

## El ratio de descuento y el rol del riesgo en la toma de decisiones en minería

Alí Ivan Meres Vargas<sup>1</sup>, Juan Manuel Mansilla Olivas<sup>2</sup>, Fernando Enrique Sagastegui Ayala<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Astay Systems, Lima, Peru (ameres@astay.pe)

<sup>2</sup> Astay Systems, Lima, Peru (jmansilla@astay.pe)

<sup>3</sup> Astay Systems, Lima, Peru (fsagastegui@astay.pe)

### 1. Abstract

La literatura existente sobre la evaluación de proyectos mineros es vasta, y sigue un principio que rige nuestra forma de hacer minería hasta ahora: Hay que considerar el riesgo en la toma de decisiones, dado que las condiciones donde se desarrolla esta industria no son constantes en el tiempo. Sin embargo, la forma en cómo se aborda este punto es un tema que ha sido revisado exhaustivamente, dejando en claro la existencia de posturas sobre la inclusión o no de los riesgos del proyecto como parte de su costo de capital y, finalmente, en el ratio de descuento con que se evalúa.

En el presente documento, los autores realizan una revisión de la literatura existente sobre el rol del riesgo y su inclusión en el ratio de descuento. Además, resaltan los principales riesgos que posee un proyecto minero y como estos varían de acuerdo con la etapa en el que se encuentra. Seguido a ello, se propone una forma de cuantificar un factor de ajuste a raíz de estos riesgos; de modo que, se pueden incluir en una metodología de evaluación que permita considerarlos dentro del proceso de toma de decisiones.

### 2. Costo ponderado de capital (WACC)

Un proyecto minero se financia, en la mayoría de los casos, con una combinación de deuda y el capital propio de los accionistas (equity en adelante). Deuda se refiere al dinero que puede ser obtenido con préstamos bancarios o la emisión de bonos corporativos. Equity, en cambio, es el dinero que proviene de los propios accionistas para la puesta en marcha del proyecto. Así, el Costo Ponderado de Capital (WACC por sus siglas en inglés) es la combinación de las fuentes de financiamiento junto al costo de cada una de ellas.

$$WACC = w_d \cdot k_d \cdot (1 - t) + w_e \cdot k_e$$

Donde:

$k_e$  es el costo del *equity*,  $w_e$  es el peso ponderado del *equity*.

$k_d$  es el costo de la deuda,  $w_d$  es el peso ponderado de la deuda.  $t$  es la tasa de impuesto

Más allá de las fórmulas, el WACC es el mínimo ratio en los que los flujos de caja deberán ser descontados. Esto con la intención de reflejar un retorno mínimo de la inversión, el cual debe ser por lo menos equivalente al costo asociado al financiamiento. De esta manera, interpretar el rol de WACC en la metodología del flujo de caja descontado (DCF, por sus siglas en inglés) es bastante simple: un mayor WACC (léase financiamiento más caro) hace que el valor de los flujos de caja, al traerlos al presente, sea menor, resultando en un valor presente neto (NPV) menor. En cambio, un menor WACC (financiamiento más barato) hace que el valor de los flujos de caja, al traerlos al presente, sea mayor, resultando en un NPV mayor.

Por otro lado, es importante señalar que el costo de oportunidad de la deuda se obtiene a partir de como la entidad prestadora haya evaluado el proyecto. En cambio, el costo de oportunidad del equity requiere de un análisis más exhaustivo; debido a la complejidad que representa materializar las expectativas de los accionistas en montos acorde al mercado y al riesgo del proyecto.

