

INNOVATION AND FINANCE IN LATAM MINING COMPANIES

INNOVACIÓN Y FINANZAS EN EMPRESAS MINERAS DE LATINOAMÉRICA¹



Dr. Edmundo Lizarzaburu^{2*}



Ing. Eduardo Noriega



Dr. Washington Macias³



Katia Rodríguez



Dr. Luis Berggrun⁴

Resumen:

El propósito del presente documento de investigación es analizar una empresa minera de una economía emergente, que es líder a nivel mundial en cobre. Para el análisis se ha seleccionado el método de valoración de opciones reales propuesto por Stewart Myers (Myers S., 1984) basado en el trabajo de valoración opciones realizado por Fisher Black y Myron Scholes en 1973, que ha sido complementado por autores como Merton y Cox. En el estudio los principales aspectos relevantes en la valoración de empresas son desarrollado, considerando que es tema poco difundido a nivel académico en el Perú.

Palabras clave: Valoración de empresas, métodos tradicionales, volatilidad, dinámico, opciones reales, Mercado de capitales, empresas mineras, cobre.

Abstract:

The purpose of this research document is to analyze a mining company of an emerging economy, which is the world leader in copper. For the analysis, the method of valuation of real options proposed by Stewart Myers (Myers S., 1984) was selected based on the valuation work options made by Fisher Black and Myron Scholes in 1973, which has been complemented by authors such as Merton and Cox. In the study, the main relevant aspects in the valuation of companies are developed, considering that it is a little diffused topic at an academic level in Peru.

Keywords: Valuation of companies, traditional methods, volatility, dynamic, real options, capital market, mining companies, copper.

DOI:<https://doi.org/10.5281/zenodo.8115111>

¹ Documento contó con la colaboración de Celeste Gaspar, Miguel Alegre y Andree Maldonado, alumnos de la Universidad Esan.

² Universidad ESAN, Perú

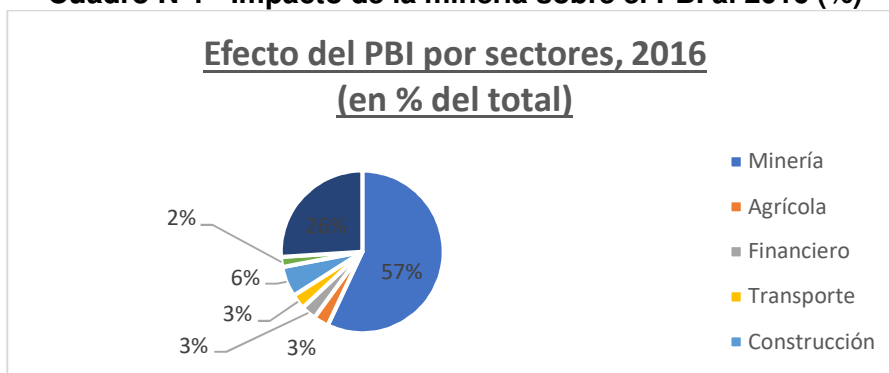
³ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas

⁴ Universidad Icesi

1. Introducción

En la actualidad, según la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía (SNMPE), el sector minero en el Perú representa una de las principales fuentes de ingresos por lo que existe una mayor preocupación de los inversionistas al evaluar tomando con mayor cuidado. Es importante indicar que el sector minera en general representa un motor para la economía de un país emergente, asimismo estos sector se convierten en grandes proveedores de materia prima o commodities empleados en diferentes industrias (**Ver Gráfico N°1**) sobre el PBI (Producto Bruto Interno); las cuales aportan no solo ingresos a los países sino son generadores del efecto multiplicador de empleo. Asimismo el Perú es líder en diversos productos mineros (**Ver Gráfico N°2**):

Cuadro N°1 - Impacto de la minería sobre el PBI al 2016 (%)



Fuente: Instituto Peruano de Economía 2016 / Elaboración: Propia

Cuadro N°2 - Inversión minera sobre el PBI (%) (2009 – 2016)

Metal	Latinoamérica	Mundo
Zinc	1	2
Estaño	3	6
Plomo	1	4
Oro	1	6
Cobre	2	2
Plata	2	2
Molibdeno	2	4
Selenio	1	8
Cadmio	2	8
Roca Fosfórica	2	7

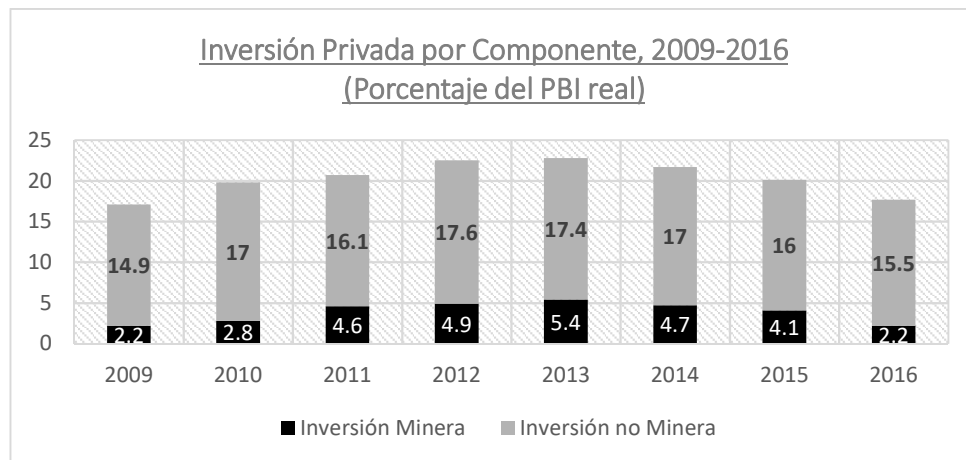
Fuente: U.S. Geological Survey 2016 – USGS / Elaboración: Propia

Asimismo, es el segundo mayor productor de plata, zinc y cobre a nivel mundial, para el año 2016, de acuerdo a la información del Servicio Geológico de E.E.U.U. (USGS por sus siglas en inglés). Asimismo, de acuerdo al BCRP⁵, el Perú es uno de los

