

VALORACIÓN ECONÓMICA DE YACIMIENTOS

CON FILOSOFÍA LEAN Y ECONOMÍA CIRCULAR

Manuel Viera Flores

CEO METAPROJECT GROUP

Ingeniero Civil Minas - Qualified Person

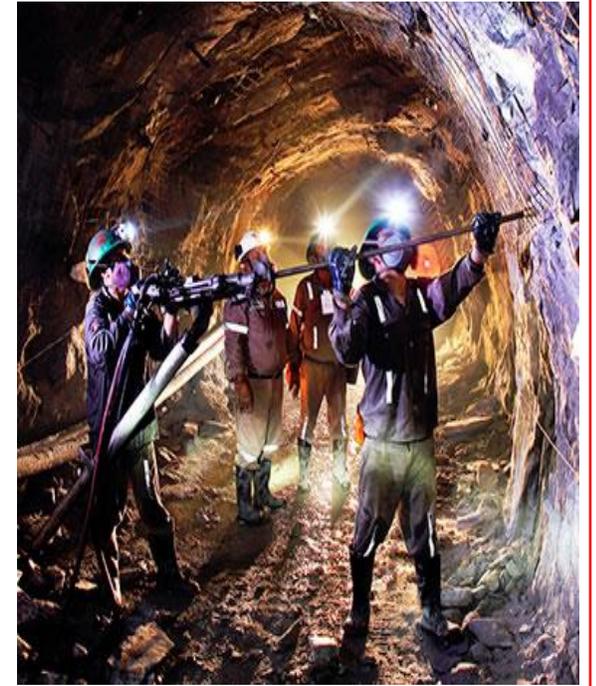
Doctor en Economía Minera y Finanzas Internacionales

Twitter: @Manuel_Viera

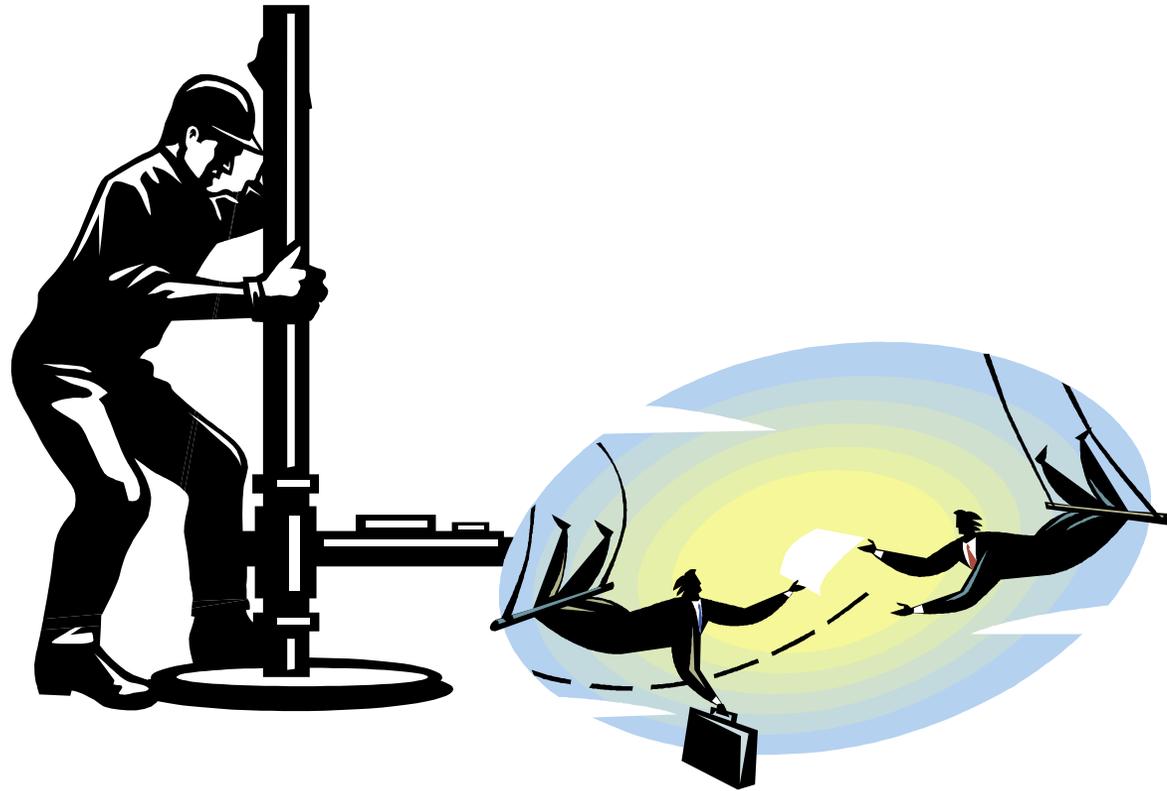


Introducción

- Valorar es un arte
 - Técnicas y reglas mundo digital
- El valor de una empresa depende del dinero líquido que se espera generará en el futuro.
- Valor \neq Precio
- Forma de medir la eficacia en la gestión
- Forma de aplicar modelos de estimación de recursos, planeamiento minero
- Uso de las variables adecuadas, aleatorias, regionalizadas, determinísticas, fractales



¿Qué es riesgo?