### 3. Principales riesgos de un proyecto minero

Park (2012) plantea un algoritmo que resume los principales riesgos de un proyecto minero y como clasificarlos a fin de tener una visión integral de estos. En la actualidad, contamos con análisis de empresas consultoras que señalan los principales riesgos de las compañías mineras más grandes del mundo. Si bien los detalles que involucran riesgos que posee un proyecto minero está fuera del alcance del presente documento, la literatura reconoce los siguientes como los más importantes:

### 3.1 Riesgo geológico

El componente geológico hace que la evaluación de proyectos mineros sea diferente al de otras industrias. La geología define la localización del depósito mineral, las propiedades físicas y químicas del depósito, si este puede ser minado de una manera segura, y si es económicamente viable su explotación en escalas acorde a la política de la empresa. (Rendú, 2017)

El descubrimiento de depósitos con valor económico es el desafío inicial de las empresas de exploración. Considerando la baja probabilidad de éxito (en la mayoría de los casos muy baja) el alto nivel de recompensa por el logro es el principal atractivo. Una vez descubierto el depósito, las fases siguientes incurren en un gasto significativo para determinar el valor económico de este. En este punto, toda información recolectada sobre el depósito, y zonas circundantes a este, será fundamental dentro del proceso de toma de decisiones.

Son tres los aspectos más importantes de la información geológica:

- ✓ Deben ser medidas y registradas cumpliendo estándares que permitan asegurar la calidad de la información.
- ✓ Pueden variar en el espacio donde se encuentra. Un depósito mineral rara vez es completamente uniforme en tamaño y calidad.
- ✓ Son fijos en el tiempo; ya que, las condiciones geológicas toman gran cantidad de tiempo en modificarse.

### 3.2 Riesgo soberano o riesgo país

Hablar de riesgo soberano, o riesgo país, es referirse a factores propios del lugar donde se encuentra el proyecto minero. Estos factores incluyen, mas no se limitan, a la estabilidad civil, políticas económicas, liderazgo y estabilidad política, política tributaria, entre otros factores.

Smith (1995) clasifica estos riesgos en cuatro grandes categorías: el riesgo político, riesgo geográfico (el cual incluye factores como la infraestructura y el clima), riesgo económico y riesgo social.

Todos estos riesgos se capturan y cuantifican mediante índices de crédito generados por agencias como Moody's, Standard and Poor's y Fitch Group. La elección de uno u otro índice dependerá de la política empresarial.

### 3.3 Riesgo técnico

Los riesgos técnicos involucran, mas no se limitan, a factores como:

- ✓ Selección de ratios de producción.
- ✓ Precios unitarios.
- ✓ Construcción de infraestructura necesaria del proyecto.
- ✓ Influencia de la dilución, recuperación, eficiencias de minado y cambios operativos.

Indudablemente, los riesgos técnicos varían tanto en el tiempo y en el espacio. En el tiempo, debido a diversos factores y etapas del proyecto que hacen que estos riesgos varíen hacia valores propios de un escenario más optimista o pesimista; asimismo, en espacio, dado que, por ejemplo, los costos de carguío y acarreo dependerán de la ubicación del material que se esté extrayendo.

De acuerdo con lo descrito, la mayoría de los diversos riesgos tienden a variar en el tiempo. Esto como consecuencia de las variaciones del mercado, una mejor comprensión del depósito junto a otros *key drivers* que afectan la toma de decisiones. De esta manera, se hace necesario reflexionar sobre el uso de un único ratio de descuento durante la evaluación del proyecto en las diferentes etapas que irá a desarrollar.

## 4. El impacto del riesgo del proyecto en la tasa de descuento

Un asunto controversial en la evaluación de proyectos mineros es identificar la forma "más adecuada" de incorporar los factores de riesgo como parte de la evaluación. La literatura indica que incluir el riesgo en el costo del equity, no es igual al análisis de los riesgos del proyecto dentro del cálculo de su NPV. Esto se basa en el hecho que un incremento del costo del equity resultará en un incremento del WACC, subvaluando el proyecto en cuestión. De esta manera, es también válido en considerar los impactos de los riesgos inherentes del proyecto de forma separada del cálculo del WACC.