⁵ Banco Central de Reserva del Perú

países con mayor atractivo de inversión (**Ver Gráfico N°3**) minera sobre el PBI de la región reduciéndose de 20.1% a 17.7%, donde se resalta que es un negocio cíclico, ello es debido al alto potencial geológico

Cuadro N°3 - Inversión minera sobre el PBI (%) (2009 – 2016)



Fuente: BCRP 2016 / Elaboración: Propia

Una metodología tradicional es el valor presente o actual neto y el flujo de caja descontado; teniendo en cuenta que existen oportunidades de crecimiento o mitigación de pérdidas que el flujo de caja no prevé; dando por sentado que los supuestos de la valoración son fijos (Damodarán, 2000). Es por ello, que en la evaluación de proyectos, las opciones reales han motivado la aplicación en diferentes direcciones que toman una o más variables adaptándose durante la marcha del Proyecto. Ante ello, los gerentes financieros del sector minero toman decisiones sobre la alta exposición de riesgo por la volatilidad de los precios del cobre. El sector minero contribuye al crecimiento del Perú (*Ver. Cuadro N°4*). Asimismo, existe una cartera de proyectos de US\$ 46,966 millones distribuidos en 47 proyectos en 15 regiones de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas en enero del 2017. El cobre representa US\$ 28,829 (61% del total de la cartera) (*Ver. Cuadro N°5*); por lo cual, la puesta en marcha de los proyectos mineros cupríferos permitirá al sector contribuir al dinamismo nacional, regional y local.

Cuadro N°4 – Contribución del sector minero al Perú

Factor	% Relativa
Producto Bruto Interno	13%
Exportaciones Totales	60%
Impuesto a la Renta, regalías e Impuestos Especiales	22,80%
Empleos directos	174126
Empleos indirectos (MM)	1,2
Transferencias por Canon (2001-2016) en Millones S/.	39608

Fuente: Reporte de Sostenibilidad SNMPE 2016 / Elaboración: Propia

La minería peruana tiene como principal ventaja competitiva la diversificación de minerales, cuyas cotizaciones se han visto presionadas a la baja de metales industriales como el cobre mostrando reducciones principalmente en la demanda China por el cambio de política expansiva hacia el consumo interno según la revista *La Moneda N°17 del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2017)*.

El principal argumento al tenerse en cuenta para la ejecución de proyectos es la coyuntura favorable con buen desempeño en el precio de los metales base. De acuerdo al informe de FocusEconomics 20172Q; el incremento de los precios aumentan el valor de la empresa minera; permitiendo liquidez al incrementar la generación de caja, reducir deuda y capacidad de pago a los acreedores.

Cuadro N°5 – Distribución de cartera de proyectos por mineral

Mineral	Millones de \$	% del Total
Cobre	28829	61%
Hierro	5300	11%
Fosfatos	1995	4%
Oro	1954	4%
Zinc	816	2%
Plata	735	2%
Otros	7367	16%
Total	46996	100%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Enero 2017 / Elaboración: Propia

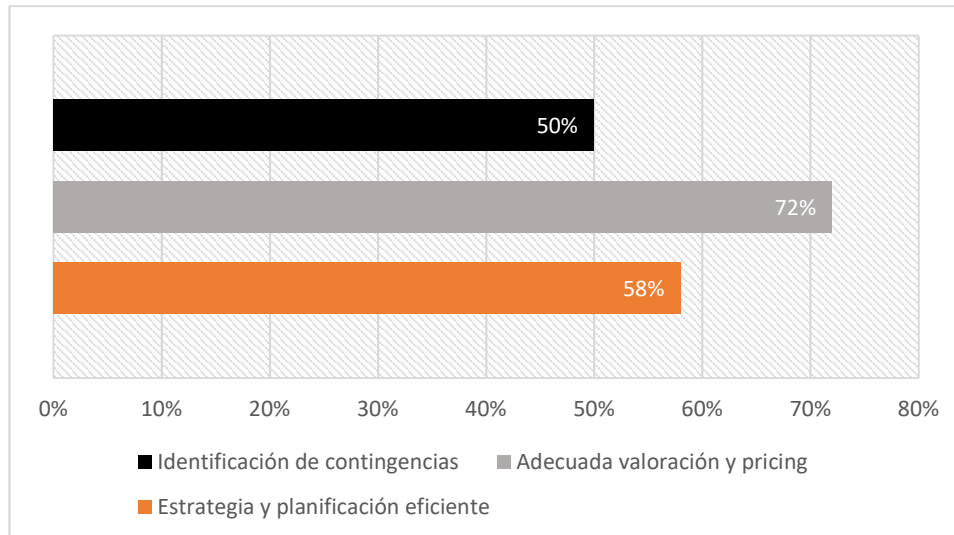
En la disciplina financiera, al valorizar una empresa que enfrenta una estrategia de adquisición, fusión, sinergia o determinación de cuánto es realmente el valor creado para el accionista se toman diversos factores contables, financieros y de Mercado que se ven distorsionados dependiendo la posición en la cual se encuentra siendo el comprador o vendedor de la empresa. Según Aswath Damodaran (2010): “Valor no es sinónimo a precio, pues es una transacción financiera donde el comprador y vendedor tendrán diferentes opiniones acerca de la percepción del potencial de crecimiento; podemos encontrar también que la percepción de negocios no debería ser la misma al momento de valorar una obra de arte, sino en los flujos de efectivo que puede generar en el futuro”

Por consiguiente; en las empresas productoras de cobre, los gerentes financieros están tomando decisiones estratégicas bajo distintos métodos de valoración con diferentes factores contables, financieros y de mercado donde existen diferencias, deficiencias y errores comunes que los métodos tradicionales no permiten modificar las decisiones gerenciales ante cambios drásticos en el mercado por la alta exposición de los precios de los minerales.

Por ese motivo, la relevancia de revisar el caso minero en el Perú es porque se encuentra en un ciclo económico de madurez, siendo reconocido por el alto potencial de convertirse en un país minero que aproveche las posibilidades y ventajas

competitivas. Finalmente, para una exitosa transacción de compra o venta es muy relevante la *adecuada valoración y pricing* junto con la estrategia de planificación e identificación de contingencias.

