizando los cálculos, se van a obtener resultados en la Matriz de Comparaciones Pareadas del Potencial Minero Metálico: **Proporción de Consistencia 0.089 < 0.100 en Recursos Metálicos.**

De igual manera, se procede a calcular la Matriz de Comparaciones Pareadas del Potencial Minero No Metálico (Ver cuadro N°6).

ATRIBUTO	PESO
Litología	0.515
Canteras y Ocurrencias	0.243
Concesiones Mineras	0.146
Sensores Remotos	0.066
Accesos	0.031

**Cuadro N°7.-** Ponderación de Variables o Atributos del Potencial Minero No Metálico.

$PC < 0.10$ , esto indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. Si fuera  $PC > 0.10$ , indica inconsistencia en los juicios, en un caso así se deben reconstituir la matriz. Finalmente, después de realizar una serie de ejercicios de ponderación (Ver cuadros 7 y 8).

Atributo	Peso
Unidad Geológica	0.481
Concesiones Mineras	0.239
Fallas	0.145
Depósitos Minerales Metálicos	0.069

**Cuadro N°5.-** Ponderación de Variables o Atributos del Potencial Minero Metálico.

Atributo	Litología	Canteras y Ocurrencias	Concesiones Mineras	Sensores Remotos	Accesos
Litología	1	3	5	7	9
Canteras y ocurrencias	1/3	1	3	6	8
Concesiones Mineras	1/5	1/3	1	5	6
Sensores Remotos	1/7	1/6	1/5	1	3
Accesos	1/9	1/8	1/6	1/3	1

**Cuadro N°6.-** Comparaciones entre pares de variables de la Matriz de las Comparaciones Pareadas del Potencial Minero No Metálico.

Procesando el cálculo en la Matriz de Comparaciones Pareadas del Potencial Minero No Metálico, se tiene:

**Proporción de Consistencia 0.085 < 0.100 en Recursos No Metálicos.**

Hay que señalar que si tenemos un valor de Proporción de Consistencia (PC)



**Cuadro N°8:** Resultado de la Ponderación

## GENERACIÓN DEL MAPA DE POTENCIAL MINERO METÁLICO

Una vez obtenidos los valores de las variables o atributos, se procede a realizar el mapa del potencial minero metálico, ponderando en cada uno de los mapas, en formato “raster“, las variables o atributos que hemos señalado para el potencial minero metálico y no metálico.

Entonces aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Potencial Minero} = (\text{Variable1*Peso1}) + (\text{Variable2*Peso2}) + (\text{Variable3*Peso3}) + (\text{Variable4*Peso4}) + (\text{Variable5*Peso5}) + (\text{Variable6*Peso6})$$

Variable 1 = Unidad geológica.

Variable 2 = Concesiones mineras.

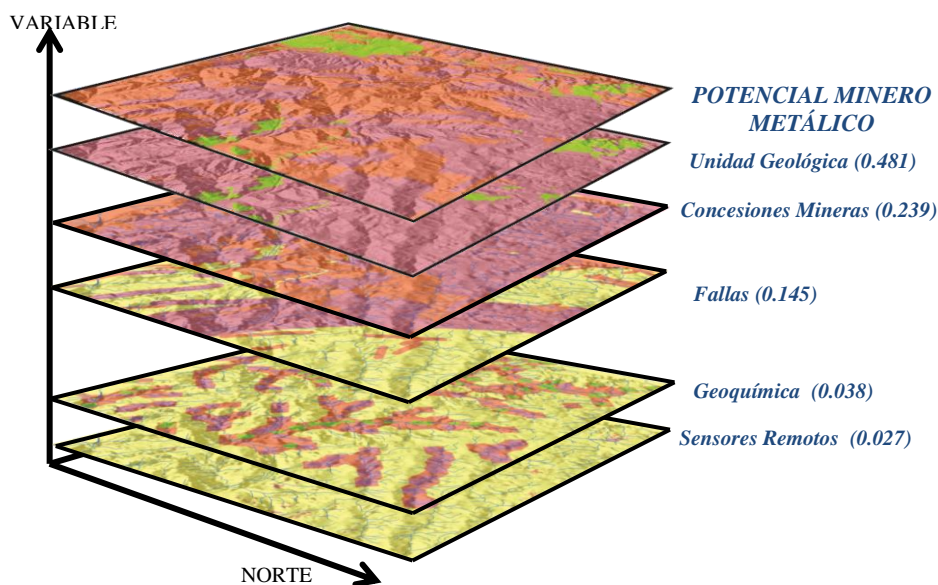
Variable 3 = Estructural.

Variable 4 = Depósitos minerales metálicos.

Variable 5 = Geoquímica.

Variable 6 = Sensores remotos.

La ponderación de variables o atributos, cada una de ellas será multiplicada por el peso definido en el proceso analítico jerárquico (ver cuadro 4). Luego de que cada mapa es ponderado, estos nuevos raster se sumarán, obteniéndose de esta manera una capa raster en el procesamiento en ArcGis, la cual corresponde al mapa de potencial minero metálico.



*Figura N°11: Por ejemplo, resultado de las Funciones de Valor: Potencial Minero Metálico del Cuadrángulo de Cajabamba (16-g).*

## REFERENCIAS

1. Chira, J., Villareal, E; Vargas, L; Rodríguez, I; Huanacuni, D; Acosta, J; Zuloaga, A; Díaz, A; Ramírez, J; Carpio, M; Chirif, H;(2013) Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero, págs. 1-68