### 4.1. Impacto del riesgo en las etapas del proyecto minero

Cada etapa de un proyecto minero posee un nivel de riesgo diferente. Esto se debe, en mayor medida, a que cada etapa va agregando más información sobre los "*key drivers*" del proyecto. La

Figura 1 nos ayuda a mostrar como el valor del proyecto va reduciendo su variabilidad en cuanto este va superando etapas. Esta reducción se logra trabajando en las fuentes claves de riesgo y poniendo en valor la incertidumbre de las variables en la toma de decisión.

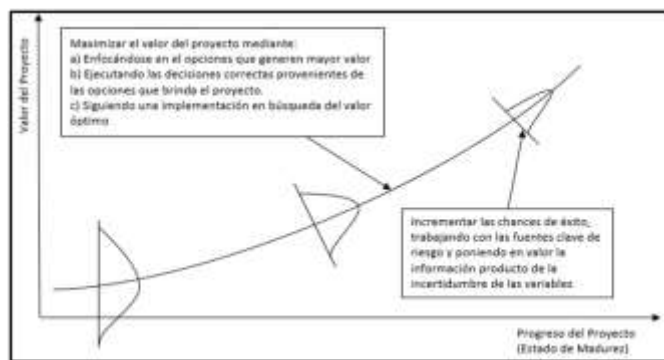


Figura 1: Incremento del valor del proyecto a través del progreso de éste. Adaptado de: "Application of Value Engineering Principles to Mining Studies", por Schrimpf & Bryan (2012)

Más información relacionada al proyecto también genera un sinceramiento de las expectativas del riesgo inherente afectando su valorización. Si el proyecto se encuentra en fase de exploración, el riesgo geológico será mayor; dado que se tiene limitada información sobre la calidad y volumen del yacimiento. Esta incertidumbre genera que el costo del financiamiento sea mayor, lo que produce una restricción al acceso del capital requerido para continuar con los estudios necesarios previos a la operación.

Superada la fase de estudios, el enfoque tradicional sugiere un ratio de descuento fijo en el tiempo aún cuando el proyecto se encuentra ya operando. Es decir, el costo de la deuda va a seguir siendo considerado más allá del horizonte de tiempo correspondiente a la deuda en sí. Este suceso ha sido estudiado por Lilford *et al* (2018), donde muestra el impacto de no considerar adecuadamente la deuda dentro del flujo de caja; asimismo, el utilizar solo un valor de ratio de descuento como parte de la evaluación integral del proyecto.

Lilford *et al* (2018) indica que el equity en una mina en operación, es mayor en proporción a la deuda tomada cuando la mina se encontraba como proyecto. Este cambio en el financiamiento hace que el ratio de descuento varíe en el tiempo. El impacto de este enfoque plantea; además, una nueva manera de realizar la evaluación de un proyecto minero. Este deberá darse mediante una mirada integral del financiamiento del proyecto no

solo en su etapa de estudios, sino también cuando el proyecto sea una mina ya operando, e incluso se encuentre realizando el cierre correspondiente.

## 5. Metodología propuesta.

El riesgo de un proyecto minero ha demostrado tener un impacto en el ratio de descuento con el que se evalúa a través de sus distintas etapas. Smith (1995) fue uno de los pioneros en indicar que para proyectos en fase de exploración correspondería un nivel de riesgo del 20%, para proyectos de prefactibilidad alrededor de 15%, en casos de factibilidad 10%, finalmente, en una mina en operación tendría valores entre 5% y 8%. (Figura 2)