Gráfico N°1 – 03 Factores clave de una transacción exitosa



Fuente: PwC Perú 2016 / Elaboración: Propia

2. Marco Teórico

Según Pablo Fernández (2016): “Determinar el valor a través de modelos cuantitativos con criterios de análisis ante la exposición de información interno, externo, opiniones de la empresa; lo que otorga fortaleza en cuanto a la expectativa de mercado con el factor de riesgo correspondiente a la industria que actúa”; además el tratamiento del riesgo Sharpe, W. F. (1964)

Propósito:

- Operaciones de M&A (Fusiones y Adquisiciones)
- Valoración de empresas cotizadas en bolsa.
- Salida a Bolsa (IPO).
- Sistemas de remuneración basados en la creación de valor
- Decisiones estratégicas de continuidad
- Planificación estratégica

Aspectos Críticos:

- Dinámica
- Genera sinergias
- Multifuncional
- Estratégica
- Opciones reales
- Análisis histórico

- Tratamiento y utilización de la teoría financiera

Se debe considerar, el nivel de riesgo de la persona que realiza la valorización junto con el perfil del inversionista pasivo o activo; Ruback, Richard S. (2002)

Dentro de las fusiones y adquisiciones, Damodarán (2010) señala que hay factores que se deben considerar al realizar la valorización como las sinergias producidas de la adquisición, gastos de estructuración, cambio de la alta dirección y finalmente la prima de control que la adquiriente paga a los accionistas mayoritarios. Los analistas toman la parcialidad de acuerdo en que lado de la negociación se encuentren, donde se trata de mitigar el problema de agencia y el principal ante la asimetría de información del adquiriente. El fin supremo de las finanzas es la creación de valor para el accionista.

Valorización

Comprender los mecanismos de valoración de empresas es un requisito indispensable para toda persona involucrada en el campo de finanzas corporativas, no sólo por la importancia en la negociación de adquisiciones y fusiones, sino también en el proceso de determinación de valor por unidad de negocio identificando las fuentes de creación y destrucción de valor económico de la empresa. Los métodos correctos son los que incorporan a la empresa como ente generador de fondos y por ello como activo financiero (Pablo Fernandez, 2016). De la revisión de literatura, se han identificado hasta 06 métodos de valorización donde dependerá la aplicabilidad de la situación de la empresa, el sector, personal, marca y el motivo de la valoración. Los métodos existentes, tienen la característica que permiten ser complementarios combinando enfoques con la mayor información posible. Donde se hará revisión de los aspectos teóricos e implicancias considerando que el análisis es sobre el sector minero;

Cuadro N°6 - Métodos de Valoración de Empresas

Balance	Estado de Resultados	Mixtos	Descuento de Flujos	Creación de Valor	Opciones
Valor Contable	Múltiplos	Clásico	FCF	EVA	Black Scholes
Valor Contable Ajustado	Beneficio : PER	Unión de Expertos	CF acciones	Beneficio económico	Opción de Invertir
Valor de Liquidación	Ventas	Contables Europeos	Dividendos	CFA	Ampliar el proyecto
Valor Sustancial	EBITDA	Renta abreviada	CCF	CFROI	Aplazar la inversión
Activo Neto real	Otros múltiplos	Otros	APV		Usos alternativos

Fuente: Pablo Fernandez, 2016 / Elaboración: Propia

Métodos basados en el balance

Expresado en el valor de las acciones de acuerdo al estado de situación financiera reflejados en los GAAP⁶; lo que permite comparabilidad y simplicidad de cálculo; J.A. Grimes and W.H. Craigue (1928)

Sin embargo el valor de las acciones no contempla;

- La variación intertemporal independiente a ingresos futuros esperados.
- Oportunidades de crecimiento de la industria.
- Oportunidad de crecimiento de la empresa.
- Riesgos asumidos.
- Considera el valor de las acciones independiente al giro de negocio.

Cuadro N°7 – Fórmulas de métodos basados en Balance

Basados en el Balance	
Método	Formulación
Valor Contable	$VC = \text{Activo Total} - \text{Pasivo Exigible}$
Valor Contable ajustado	$VC \text{ aj} = \text{Activo Total Aj.} - \text{Pasivo Exigible Aj.}$
Valor de Liquidación	$VL = VC \text{ Aj.} - \text{Gastos de Liquidación}$
Valor Sustancial	$VS = \text{Valor de reposición de activos} - \text{Pasivo Exigible}$

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

Método basado en el Estado de resultados

Determina el valor en función de sus beneficios, dividendos como referencia de valor para compararlos con empresas similares. La ventaja es que contempla la generación de escudos tributarios por el pago de intereses provenientes del financiamiento.

La gran deficiencia proviene que la comparación a través de múltiplos, no necesariamente las empresas son similares por

- Diferente tamaño
- Estructura de financiamiento
- Se consideran sólo aproximaciones
- No incorpora efectos de reinversión de capital, nivel de liquidez real que dependerán de las diferentes políticas de cobro, pago e inventario de cada una.
- Es considerado como complementario al flujo de caja

Cuadro N°8 – Fórmulas de métodos basados en Cuenta de resultados

Cuenta de Resultados	
Método	Formulación
Price earnings ratio (PER)	$PER = \text{Precio por acción} / \text{Beneficio por acción}$
Valor de dividendos (VD)	Con crecimiento constante de dividendos
	$VD = \text{Dividendos por acción} / \text{Rentabilidad exigida a las acciones}$

⁶ Generally Accepted Accounting Principles

	- crecimiento constante de los dividendos
	Sin crecimiento constante de dividendos
	VD= Dividendos por acción / Rentabilidad exigida a las acciones
EBITDA	EBITDA = Utilidad Operativa + Depreciación + Amortización
Múltiplo de las Ventas (MV)	MV = Precio / Ventas
	MV = PER * Rentabilidad sobre ventas

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

Métodos Mixtos

Se basan en el valor patrimonial donde la principal característica es que son modelos estáticos, donde se refiere al punto de análisis en un momento determinado.

