

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras SANTIAGO, 20 OCTUBRE 2016

Edmundo TULCANAZA
Committee for Mineral Reserves
International Reporting Standards
LATINO AMÉRICA

Consortio Minero NAZCA

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Tomar decisiones no solo implica configurar **escenarios alternativos** para evaluarlos de alguna manera y seleccionar el más apropiado. En exploraciones mineras y decisiones productivas se trata más bien de **viabilizar oportunidades y resolver contingencias** para diseñar estrategias que generen creación de valor.

El VAN por si solo no puede acometer estos desafíos: el VAN es útil y necesario cuando nos **planteamos** escenarios exploratorios / productivos **supuestos y estáticos** a fin de evaluarlos y tomar una decisión. Pero el no nos permite valorar esas **oportunidades y contingencias** de carácter **dinámico** que se suscitan “a la vuelta de la esquina” a fin de responder a esas realidades que se nos pueden presentar en el camino de desarrollo más próximo. Esto porque un negocio minero puede encerrar un potencial que viene en camino – y del que no se sospechaba – o una vulnerabilidad oculta que - sin aviso – puede emerger con toda intensidad.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

$$\text{VALOR DEL NEGOCIO} = \text{VANRA } (S_0) - \text{VANCAPITAL } (K)$$

VANRA (S_0) = VAN RETORNOS ANUALES

VANCAPITAL (K) = VAN DE COSTOS DE CAPITAL

Asumiremos que los datos técnicos están completamente validados, es decir, que ellos son confiables y están bien sustentados, y que las posibles variaciones de los resultados del negocio durante los próximos años pueden provenir mayormente del mercado. Si deseáramos, en este caso, identificar cuales son los escenarios de **oportunidades y de vulnerabilidades** del negocio, podríamos **proyectar escenarios** utilizando la propia volatilidad del activo, σ .

$$S_{1+} = S_0 e^{+\sigma\sqrt{T_0}} \quad S_{1-} = S_0 e^{-\sigma\sqrt{T_0}} \quad u = e^{+\sigma\sqrt{T_0}} \quad v = e^{-\sigma\sqrt{T_0}}$$

La volatilidad σ mide la desviación típica de las fluctuaciones del precio de una commodity durante un lapso de años T_0 y permite proyectar las probables alzas y bajas que esa commodity puede exhibir a futuro.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Con una volatilidad anual del 15%, un activo con precio de 220MUS\$ en el año 2016 puede exhibir los siguientes valores en los años siguientes.

2016	2017	2018	2019
			345
		297	297
	256	256	256
220	220	220	220
	171	171	171
		147	147
			127

Evolución del precio de una commodity

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Naturalmente un escenario riesgoso puede derivar en dos escenarios alternativos: alza o baja.

Pensemos en un precio actual (2016) y **en base a sus proyecciones** al (2017) estimemos su precio **esperado** en un año más, $E(2017)$. ¿Cuál es el **riesgo** que se les asigna a las probables alzas y bajas del mercado?. Para enfrentar este riesgo se considera un criterio de “neutralidad” en tal sentido que sea que haya un alza o una baja en el precio, en ambos casos, se gane la **tasa-libre-riesgo, r_f** .

2016	2017
	$220 \times u$  
220	
	$220 \times v$  

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

De ahí que el valor estimado para el año 2017 se obtiene ponderando el precio 2016 por un factor probabilístico denominado probabilidad-de-riesgo-neutral que afecta por igual las alzas y las bajas. Con dos valores extremos asociados al año S_{2016} , (V_{max} y V_{min}) y la r_f , el valor proyectado se obtiene la $E(S_{2017})$

$$E^*(S_{2017}) = uS_{2016} Prn + dS_{2016} (1 - Prn), \quad \text{y por lo tanto}$$

$$S_{2016}^* = E^*(S_{2017}) / (1 + r_f)$$

$$Prn = \frac{V_{proy} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$$

Prn = probb riesgo neutral

r_f = tasa libre de riesgo

V_{proy} = Valor esperado

$V_{m\acute{a}x}$ = Valor máximo

V_{min} = Valor mínimo

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

	2016	2017	2018	2019
				345
			297	297
		256	256	256
S_{2016}	220	220	220	220
		171	171	171
			147	147
S_{2016^*}				127

Este resultado tiene implicancias:

- Con un $(S_{2016^*}) > S_{2016}$ (proyectado) exploraciones/operaciones toman nuevos bríos.
- Con un $(S_{2016^*}) < S_{2016}$ (proyectado) se abandona, retarda, o vende.
- Con un $(S_{2016^*}) = S_{2016}$ (proyectado) el proyecto puede estar altamente acotado. /

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

...la incorporación de la volatilidad de un activo y de la neutralidad frente al riesgo es de mucho interés en la valorización de decisiones estratégicas con incertidumbre : se valoriza la evolución del valor del activo en el tiempo; año a año, por ejemplo. Para ello cada valor a alcanzar por un activo en el tiempo T se obtiene multiplicando su valor anterior en T-1 por un factor de crecimiento y otro de decrecimiento. Esto para todo un período comprometido que incluye periodos parciales. El valor de pasar entre dos periodos parciales es función principalmente de la probabilidad de riesgo neutral, y de los gastos/ahorros asociados a ese paso.

