



Comisión Calificadora de
Competencias en Recursos
y Reservas Mineras

TALLER RESULTADOS DE EXPLORACIÓN Y CLASIFICACION DE RECURSOS

ACERCAMIENTO A LA ECONOMIA MINERA

MINAS DE COBRE, ORO Y PLATA

José Miguel Carrera

Ingeniero Civil de Minas

Consultor y Fundador de JMC y Asociados y Caizer Ltda.



Contenido

1. Introducción
2. Información Básica para Desarrollar Flujos de Caja
3. Indicadores Económico-Financieros
4. Interacción entre la TIR y el Precio de Compraventa de un Proyecto
5. Valorización de un Proyecto o Empresa Mediante Flujos de Caja
6. Valorización de Yacimientos (Pertenenencias)
7. Valorización de Activo Físico
8. Valorización de una Empresa en Funcionamiento

1. Introducción

Ramas de la Ingeniería de Minas

- Mecánica de Rocas
- Explotación Subterránea de Minas
- Explotación a Cielo Abierto de Minas
- Diseño y Operación de Plantas de Flotación
- Diseño y Operación de Plantas de Lixiviación
- Diseño y Operación de Plantas de Electrowinning
- Diseño y Operación de Fundiciones
- Diseño y Operación de Refinerías
- Ingeniería del Petróleo
- **Ingeniería Económica Minera**

2. Información Básica para Desarrollar Flujos de Caja

Flujo de Caja es retrato anticipado del probable devenir de la empresa. Hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero de la empresa para pagar sus deudas.

Temas que se deben considerar para su realización:

a) **Reservas, recursos, tonelajes y leyes:**

Reservas: mineral o minerales que pueden explotarse con beneficio económico, con la tecnología actual, considerando los parámetros económicos, sociales, ambientales, etc; exigidos en el presente.

$$\text{RESERVAS} = \text{RECURSOS} + \text{PLAN DE EXLOTACION}$$

$$\text{RESERVAS} = \text{RECURSOS EXTRAIBLES}$$

Recursos: incluye tanto a las reservas como aquellas partes del yacimiento que pueden llegar a ser eventualmente aprovechables o bien que no son técnica y/o económicamente extraíbles en la actualidad. Se clasifican según la certeza de su existencia en *medidos*, *indicados* e *inferidos*.

A la suma de los tonelajes medidos e indicados se le denomina **recursos demostrados** y son aceptados en la confección de documentos bancables.

El mineral que se explota debe tener una ley igual o superior a la ley de corte que corresponde a la ley mas baja que puede tener el mineral para ser extraído con beneficio económico.

b) **Morfología:** Forma del Yacimiento, Emplazamiento, Calidad Mecánica, etc. Estimación de **Dilución**.

c) **Método de Explotación Minera:** ¿Open Pit y/o Mina Subterránea?

- b) **Procesamiento**: Flotación, Lixiviación, Separación Gravitacional, Estimación de Recuperaciones, Estudios de Granulometría, Estudios Mineralógicos, Estudios de Recuperación.
- c) **Depreciación**: Tasa Anual de Depreciación, ¿igual para todos los ítems?
- d) **Amortización**: Tasa Anual de Amortización, ¿igual para todos los ítems?
- e) **Impuestos**: si hay exención de impuestos. ¿es permanente o tiene un plazo?
- f) **Regalías**: es el pago que una persona o empresa hace al dueño de la concesión minera de explotación para usufructuar de los minerales contenidos en la concesión.
- GROSS ROYALTIES: sobre los ingresos brutos, es un porcentaje de los ingresos brutos que genera el proyecto, no es muy usada, se puede llegar a valores desestimulantes.
 - NET PROFITS INTEREST, definida como un porcentaje de las utilidades netas de un proyecto.
 - NET SMELTER RETURN, que se define como un porcentaje de los ingresos brutos menos los cargos por fundición, refinado y a menudo transporte. Es la más usada con valores entre 2 y 5% para el cobre y alrededor de 3,5% para el oro.
- i) **Regulaciones Ambientales**: Importancia en la estimación del costo de cierre
- j) **Campamento**: ¿se construirá o el personal vivirá en alguna localidad cercana?
- k) **Infraestructura, Construcción de Caminos, Energía Eléctrica, Aducciones de Agua, etc.**
- l) **Derechos de Agua**