- Es una valoración estática de los activos y pasivos.
- Las empresas tienen un valor adicional al contable por elementos intangibles no reflejados en los estados financieros.
- El valor de las acciones consta de un valor sustancial (A.F.Net) y el fondo de comercio (Goodwill).
- El Fondo de Comercio permite a largo plazo, sostener niveles de rentabilidad superiores al costo exigido de los recursos invertidos, que se pueden tomar bajo 03 aproximaciones;

Múltiplo del Beneficio Net ($FC = n \times \text{Beneficio Neto}$)

Múltiplo del Cash Flow ($FC = n \times \text{Cash Flow}$)

Múltiplo de las Ventas ($FC = n \times \text{Ventas}$)

Cuadro N°9 – Fórmulas de métodos Mixtos

Métodos Mixtos	
Método	Formulación
Clásico	Variante 1
	$MC = A + n * B$
	A = Valor del activo neto / n = Coeficiente entre 1.5 y 3 / B = Beneficio Neto
	Variante 2
	$MC = A + z * F$
	z= % de las ventas / F=Facturación
Unión de Expertos Contables	$UEC = A + an (B- Rf * E)$
	A=Valor Activo Neto/An=Factor de actualización / B=Beneficio Neto
	/ rF =Tasa libre de riesgo / E= Valor de las acciones
Renta Abreviada	$RA = A + an (B-Rf * A)$
	A=Valor Activo Neto/An=Factor de actualización / B=Beneficio Neto
	/ rF =Tasa libre de riesgo o tasa alternativa

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

Flujo de Fondos

Técnica basada en el descuento de flujos de fondos a una tasa o costo de oportunidad que incorpora el riesgo tanto del financiamiento de acreedores como el que proviene de los accionistas (A nivel corporativo y de mercado a través del CAPM, propuesto por Markovitz en 1952). Conforme a (Bradbury, 2011);

- Capacidad de captar los ingresos futuros esperados (empresa en marcha). (Siegel, 2006)
- Incorpora factores de riesgo y valor de dinero en el tiempo (Principios financieros).
- Conglomera aspectos contables, financieros y de mercado.
- Recoge el impacto de inversiones y reinversiones.
- Considera cambios coyunturales de la industria donde interviene.

Determinación del Costo promedio ponderado de capital (CPPC)

1) CAPM (Capital Asset Pricing Model) o Costo de Oportunidad del Accionista

Se realiza la valoración de activos financieros propuesto por Markovitz en 1952, que nos permite determinar el costo de oportunidad del accionista, también llamado “Ke”. Modigliani, F., y M. Miller (1958)

$\text{CAPM} = \text{Tasa libre de Riesgo} + \text{Beta} \times (\text{Rendimiento de Mercado} - \text{Tasa libre de riesgo}) + \text{Riesgo País}$

2) El CPPC, es el promedio ponderado de las fuentes de financiamiento, donde los intereses provenientes de la deuda tienen escudo tributario (Consideramos el Impuesto a la Renta de 29.5%).

Activo = 100%	Deuda = 60% / Kd = 10%
	Patrimonio = 40% / Ke=10%

3) Costo Promedio Ponderado de Capital

$\text{CPPC} = 60\% \times (10\%) \times (1 - 29.5\%) + \%40 \times (10\%) = 8.23\%$
--

Cuadro N°10 – Fórmulas de métodos basados en Generación de Fondos

Generación de Fondos	
Método	Formulación
Free Cash Flow (FCF)	Beneficio antes de intereses e impuestos (BAIT)
	- Impuestos sobre BAIT
	= Beneficio neto sin deuda
	+ Amortización
	- Incremento de Activos Fijos
	- Incremento en NOF (necesidades operativas de fondos)
	= Free Cash Flow
	Tasa de descuento = WACC ó CPPC
Cash Flow Acciones	Free Cash Flow (FCF)
	- Intereses pagados * (1 - T)
	- Pagos del principal de la deuda
	+ Nueva deuda
	= Cash Flow Acciones (CFA)
	Tasa de descuento = Ke (Rentabilidad exigida por accionistas)
Capital Cash Flow (CCF)	Cash Flow Acciones (CFA)
	+ Intereses
	+ Pago de Principal de la deuda
	- Nueva Deuda
	= Capital Cash Flow
	Tasa de descuento = WACCbt (WACC antes de Impuestos)
Adjusted Present Value (APV)	Free Cash Flow (FCF)
	+ Valor presente de Escudo fiscal de la deuda
	= Adjusted Present Value (APV)
	Tasa de descuento= FCF a la tasa de la empresa sin deuda (Ku)
	y VPN(Escudo Fiscal) a un costo de mercado de la deuda (Kd).

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

Creación de Valor

Considera a la empresa como ente generador de flujos en el tiempo, midiendo la creación de valor para sus stakeholders considerando el capital invertido junto con los riesgos asumidos. Para el sector minero es de utilidad para reconocer y medir el valor agregado por unidad de negocio, sin embargo, por tratarse de un modelo basado en información contable; Gerald T. Garvey and Todd T. Milbourn (2000)

- Subvalúa la etapa de exploración (donde se encuentra el recurso).
- No especifica el timing de inversión, sólo permite medir después de su ocurrencia.
- Permite la gestión de control mas no absorbe la expectativa de mercado ni la implementación de buen gobierno corporativo; Stewart, G (2000).

Sin embargo, existen propuestas de Gerald T. Garvey y Todd T. Milbourn (2000): que los rendimientos de la empresa reflejan los factores de la gestión del control gerencial asociado al margen de contribución.