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL ACTIVO:

Coefficientes incrementales:

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\delta t})$$

Coefficiente decrementales:

$$d = \exp(-\sigma\sqrt{\delta t})$$

Probabilidad de riesgo neutral:

$$p = \{\exp[r_f(\delta t)] - d\} / (u - d)$$

TOMA DECISIONAL ANTES DEL PERIODO COMPROMETIDO: *estimación de lo que se generaría si se toma el valor neto actualiza durante el período comprometido sin llegar a su final.*

CONTINUAR CAPTURA DE INFORMACION HASTA PRÓXIMO HITO: *estimación de lo que se genera año tras año. Valor presente del valor esperado futuro aplicando riesgo neutral frente a alzas y bajas, y un retorno igual a la tasa libre de riesgo..*

EXTENSIÓN/ACOTACIÓN DE INICATIVAS: incorporando la estimación del impacto de los mayores gastos y de los probables ahorros. .

VENTA DE ACTIVOS/DERECHOS: como otra alternativa.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN DE ABANDONO DE UNA EXPLORACIÓN

Una exploración minera puede ser abandonada en cualquier momento en el curso de los próximos cinco años. Si los estudios no son exitosos se pueden vender los derechos de la propiedad a otra firma con la cual existe un contrato que puede ejercerse en cualquier momento dentro de los cinco años.

- El VAN proyectado, a una tasa de mercado, es 150MUS\$,
- La volatilidad de los de los retornos logarítmicos es $\sigma = 30\%$
- La tasa libre-de-riesgo es 5%
- La venta por los derechos de la propiedad: 100MUS\$.

¿Cuánto vale esta opción de abandono?

¿Cuán valioso es el esfuerzo de exploración durante esos cinco años?

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN DE ABANDONO DE UNA EXPLORACIÓN

Evolución del precio del activo subyacente.

Valor residual : 100MUS\$

$S = 150\text{MUS\$}; \sigma = 0.30$

$t = 5$; $r_f = 0.05$

$\Delta t = 5 \text{ años} / 5 \text{ pasos} = 1$

$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1.3499$

$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 0.7408$

$p = [e^{r_f(\Delta t)} - d] / (u - d) = 0.51$

	So	Sou	Sou ²			672.2
					498.0	
				368.9		368.9
			273.3		273.3	
		202.5		202.5		202.5
	150.0		150.0		150.0	
		111.1		111.1		111.1
			82.3		82.3	
				60.9		60.9
					45.2	
	So	Sod	Sod ²	.....	..	33.5

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN DE ABANDONO DE UNA EXPLORACIÓN

Valor residual : 100MUS\$

$Sou^5 = 150MUS\$$; $\sigma = 0.30$

$t = 5$; $\Delta t = 1$; $r_f = 0.05$

Las reales opciones de este proyecto de exploración alcanzan a 156.6MUS\$.

La mayor ganancia es:

$156.6MUS\$ - 150.0MUS\$ =$

$6.6MUS\$$.

	S_0	S_{0u}	S_{0u^2}			672.2
				Valor máximo	C	
				$[368.9p + (1-p)202.5]e^{-r_f \Delta t}$		498.0
				max [100, 273.3]	C	368.9
			273.3			273.3
		204.3		202.5	C	202.5
	156.6		153.9			150.0
		123.4		119.6	C	111.1
			104.6			100.5
				100.0	A	100.
						100.0
	S_{0d}	S_{0d}	S_{0d^2}	Valor de abandono	A	100.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN EXPANDIR, CONTRAER, CONTINUAR C/ TASA PRODUCTIVA

Una mina está preparada para una toma decisional: avanzar hacia una nueva capacidad productiva, continuar con la misma capacidad, o abandonar la idea de cambiar su capacidad. El potencial actual de la mina permite estimar un VAN de 100MUS\$. Reducir implica disminuir su capacidad en 10% y significa ahorrar 25MUS\$; Expandir implica aumentar su capacidad en 30% a un costo de 20MUS\$;

- El VAN proyectado, a una tasa de mercado, es 100MUS\$,
- La volatilidad de los de los retornos es $\sigma = 15\%$
- La tasa libre-de-riesgo es 5%

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN EXPANDIR, CONTRAER, CONTINUAR C/ TASA PRODUCTIVA

Factor de reducción; 0.9
con 25MUS\$ de ahorro

Factor de expansión: 1.3
con 20MUS\$ de costo

Valor residual : 100MUS\$

$S = 100\text{MUS\$}$; $\sigma = 0.15$

$t = 5$; $r_f = 0.05$

$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1.1618$

$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 0.8607$

$p = [e^{r_f(\Delta t)} - d] / (u - d) =$
 $= 0.633$

	So	Sou	Sou²			211.7
					182.2	
				156.8		156.8
			134.9		134.9	
		116.2		116.2		116.2
	100.		100		100	
		86.1		86.1		86.1
			74.1		74.1	
				63.8		63.8
					54.9	
	So	Sod	Sod²			47.2