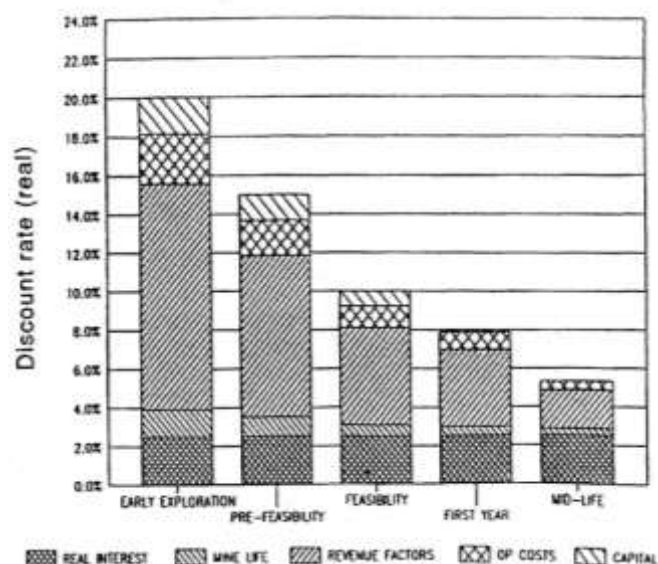


Figura 2: Tasas de descuento para un proyecto minero, según sus diversas etapas. Tomado de "Discount rates and risk assessment in mineral project evaluation" por Smith (1995)

Este enfoque ha sido avalado por autores como Davis (1995), Taheri et al (2009), Anderson (2000) y Tajirian (1997) donde señalan que la tasa de descuento, con la que se evalúa el proyecto, es el resultado del WACC junto a una prima del riesgo inherente a este; en cambio, autores como Sorentino (1994), Espinoza y Rojo (2017) indican que se debería considerar el impacto del riesgo como un flujo negativo adicional luego de impuestos.

Jones y Lilford (2019) plantea un enfoque diferente: considerar el impacto del riesgo separado al costo de capital (WACC). Así, se tendrán flujos independientes tanto al financiamiento del proyecto y el impacto de los riesgos inherentes a este. El enfoque plantea el uso del NPV de riesgo, el cual es la resta del resultado del valor obtenido descontando los flujos del proyecto a tasa WACC

con los flujos descontados a la denominada tasa de ajuste de riesgo (RADR por sus siglas en inglés).

$$NPV_{risk} = \sum (DCF_{WACC}) - \sum (DCF_{RADR})$$

$$NPV_{risk} = Valor_{WACC} - Valor_{RADR}$$

Definir un RADR depende de la política empresarial de quienes toman la decisión de continuar con el proyecto. Esta tarea suele ser complicada de realizar por las diversas metodologías que existen, cada una con sus ventajas, supuestos y limitaciones para su uso. Sin embargo, los autores han implementado una metodología a partir de los estudios desarrollados por Park (2012). De esta manera, el cálculo del NPV de riesgo tendrá un enfoque más certero al momento de considerar el riesgo del proyecto que se viene evaluando.

## 6. Caso Projectosa S.A

Projectosa S.A es una empresa minera que tiene a su disposición el proyecto Veta Karen (en adelante, El Proyecto) el cual se encuentra en exploración. El Proyecto está ubicado en la región norte del Perú y está contemplado para la explotación de minerales que contienen plomo, zinc y plata. Como parte de la evaluación se estimó un CAPEX inicial de USD 2.75 millones para un ritmo de producción de 115,000 Tn/año y un periodo de explotación de 10 años.

El proyecto tiene un NPV de USD 637,717 a una tasa de descuento de 10% y un TIR de 16%. (Figura 3). Es importante mencionar que la empresa cumple el rol de pequeño productor minero, por lo que no se contempla el costo de procesamiento en la evaluación. De esta manera, todo el material producido será vendido a un precio flat de 20 USD/Tn, lo que garantiza la continuidad de los ingresos durante la vida del proyecto; sin embargo, esto pone un gran énfasis en los costos de operación para poder generar la rentabilidad esperada por la empresa.

Las condiciones actuales de El Proyecto establecen un marco referencial sobre sus riesgos. Actualmente, este se encuentra en exploración con un nivel limitado en cuanto cantidad y calidad de información. Sumado a esto, existen fuertes restricciones para la toma de deuda por parte de Projectosa S.A, lo que exige un control de costos y gastos exigente para un inicio de operaciones viable. Lo mencionado son inputs suficientes y necesarios para considerarlos en la evaluación de

su viabilidad; su inclusión se realizará de acuerdo con la metodología desarrollada por los autores.