Cuadro N°11 – Fórmulas de métodos basados en Creación de Valor

Creación de Valor	
Método	Formulación
Economic Value Added (EVA)	EVA= NOPATt - (D t-1 + Evc t-1) * WACC
	NOPAT = Net Operating Profit After Taxes (EBIT*(1-T))
	D= Valor Contable de la deuda
	Evc = Valor contable del patrimonio (acciones)
Beneficio Económico (BE)	BEt= BFOt - Ke* Evc t-1
	BFO = Beneficio neto o después de impuestos
	Ke = Rentabilidad exigida por los accionistas
Cash Value Added (CVA)	CVA = NOPATt + Amt -AE-(D 0 + Evc 0) * WACC
	AM = Amortización contable
	AE = Amortización económica
	Se estiman como valores presents
Cash flow return on Investment (CFROI)	CFROI = TIR de flujos reales ajustados por inflación a la inversión
	Se compara con el WACC sin inflación

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

Opciones

Representa un derecho de compra o venta de una cantidad determinada de un activo subyacente el cual se plasma en un contrato que otorga la opción de compra o venta a un precio y fecha pactada del ejercicio. Para determinar su valor, el cual depende del precio de otro activo llamado subyacente que puede tratarse de acciones, bonos, índices bursátiles, renta fija, divisas, tipos de interés, commodities. Para la obtención del derecho, se debe realizar el pago de una prima que cobertura la compra o venta ante potenciales alzas o bajas contemplando posibles escenarios, evitando grandes pérdidas en el futuro pactado. Dicho valor dependerá directamente de la volatilidad del precio del activo subyacente.

Opciones reales: Se basan en las opciones financieras, usadas para valorizar empresas y proyectos; debido a que toma variables dinámicas que requieren flexibilidad como el precio de los minerales. (Damodarán, 2010).

Según Myers (1984) y Juan Mascareñas (1999);

- Opción de Abandono
- Opción de Esperar
- Opción de Crecimiento

Capta la volatilidad de los precios los minerales como activo subyacente (a través del movimiento browniano), con la probabilidad de ocurrencia que se apoya en la simulación Montecarlo con Iteraciones de resultado (Pablo Fernandez, 1996c). Las

empresas se manejan en tiempo continuo como de Dynamic Hedging (Pablo Fernandez, 1991b).

Tipos de Opciones

Las opciones para la compra son llamadas call, donde el comprador adquiere el derecho de comprar el activo subyacente donde se ejercerá la opción de compra cuando el precio del subyacente sea mayor que el precio pactado, de lo contrario sólo perderá la prima de cobertura. Mientras mayor sea la diferencia con el precio del ejercicio, se obtendrá mayores ganancias; Black, F. y M. Scholes (1973). Las opciones para la venta son llamadas put, donde el comprador adquiere el derecho de vender el activo subyacente donde se ejercerá la opción de venta cuando el precio del activo subyacente sea menor al precio pactado, de lo contrario el comprador sólo perderá la prima de cobertura. Mientras menor sea la diferencia con el precio del ejercicio, se obtendrá mayores ganancias. Amram, Martha (2010).

Clasificación de Opciones

1. Opciones Americanas: pueden ejecutarse en cualquier momento durante la vida del contrato.
2. Opciones Europeas: pueden ejecutarse únicamente en la fecha de vencimiento del contrato.

Cuadro Nº12 - Cronología de los modelos de Valoración de Opciones

Año	Autor	Opciones	Método	
1973	Black & Scholes	Europea	Put – Call	Ecuaciones de diferencias parciales
1984	Geske & Johnson	Americana	Put	Aproximación polinomial
1987	Barone -Adesi & Whaley	Americana	Put	Aproximación cuadrática
1979	Cox & Rubinstein	Ambas	Put – Call	Árboles binomials
1991	Trigeorgis	Ambas	Put – Call	Mét. Binomial con transformación logarítmica
1988	Boyle	Ambas	Put – Call	Mét. Binomial con 2 variables de estado
1977	Brennan & Schwartz	Ambas	Put – Call	Diferencias finitas explícitas e implícitas
1977	Boyle	Europea	Put – Call	Simulación Montecarlo
1997	Broadie & Glasserman	Europea	Put – Call	Simulación Montecarlo varias variables de estado
2001	Longstaff & Schwartz	Americana	Put – Call	Simulación Montecarlo con programación dinámica
1973	Black & Scholes	Europea	Put – Call	Ecuaciones de diferencias parciales

Elaboración: Propia

Cuadro Nº13 - Diferencias entre la opción real y la opción financiera

Opción Real	Opción Financiera
Se hacen sobre activos reales disponibles en el mercado.	Se hacen sobre títulos que circulan en el mercado.
Son creadas o encontradas por los administradores de empresas que controlan los activos objetos de la opción	En su mayoría no son emitidas por las empresas cuyas acciones son contingentes, sino por agentes independientes.
La administración de la empresa propietaria del activo disponible de este a voluntad (Derechos residuos de control)	El agente que emite la opción no influye sobre las acciones (decisiones) de la empresa ni el valor de sus activos.
Las acciones de la empresa pueden afectar las acciones de la competencia y modificar la incertidumbre asociada a la opción real	El riesgo es completamente exógeno; la incertidumbre sobre la tasa de retorno del activo no puede ser manipulada por los agentes que compra y/o venden.
Casi nunca forman carteras equivalentes, aunque se pueden modificar las fórmulas para considerar la no formación de esta cartera.	Se basa en el arbitraje y la formación de cartera equivalente, la cual proporciona flujos idénticos a la opción.
El valor de esta opción depende de la revalorización esperada del subyacente.	No depende de la revalorización esperada del activo subyacente.
El precio está asociado a los costos de la inversión; puede ser volátil, debido a que fluctúa con las condiciones de mercado y los precios de los insumos, activos.	Normalmente, el precio del ejercicio de una opción financiera es fijo.
El valor de un proyecto puede modificarse por acciones deliberadas de la gerencia.	El tenedor no está en condiciones de afectar el valor del activo subyacente (precio de la acción).