3. Indicadores Económico-Financiero

Herramientas que permiten visualizar las bondades o deficiencias de un proyecto

Período de Recuperación de la Inversión (PRI): mide el número de años que una empresa necesita para recuperar la inversión original a partir de los flujos netos efectivos.

Valor Actual Neto (VAN): Corresponde al valor actual de los flujos futuros del proyecto, los cuales se actualizan utilizando la **Tasa de Descuento**, es aquella tasa mínima requerida por el inversionista o costo de oportunidad del capital menos el costo inicial de desembolso del proyecto.

$$VAN = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{F_n}{(1+i)^n} - Inversión\ inicial$$

donde: F_n : Flujo Neto en el año n
n: Vida Útil del Proyecto
i: Tasa de Descuento

Un valor del VAN igual a cero no significa que no se gane dinero, sino que se iguala la rentabilidad del proyecto a la de otra alternativa de inversión que posea una tasa de descuento igual a aquella con que fue determinado el VAN.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Este indicador señala el valor que debe tener la tasa de descuento para que el VAN sea igual cero. Es un indicador de la rentabilidad del proyecto, y mientras más alto resulte su valor, mayor es la rentabilidad que nos puede entregar la iniciativa productiva. La TIR es igual al valor resultante para i.

$$\sum \frac{F_n}{(1+i)^n} - Inversión\ inicial = 0$$

3. Indicadores Económico-Financiero

Tasa de Rendimiento o Razón Beneficio-Costo: Corresponde al valor actual de los flujos de efectivos previstos, dividido por la inversión inicial. La tasa de rendimiento se calcula de la siguiente manera:

$$T_r = VA/I$$

donde:

VA: Valor Presente de los Flujos del Proyecto

I :Monto de la Inversión

Este indicador tiene el siguiente criterio, se debe aceptar todos los proyectos con una T_r mayor a 1 porque el valor actual (VA) es mayor que la inversión inicial (I), y por lo tanto, el proyecto tiene un valor neto positivo, es decir al realizarlo se va a crear valor .

Precio de Equilibrio: Es aquel precio del metal para el que al sustituirlo en el flujo de caja hace el VAN igual a cero. Esto nos indica hasta cuánto podría bajar el precio del metal y que el proyecto siga siendo viable. Lo mismo se puede hacer con la ley del metal.

3. Indicadores Económico-Financiero

Ventajas

- PRI → Es fácil de calcular y puede ser usado como indicador de riesgo.
- VAN → Reconoce el valor del dinero en el tiempo, depende únicamente de los flujos de caja previstos y del costo de oportunidad del dinero y se miden en dinero de hoy, por lo tanto, es posible sumarlos.
- TIR → Indica la rentabilidad del proyecto.
- VA / I → Es un buen indicador de la rentabilidad de los montos desembolsados.

Desventajas

- PRI → No considera los ingresos recibidos después del período de recuperación y castiga los proyectos que maduran en el largo plazo.
- VAN → Debe estimarse el valor de la tasa de actualización.
- TIR → Entrega señales confusas si hay flujos de caja positivos seguidos de flujos negativos, a veces tiene más de un valor y en otras ninguno, en proyectos mutuamente excluyentes puede dar orientaciones engañosas, y las tasas de interés a corto plazo pueden ser distintas a las de largo plazo.
- VA / I. → Debe estimarse el valor de la tasa de actualización y puede ser erróneo cuando se debe elegir entre inversiones mutuamente excluyentes.

La mayor dificultad para la confección de estos modelos radica, la mayoría de las veces, en conocer los valores más acertados de los costos explotación y las inversiones.