Así, el objeto de estudio es determinar cómo el nivel del riesgo de El Proyecto genera un cambio en su NPV. De acuerdo con Jones y Lilford (2019), se procedió según lo descrito en la Figura 4. Los flujos de caja generados han sido descontados en primera instancia a tasa WACC para obtener el Valor<sub>WACC</sub> de USD 3.3 millones. Seguidamente, mediante un RADR de 3.0% (obtenido a partir de la metodología desarrollada por los autores) se obtuvo el Valor<sub>RADR</sub> de USD 3.0 millones.

Finalmente, el NPV<sub>risk</sub> resultante es equivalente a USD 381,238.

## 7. Interpretación de Resultados

El NPV<sub>risk</sub> generado indica que más de la mitad del NPV del proyecto estará comprometido si no se gestionan los riesgos de una manera eficiente. El RADR obtenido muestra un impacto fuerte del riesgo geológico y al difícil acceso a tomar deuda. Finalmente, si bien el RADR puede variar al usar otra metodología de cálculo, Projectosa S.A deberá considerar parar los planes estipulados con El Proyecto y establecer una revalorización de este, a partir de cifras que muestren su potencial geológico y económico de una manera más certera.

## 8. Conclusiones

La búsqueda de cómo incluir las diversas fuentes de riesgo de un proyecto minero dentro de su evaluación es constante. La literatura muestra enfoques con argumentos sólidos que permiten tanto cuantificar estos riesgos e incluirlos en el proceso de toma de decisión. Sin embargo, la aplicación de estos argumentos está sujeto a supuestos, cuya aceptación dependerán necesariamente de quienes tomen la decisión de invertir o no en un proyecto minero. Projectosa S.A y el proyecto Veta Karen representan el aporte de los autores hacia esta búsqueda. El caso descrito logra mostrar cómo una oportuna inclusión del riesgo en la toma de decisiones puede cambiar la forma en que hacemos minería, volviéndola más eficiente, segura y responsable para todos.

## 8. Descargo de responsabilidad

El presente estudio se ha realizado sin financiamiento externo de ningún tipo. Los casos presentados no representan en lo absoluto a proyectos que hayan sido evaluados por Astay

Systems tanto en el pasado, presente o futuro cercano. Las opiniones expresadas en el documento son propiedad exclusiva de los autores, y no representan una comunicación formal o casual de controversia hacia Astay Systems o empresas afiliadas.

- Taheri M. Irannajad M. (2009) Risk adjusted discount rate estimation for evaluating mining projects. Jassa. The Finsia Journal of applied finance 2009.

## 9. Referencias

- Anderson, R.C., Byers, S.S. and Groth, J.C. (2000) The cost of capital for projects: conceptual and practical issues, *Management Decision*, Vol. 38, No. 6, pp.384–393
- Davis, G.A. (1995). (Mis)use of Monte Carlo Simulations in NPV Analysis. SME Non Meeting Paper 94–309. Manuscript April 11, 1994.
- Espinoza, R.; Rojo, J. (2017). Towards sustainable mining (Part I) Valuing investment opportunities in the mining sector. *Resources Policy*.
- Jones, O. Lilford, E. Chan, F. (2019) *The business of Mining. Mineral project valuation*. CRC Press, Curtin University.
- Lilford, E.; Maybee B.; Packey D. (2018). Cost of capital and discount rates in cash flow valuations for resources projects. *Resources Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.09.008>.
- Park H.M. and Nelson M.G, (2013). Mining project evaluation process for investment decisions: Risk Variables in mining projects – part one, in *Mining Engineering Magazine* Oct. 2013 – SME. Pags (1-10)
- Park H.M. and Nelson M.G, (2013). Mining project evaluation process for investment decisions: Modeling and assessment of project risk – part two, in *Mining Engineering Magazine* Oct. 2013 – SME. Pags (1-7)
- Park H.M. and Nelson M.G, (2013). Mining project evaluation process for investment decisions: Demonstration of the risk assessment model – part three, in *Mining Engineering Magazine* Oct. 2013 – SME. Pags (1-3)
- Rendu, J. (2017). Risk Management in Evaluating Mineral Deposits. SME. p 99-121.
- Schrimpf & Bryan (2012) *Application of Value Engineering Principles to Mining Studies*
- Smith, L.D. (1995). Discount Rates and Risk Assessment in Mineral Project Evaluations. *CIM Bulletin*, 88(989), pp. 34–43, April 1995.
- Sorentino, C. Barnett, D. W. (1994). Financial risk and probability analysis in Mineral Valuation. *Mineral Valuation Methodologies Conference*. Sydney 1994