Fuente: Amram, Martha (2010), Opciones Reales, Barcelona, España / Elaboración: Propia

Cuadro N°14 – Fórmulas de métodos basados en Opciones

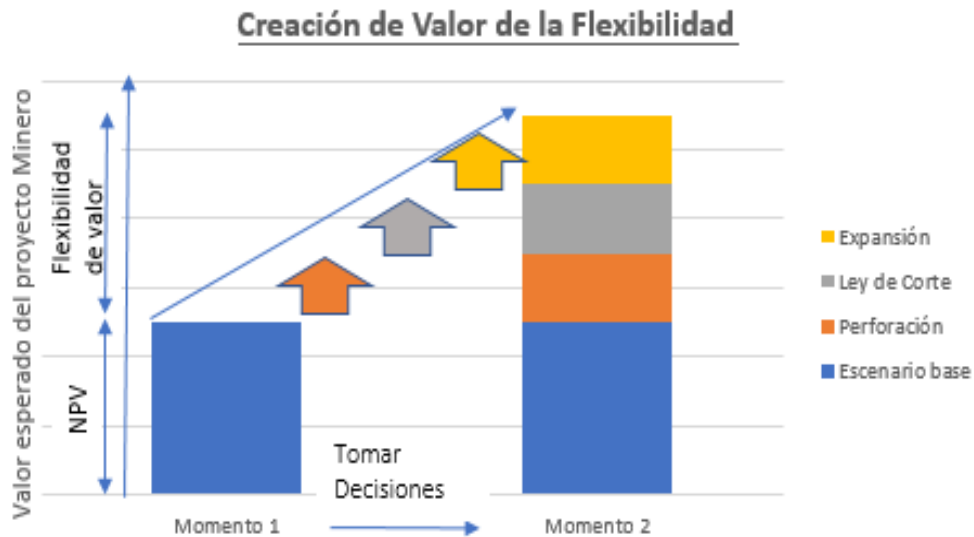
Opciones	
Método	Formulación
Black & Scholes (BS)	$BS(X) \text{ call} = S \cdot N(x) - K \cdot r^{(-t)} \cdot N(x - \sigma \sqrt{t})$
	$BS(X) \text{ put} = K \cdot r^{(-t)} \cdot N(-(x - \sigma \sqrt{t})) - S \cdot N(-x)$
	K= precio de ejercicio de una opción / S=Precio spot de una acción del activo /
	$N(x - \sigma \sqrt{t})$ = probabilidad que la opción se ejerza.
Opción de invertir	$V = p \cdot Vu + (1-p) \cdot Vd$
Ampliar el proyecto	R
Aplazar la inversión	p= probabilidad de obtener un resultado positivo / Vu=valor obtenido con resultado positivo

Fuente: Pablo Fernandez (2010) / Elaboración: Propia

3. Implicancia en la Minería

Al realizar la valoración de la empresa minera, el objetivo principal es incrementar el valor del proyecto desde un punto inicial base. La dificultad proviene al valorizar la incertidumbre que se convierte en un gran potencial. Damodaran Aswath (1999). Al proyectar el valor de un proyecto tanto del nivel de leyes, tonelaje, precios, costos o cash cost durante la vida de la mina que se van materializando ante el acceso de información. Es por ello que existen dos momentos de decisión y el valor presente de los mismos incrementará en función del acceso a información a partir del escenario base hasta la expansión de la mina. (Ver Gráfico N°2)

Gráfico N°2 - Creación de Valor de la Flexibilidad

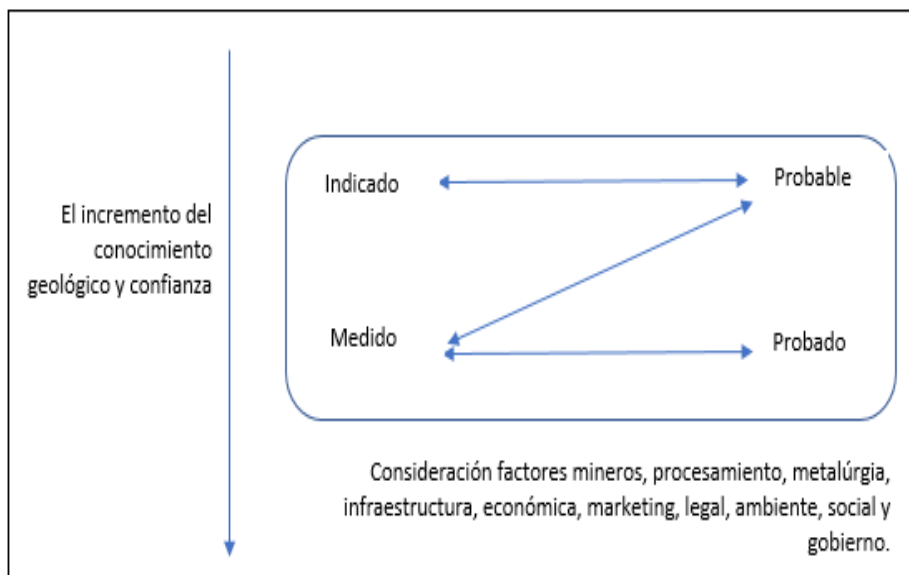


Fuente: Amram Martha, y Nalin Kulatilaka (2000) / Elaboración: Propia

Etapas de Evaluación

- 1) Preproducción:
- 2) Factibilidad: Decisión de viabilidad o descartar el Proyecto.
- 3) Desarrollo y construcción: Construcción del campamento minero.
- 4) Producción: Producción del mineral.
- 5) Cierre y restauración: Cierre de mina con restauración como se pactó al inicio.