4. Interacción entre la TIR y el Precio de Compraventa de un Proyecto

Para aclarar relación entre la Tasa Interna de Retorno y el Precio de Compraventa de un proyecto, supóngase que se posee un yacimiento con reservas demostradas y un proyecto de factibilidad terminado, que tiene una TIR de 30%, la que proviene de una serie de flujos de caja como los siguientes:

Año 0	Año 1	Año 10
-1381	421	421

Si un inversionista desea comprar el proyecto, en su flujo de caja, el flujo negativo del año 0 deberá ser disminuido (matemáticamente) en el precio de compra con signo negativo, por ejemplo, si el precio de compra es de 300, los flujos para el inversionista serán:

Año 0	Año 1	Año 10
1681	421	421

4. Interacción entre la TIR y el Precio de Compraventa de un Proyecto

La TIR será ahora de 21,5%, si el inversionista considera que es razonable tener una TIR de 21,5%, encontrará que el precio de 300 es razonable, y el negocio se llevará a cabo.

Se puede entonces confeccionar una Tabla Precio de Compraventa v/s TIR para el comprador, tal como sigue

Precio de Compraventa	TIR para el Comprador (%)
100	25,5
200	23,4
300	21,5
400	19,7
500	18,2
600	16,7
700	15,4

Y el precio de la compraventa resultará de una negociación en la que estará en juego un precio mínimo aceptable para el vendedor y una TIR mínima aceptable para el comprador.

Lo anterior significa que si el inversionista no acepta proyectos con una TIR inferior a 20%, y el vendedor no acepta un precio menor de 600, no habrá posibilidad de trato; para que haya negocio, el comprador deberá bajar sus expectativas a cerca de 17% para la TIR, o el vendedor deberá bajar el precio a poco más de 300, o bien ponerse de acuerdo en una posición intermedia.

5. Valorización de un Proyecto o Empresa mediante Flujos de Caja

Para valorizar un proyecto o empresa mediante flujos de caja se debe correr muchos flujos de caja, variando las características más relevantes tales como **precio del metal**, **recuperación metalúrgica**, **costo unitario de explotación**, etc; ósea las variables más significativas que pueden afectar los indicadores económico-financieros del proyecto o empresa.

Para obtener un valor de los indicadores que sea representativo del conjunto de valores obtenidos se recurre frecuentemente al diseño de un polinomio de decisión. Se obtiene valores únicos de los indicadores, promediándolos. Por ejemplo los VAN, obteniéndose así:

Para el precio del metal:	Valor Actualizado Neto	<small>Precio del Metal</small>	= 20.000
Para la recuperación metalúrgica:	Valor Actualizado Neto	<small>Recuperación Metalúrgica</small>	= 21.000
Para el Costo de Explotación:	Valor Actualizado Neto	<small>Costo de Explotación</small>	= 19.500

A continuación se define factores de importancia para las variables, estos factores deben ser entre 0 y 1 y la suma de ellas debe ser iguala 1.

$$\begin{aligned} \text{Precio del Metal} &= 0,45 \\ \text{Recuperación Metalúrgica} &= 0,25 \\ \text{Costo de Explotación} &= 0,3 \end{aligned}$$

Y el polinomio de decisión queda como:

$$\text{Valor Actualizado Neto} = 20.000 \cdot 0,45 + 21.000 \cdot 0,25 + 19.500 \cdot 0,3 = \mathbf{20.100}$$

Lo mismo se puede hacer para otros indicadores económico financieros.

6. Valorización de Yacimientos (Pertenencias)

La práctica usualmente aceptada para evaluar pertenencias mineras consiste en valorizar las reservas que contienen.

Para calcular los respectivos valores de las pertenencias se tomará en cuenta cual es el precio que el mercado ha pagado por unidad de metal recuperado.