Description	Units	Año 0	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08	Año 09	Año 10	Total
Ingreso													
Ingreso por mineral	US\$		1,730,340	1,721,700	1,723,860	1,724,040	1,723,680	1,733,220	1,731,240	695,592	695,592	695,592	14,174,856
Total ingresos	US\$		1,730,340	1,721,700	1,723,860	1,724,040	1,723,680	1,733,220	1,731,240	695,592	695,592	695,592	14,174,856
Costos													
Perforación	US\$		(31,928)	(32,172)	(31,922)	(31,952)	(32,177)	(32,239)	(31,828)	(12,732)	(12,732)	(12,732)	(262,417)
Voladura	US\$		(42,987)	(43,292)	(42,978)	(43,016)	(43,300)	(43,382)	(42,863)	(18,348)	(18,348)	(18,348)	(356,860)
Carguío	US\$		(414,191)	(418,548)	(414,457)	(414,926)	(418,529)	(418,998)	(412,564)	(164,875)	(164,875)	(164,875)	(3,406,836)
Acarreo	US\$		(337,522)	(423,467)	(368,296)	(341,753)	(320,681)	(341,211)	(377,577)	(162,979)	(162,979)	(162,979)	(2,999,444)
Servicios auxiliares	US\$		(149,195)	(150,765)	(149,291)	(149,460)	(150,758)	(150,927)	(148,609)	(59,389)	(59,389)	(59,389)	(1,227,175)
G&A	US\$		(92,707)	(92,707)	(92,707)	(92,707)	(92,707)	(92,707)	(92,707)	(37,083)	(37,083)	(37,083)	(760,199)
CAPEX	US\$	(2,750,000)											
Total costos	US\$	(2,750,000)	(1,068,530)	(1,160,950)	(1,099,652)	(1,073,815)	(1,058,153)	(1,079,464)	(1,106,148)	(455,406)	(455,406)	(455,406)	(11,762,930)
<b>TOTAL US\$</b>		<b>(2,750,000)</b>	<b>661,810</b>	<b>560,750</b>	<b>624,208</b>	<b>650,225</b>	<b>665,527</b>	<b>653,756</b>	<b>625,092</b>	<b>240,186</b>	<b>240,186</b>	<b>240,186</b>	<b>2,411,926</b>

Description	Units	Valor
Ingreso por Mineral	US\$	20.0
VAN	10%	637,716.6
TIR		0.2

Figura 3: Flujo de caja proyecto Veta Karen de Projectosa SA. Elaboración propia.

Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Caja		661,810	560,750	624,208	650,225	665,527	653,756	625,092	240,186	240,186	240,186
WACC	10%	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	0.513	0.467	0.424	0.386
Flujo de Caja Descontado		601,646	463,430	468,977	444,113	413,240	369,028	320,771	112,049	101,862	92,602
<b>Valor WACC</b>	<b>637,717</b>										
RADR proyecto	3.00%	0.971	0.943	0.915	0.888	0.863	0.837	0.813	0.789	0.766	0.744
Flujo de caja descuento RADR		584,122	436,827	429,180	394,588	356,464	309,055	260,816	88,452	78,069	68,905
<b>Valor RADR</b>	<b>256,479</b>										

<b>NPV RISK</b>	<b>381,238</b>
-----------------	----------------

Figura 4: Cálculo del NPV RISK del proyecto Veta Karen de Projectosa SA. Elaboración propia