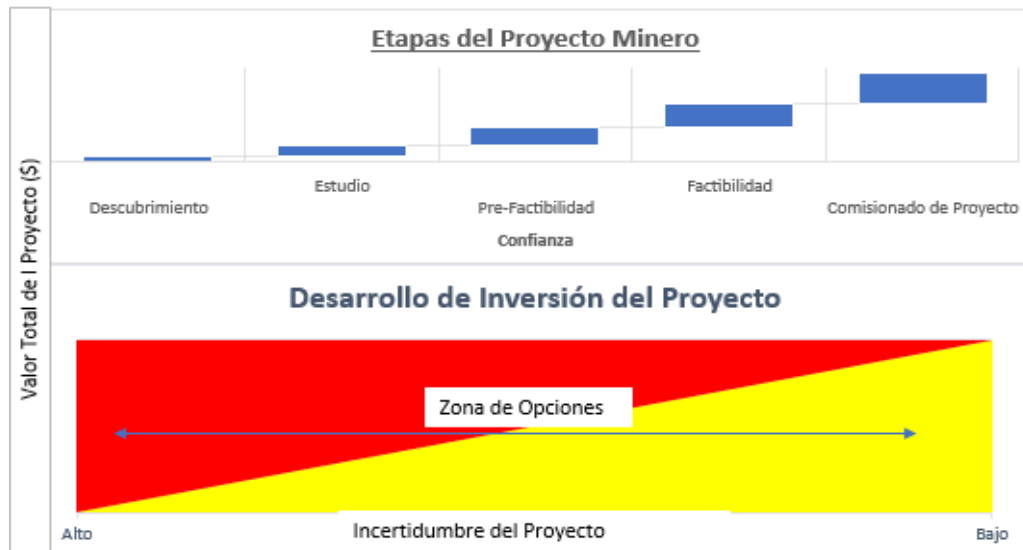
Gráfico N°3 - Nivel de confianza y medidas del mineral



Fuente: Carlisle A. Pemberton, Emaline Harris-Charles, Hazel Patterson-Andrews (2010) / Elaboración: Propia

El punto donde la valorización es recomendable el método por flujo de fondos es a partir de una certeza de información con el mineral probado. Cabe destacar que el método de opciones permite valorizar a partir de las medidas indicadas. (Ver Gráfico N°3)

Gráfico N°4 - Etapas del Proyecto Minero vs Niveles de Incertidumbre



Fuente: James L. Paddock; Daniel R. Siegel; James L. Smith (1998) / Elaboración: Propia

En la etapa de descubrimiento donde existe mucha incertidumbre se toman muestras y se obtiene información geológica inicial que nos permite tomar decisiones de perforaciones hasta llegar a un punto que nos otorgue un nivel de confianza. (Ver Gráfico N°4)

El objetivo es alcanzar un nivel o intervalo de confianza donde la selección del método de valoración dependerá en la etapa en la cual se encuentre el proyecto. Ante una alta incertidumbre donde la industria requiera flexibilidad ante la sensibilidad de una variable que no pueden controlar las empresas mineras como la volatilidad de los precios del cobre, el método que permite ambos son las opciones reales. (Ver Gráfico N°5)

Gráfico N°5 - Determinación del Modelo basado en incertidumbre y flexibilidad

Grado de Incertidumbre	Alta	Modelos de Simulación (Montecarlo)	Valoración por Opciones Reales
	Baja	Descuento de Flujos de Caja	Descuento Dinámico de Flujos
		Baja	Alta

Importa la Flexibilidad

Fuente: Trigeorgis L. (1996) / Elaboración: Propia

4. Aplicación Empírica

Para la Valoración de empresas mineras, se toman las variables similares propuestas por James L. Paddock; Daniel R. Siegel; James L. Smith (1998) y Pablo Fernandez (2016), debido a que permiten establecer una ponderación como lo propone la USGS para los criterios de valorización de recursos minerales. El objetivo de realizar el análisis multicriterio, nos permitirá revelar los aspectos más relevantes en la Valoración de empresas, por ello se definen las variables para que componen y son factores críticos dentro del proceso de valoración. (Véase Cuadro N°15) En ese sentido, con la definición de variables, podemos evaluar cada método de valoración a través del análisis multicriterio para evaluar el método que se adapta al sector minero productor de cobre en el Perú. (Véase Cuadro N°16)

Cuadro N°15 - Definición de las variables

Variable	Descripción
Solidez del marco conceptual	Técnicamente correcta
Comparabilidad	Benchmarking del valor obtenido en comparación de empresas similares.
Simplicidad del cálculo	Multifuncional para directivos de diferentes disciplinas.
Acceso de la información	Obtención de la información histórica y expectativas del mercado.
Incorporación del riesgo	Tratamiento adecuado del riesgo en cada una de sus etapas.

Fuente: Pablo Fernandez (2016) / Elaboración: Propia

Cuadro Nº16 - Determinación del mayor método de Valoración

Variables	Peso	Balance	Estado de Resultados	Mixtos	Flujo de Fondos	Creación de Valor	Opciones
Solidez del marco conceptual	0,25	1	3	2	4	3	5
Comparabilidad	0,10	2	4	3	5	4	4
Simplicidad del cálculo	0,10	5	5	3	3	3	2
Acceso de la información	0,15	3	4	4	4	3	4
Incorporación del riesgo	0,15	1	2	3	4	4	5
Flexibilidad durante cada etapa	0,25	0	0	0	2	3	5
Total	1,00	1,55	2,55	2,15	3,5	3,25	4,45
Posición		6	4	5	2	3	1

Fuente: Pablo Fernandez (2016) y USGS (2016) / Elaboración: Propia

El rango de puntaje se encuentra entre 1 a 5. Con los resultados obtenidos se determina que el método con mayor consistencia conceptual, que permite comparabilidad con acceso a la información, que incorpora el riesgo y se adapta de manera flexible en cada etapa del proyecto minero son las **opciones**.

Cabe mencionar que se consideran las opciones reales, agrupado por el Modelo Black & Scholes, árbol binomial y simulación Montecarlo.

Conclusiones

El método de opciones reales se convierte en una filosofía de gestión porque permite tomar decisiones gerenciales más acertadas con solidez del marco conceptual otorgando capacidad de maniobra por los cambios en la volatilidad de los precios de los metales. En análisis de inversiones a través del Valor Actual Neto (VAN) y opciones reales no son excluyentes, sino complementarios porque el método de opciones reales capta el valor agregado a la flexibilidad de ejercer la opción.

En el sector minero, la gestión financiera a través de opciones reales permite cobertura de riesgos en inversiones estratégicas como ampliar la producción, esperar condiciones favorables de los precios de los minerales o abandonar ante riesgos de conflictos sociales.

Los negocios son dinámicos y no estáticos; tal cual proponen los modelos de valoración de flujos de caja descontado y opciones reales permitiendo flexibilidad y adaptabilidad del mercado.