La fórmula es, suponiendo pertenencias de cobre:

$$VP = MP \cdot (L_{Cu} \cdot P_{Cu} \cdot R_{Cu} \cdot PP_{Cu})$$

En donde:

VP = Valor de la pertenencia en US\$.

MP = Total de mineral a planta en toneladas.

L_{Cu} = Ley de cobre en libras / tonelada de mineral.

P_{Cu} = Precio del cobre en el largo plazo en US\$ / libra.

R_{Cu} = Recuperación metalúrgica del cobre en $^{\circ} / 1$.

PP_{Cu} = Porcentaje de cobre pagado, expresado en $^{\circ} / 1$.

6. Valorización de Yacimientos (Pertenenencias)

Cuando no hay reservas en las pertenenencias, su valor sería nulo. Este criterio tan drástico es el criterio de los bancos, y parece que no es justo que pertenenencias que tienen evidencias ciertas de un nivel de mineralización como afloramientos, muestreos superficiales, zanjas, laboreos, etc. sean menospreciados porque no tienen un cálculo de recursos, lo que parece más justo en este caso es solicitar a un geólogo experimentado que proyecte el **potencial razonable** que pueden tener las pertenenencias, es decir, **que tonelaje y ley podría ser razonable encontrar en ellas y una probabilidad que así ocurra**. Normalmente se considera una probabilidad entre 0,3 y 0,5.

Una vez obtenida estas suposiciones se procede como si fueran reservas y se multiplican por la probabilidad.

Lo anterior es un procedimiento que parece más justo tanto para el comprador como para el vendedor, no obstante hay que reconocer que puede tener obstáculos sobretodo del lado de vendedor, ya que en este tipo de transacciones el vendedor no puede alegar lesión enorme, si después el mineral encontrado es mucho mayor, por eso lo más sensato sería un pago inicial bajo según el procedimiento anterior y regalías a lo largo de la explotación.

7. Valorización de Activo Físico

Para valorizar el activo físico de una empresa, vale decir equipos, plantas, etc. es preciso contar con el **Listado de Activos** y multiplicar el valor de un equipo nuevo o grupos de equipos por un factor menor a 1, que el Consultor deberá ponderar tomando en cuenta: *tiempo de uso, regularidad de la mantención, demanda del mercado y otras consideraciones específicas.*

También se puede valorizar equipo por equipo, promediando el valor del equipo nuevo y su valor de salvataje u otra relación que el Consultor considere adecuada..

Valor del Equipo Nuevo, se debe incluir transporte, montaje y otros gastos conexos.

Valor de Salvataje, se considera: vida útil teórica, valor unitario del equipo nuevo incluido montaje y otros gastos conexos, antigüedad que se atribuye a la utilización del equipo.

Factor de Mercado, además de las condiciones de mercado en un momento indicado, es muy relevante la calidad de la mantención, si ésta es muy buena se le da un valor en torno a 0,8; si se supone mantención regular se le da un valor en torno a 0,5.

El cálculo del valor de rescate unitario se hace por la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Rescate Unitario} = \text{Valor Unitario}_{\text{Equipo Nuevo}} \cdot \text{Factor de Mercado} \cdot 0,1^{\text{Antigüedad/Vida Util Teórica}}$$

8. Valorización de una Empresa en Funcionamiento

Una empresa en funcionamiento se puede dividir en dos partes: pertenencias con reservas determinadas y activos físicos.

Las pertenencias se pueden valorar según 6 y los activos físicos según 7, la suma de ambos será el valor de la empresa.

Normalmente, de acuerdo al criterio del evaluador, se agrega un premio entre 0 y 35% a la valorización por temas coyunturales, como ser posicionamiento de la empresa en el mercado, posibilidades de expansión, ingreso a la bolsa, etc.

ACERCAMIENTO A LA ECONOMIA MINERA

MINAS DE COBRE, ORO Y PLATA

José Miguel Carrera

Ingeniero Civil de Minas

Consultor y Fundador de JMC y Asociados y Caizer Ltda.