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIÓN EXPANDIR, CONTRAER, CONTINUAR C/ TASA PRODUCTIVA

Aban: 100MUS\$
 Expan: $1.3 \times 211.7 - 20 = 255.1$ MUS\$
 Reduc: $0.9 \times 211.7 + 25 = 215.53$ MUS\$
 Contin: 211.7MUS\$

max (100, 211.7, 215.5, 255.1)

Aban: 100MUS\$
 Expan: $1.3 \times 134.9 - 20 = 155.4$ MUS\$
 Reduc: $0.9 \times 134.9 + 25 = 146.41$ MUS\$
 Contin: $[p \times 185.8 + (1-p) \times 134.3] e^{-rf\Delta t}$:
 158.8MUS\$

max (100, 155.4, 146.4, 158.8)

El valor de la opción alcanza a
 119.02 - 100 = 19.02

OPCIÓN DE EXPANDIR, CONTRAER, O CONTINUAR LA TASA PRODUCTIVA					
So	Sou	Sou ²	.....	.... E	
					255.1
				217.9	
			185.8	E	183.9
		158.8		156.5	
	136.5		134.3	E	131.0
119.02		117.3		115	
	105.5		104.2	R	102.5
		100		74.1	
			100.0	A	100.0
				54.9	
So	Sod	Sod ²	....	.. A	100.0

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

VALOR DE LA INFORMACIÓN

Extender exploración distrital proyecta aumentar el valor en 30% el valor del depósito a un costo adicional de 50MUS\$.

Acotar la exploración distrital proyecta disminuir el valor en 10% el valor del depósito con un ahorro de 25MUS\$.

Los derechos del proyecto se valorizan en 100MUS\$.

El VAN proyectado actual, a una tasa de mercado, es 150MUS\$.

La volatilidad de los de los retornos logarítmicos es $\sigma = 25\%$

La tasa libre-de-riesgo es 5%

La venta por los derechos de la propiedad: 100MUS\$.

¿Cuales son las opciones y cuanto valen ellas si estas pueden detenerse en cualquier momento?-

Esta decisión es previa a realizarr un nuevo programa inversional por 152MUS\$.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Se calcula la evolución del valor del activo

Valor residual : 100MUS\$

S = 150MUS\$; $\sigma = 0.25$

t = 5 ; rf = 0.05

$\Delta t = 2 \text{ años} / 5 \text{ pasos} = 0.4$

$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1.171$

$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 0.854$

$p = [e^{rf(\Delta t)} - d] / (u - d) = 0.524$

	So	Sou	Sou ²	.....	....	330.2
					282.1	
				240.9		240.9
			205.7		205.7	
		175.7		175.7		175.7
	150.0		150.0		150.0	
		128.1		128.1		128.1
			109.4		109.4	
				93.4		93.4
					79.8	
	So	Sod	Sod ²	....	..	68.1

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

OPCIONES:

- Vender derechos 100 MUS\$
- Ampliar distrito 30% mas con 50MUS\$ mas.
- Reducir distrito 10% menos con 25M\$ menos
- Continuar captura de datos

$$p = [e^{rf(\Delta t)} - d] / (u - d) = 0.524$$

La opción de no tomar una decisión antes del quinto año sino de capturar datos hasta esa fecha alcanza un valor a 162.8MUS\$, La ganancia de tomar esa opción entonces es 162.8MUS\$ - 150.0MUS\$= 12.8MUS\$,

- expandir
- reducir
- continuar
- vender

	So	Sou	Sou ²	.....		100 330.2x1.3 -50 330.2x0.9+25 379.3
	[379.3p+(1-p)241.8] e ^{-rfΔt} max [100, 307.6, 316.7,278.8]				316.7	
				264.0		240.9x1.3-50 240.9x0.9+25 241.8
			222.5		217.4	
		189.4		186.3		175.7x1.3-50 175.7x0.9+25 183.1
	162.8		161.1		160.0	
		140.5		140.3		128.1x1.3-50 128.1x0.9+25 140.3
			123.9		123.5	
				111.3		93.4x0.9+25 109.1
					102.7	
	Sod	Sod	Sod ²	....		100.

DE LOS VAIVENES DEL MERCADO A LAS DECISIONES EN EXPLORACIONES Y OPERACIONES MINERAS

Gasto inversional en futuro programa:

US\$ 152Millones

Resultados económicos:

Con Decisión irreversible =

150.00 – 152.00 = - 2.00MUS\$

Con Captura de datos hasta el quinto año =

162.80 – 152.00 = 10.80MUS\$

Valor de la Captura = **10.80 – (- 2.00) = 12.80MUS\$**