A través del modelo de simulación Montecarlo, que actúa junto con opciones reales; ambos permiten simular escenarios con iteraciones estocásticas obteniendo probabilidades de ocurrencia.

Referencias

- Adsera, X. y Viñolas, P. (1997), "Principios de valoración de empresas", Editorial Deusto, Barcelona.
- Amram, Martha y Nalin Kulatilaka (1999), *Real Options*. Harvard Business School Press. Edición traducida al castellano por Gestión 2000.
- Amram Martha, y Nalin Kulatilaka (2000), "Strategy and Shareholder Value Creation: The Real Options Frontier", *Journal of Applied Corporate Finance*. Volumen 13, nº 2, pg. 8-21.
- Ariño, Miguel A. y Pablo Fernández (1992), "Valoración de activos financieros por el método de las martingalas", *Investigaciones Económicas*, Volumen XVI, nº 1, pg. 89-97.
- Black, F. y M. Scholes (1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *The Journal of Political Economy*, mayo-junio, págs.637-654. 2
- Bower, D; R. Bower y D. Logue (1989): "A Primer on Arbitrage Pricing Theory". *The Revolution in Corporate Finance* Ed. Stern J. y D. Chew, Basil Blackwell.
- Collura, M. y L. Applegate (2000), "Amazon.com: Exploiting the Value of Digital Business Infrastructure", caso de Harvard Business School nº 9-800-330.
- Damodaran Aswath (1999), "The Promise and Peril of Real Options", Working Paper, Stern School of Business.
- Damodaran Aswath (2000a), "The Promise of Real Options", *Journal of Applied Corporate Finance*, Volumen 13, Nº 2, pg. 29 – 44.
- Damodaran, A. (1994), *Damodaran on Valuation*, John Wiley and Sons, New York. 2ª edición: 2006.
- Durán Herrera, J.J. (1992): *Economía y dirección financiera de la empresa*. Pirámide. Madrid.
- Fama, E.F. (1968): "Risk, Return and Equilibrium. Some Clarifying Comments". *Journal of Finance* pp. 29 – 40.
- Fernandez, Pablo (1991a): "Valoración y ejercicio anticipado de la put americana". *Análisis Financiero*, Nº 53, pp. 66 – 70.
- Fernandez, Pablo (1991b): "Utilización de la fórmula de Black y Scholes". *Análisis Financiero*, Nº 53, pp. 28 – 35.
- Fernández, Pablo (1996a), *Opciones, Futuros e Instrumentos Derivados*. Ediciones Deusto.
- Fernández, Pablo (2016), "Métodos de Valoración de Empresas". Documento de Investigación del IESE, número

- Fernández, Pablo (1996c), "Valoración de opciones por simulación". Documento de investigación del IESE número 309.
- Gerald T. Garvey and Todd T. Milbourn (2000): "EVA vs Earnings : Does it matter which is more Highly correlated with stock returns?". Wiley on behalf of accounting research center, Vol. 38, pp. 209 – 245.
- James L. Paddock; Daniel R. Siegel; James L. Smith (1998): "Option valuation of claims on real assets: The Case of Offshore Petroleum Leases". The Quarterly Journal of Economics, Vol. 103, Edición N°3, pp. 479-508
- J.A. Grimes and W.H. Craigue (1928): "Principles of Valuation". The accounting Review, Vol. 3, pp. 413 – 415.
- Kaplan, S. and J. Sterin, "How Risky is the Debt in Highly Leveraged Transactions?", Journal of Financial Economics 27, 1990, 215-246.
- Lewellen, W.G. and D.R. Emery, "Corporate Debt Management and the Value of the Firm", Journal of Financial Quantitative Analysis (December 1986), pp. 415-426.
- Luehrman, T. and L. Hirt, "Highly Levered Transactions and Fraudulent Conveyance Law" Working paper, Harvard Business School, Boston, MA, 1991.
- Litner, J. (1965): "Security prices, Risk and Maximal Gains from Diversification". Journal of Finance, pp. 587 – 615.
- Mascareñas, J. (1999). Innovación financiera. McGraw-Hill, Pg. 141 - 181
- Myers, S (1984): "Finance Theory and Financial Strategy", Interfaces Vol 14 Pp.: 126-137
- Modigliani, F., y M. Miller (1958), "The Cost of Capital Corporation Finance and the Theory of Investment", American Economic Review 48, 261-297.
- Modigliani, F y M. Miller (1963), "Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction", American Economic Review (June), pg. 433-443.
- Myers, S.C (1974), "Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions - Implications for Capital Budgeting", Journal of Finance (March), pg. 1-25.
- Peter O. Christensen, Gerald A. Feltham and Martin G.H. Wu (2002): "'Cost of Capital" in residual Income for Performance Evaluation". American Accounting Association. Vol. 77, pp. 1 – 23
- Penrose, Edith (1959): "The Theory of the growth of the firm". Wiley. New York.
- Rosenberg, B. (1981): "The capital Asset Pricing Model and the market model". Journal of Portfolio Management, pp. 5 – 16.

- Ross, S.A.R.W. Westfield y J. F. Jaffe (1999), *“Corporate Finance” 5º Ed.*, Irwin / McGraw-Hill, Homewood, Ill.
- Ruback, Richard S. (1995): *“A Note on Capital Cash Flow Valuation”*, Harvard Business School, 9 – 295 – 069.
- Ruback, Richard S. (2002), *“Capital Cash Flows: A Simple Approach to Valuing Risky Cash Flows”*, Financial Management (Summer), pg. 85–103.
- Taggart, R.A. Jr (1991), *“Consistent Valuation and Cost of Capital. Expressions with Corporate and Personal Taxes”*, Financial Management (Autumn), pg. 8-20.
- Trigeorgis L. (1996). *“Real Options: Managerial flexibility and Strategy in resource Allocation.* MIT Press. Cambridge M.A.
- Siegel, M.A. (2006). *Accounting shenanigans on the cash flow statement. The CPA Journal*, 76(3), 38–43 (March).
- William Beranek (1978): *“Some New Capital Budgeting Theorems”*. Cambridge University Press, Vol. 13, Ed. 5, pp. 809 – 823.