“Poder de las probabilidades”

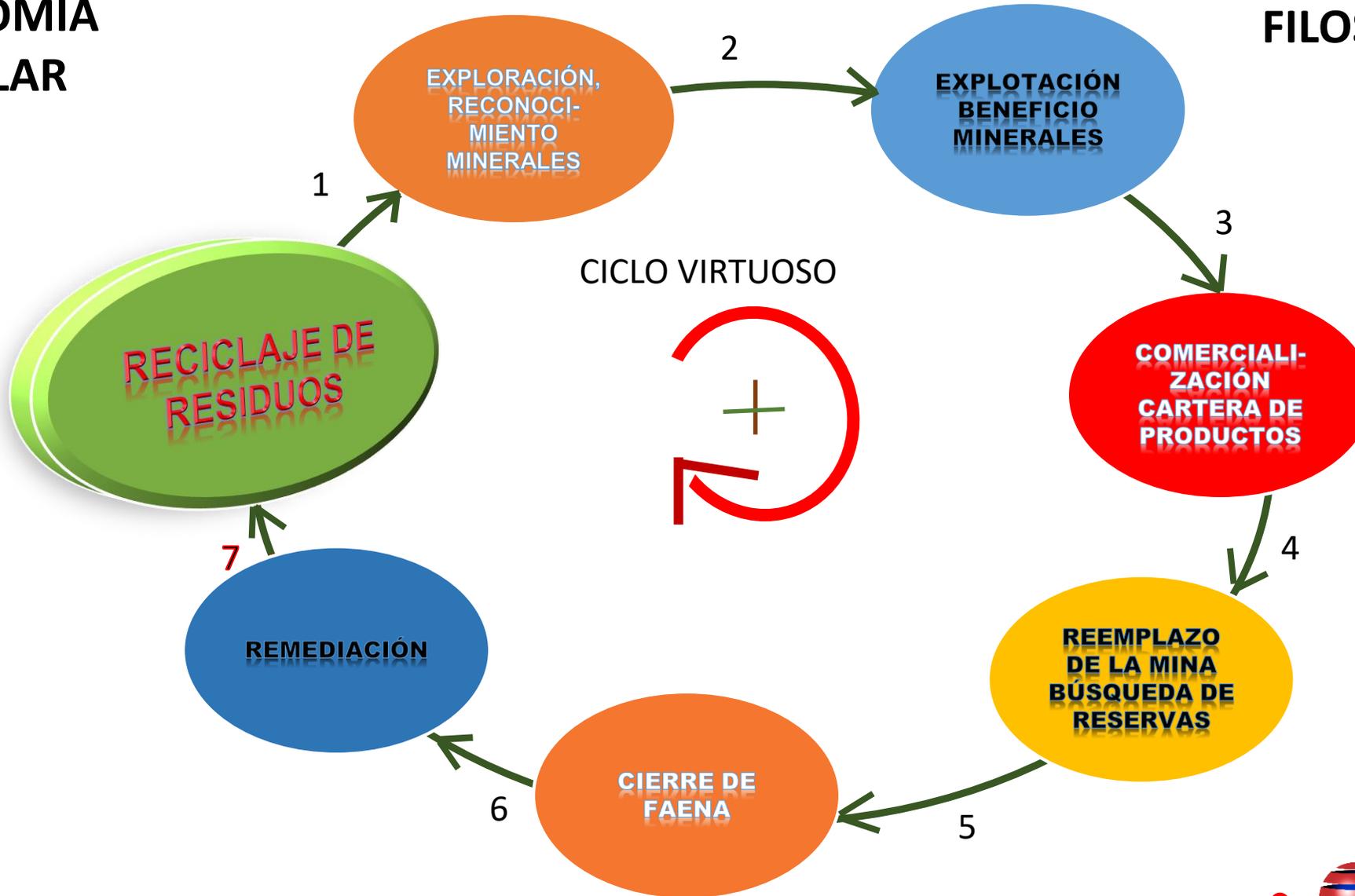
- Relacionada al “apetito de riesgo” del tomador de decisiones.
- ¿Cómo mide el tomador de decisiones cuánto equivale a “información suficientemente significativa”?
- Aquí es donde la probabilidad sale a flote.
- La Minería y la valoración de activos se basan en probabilidades

CICLO DE VIDA NEGOCIO MINERO

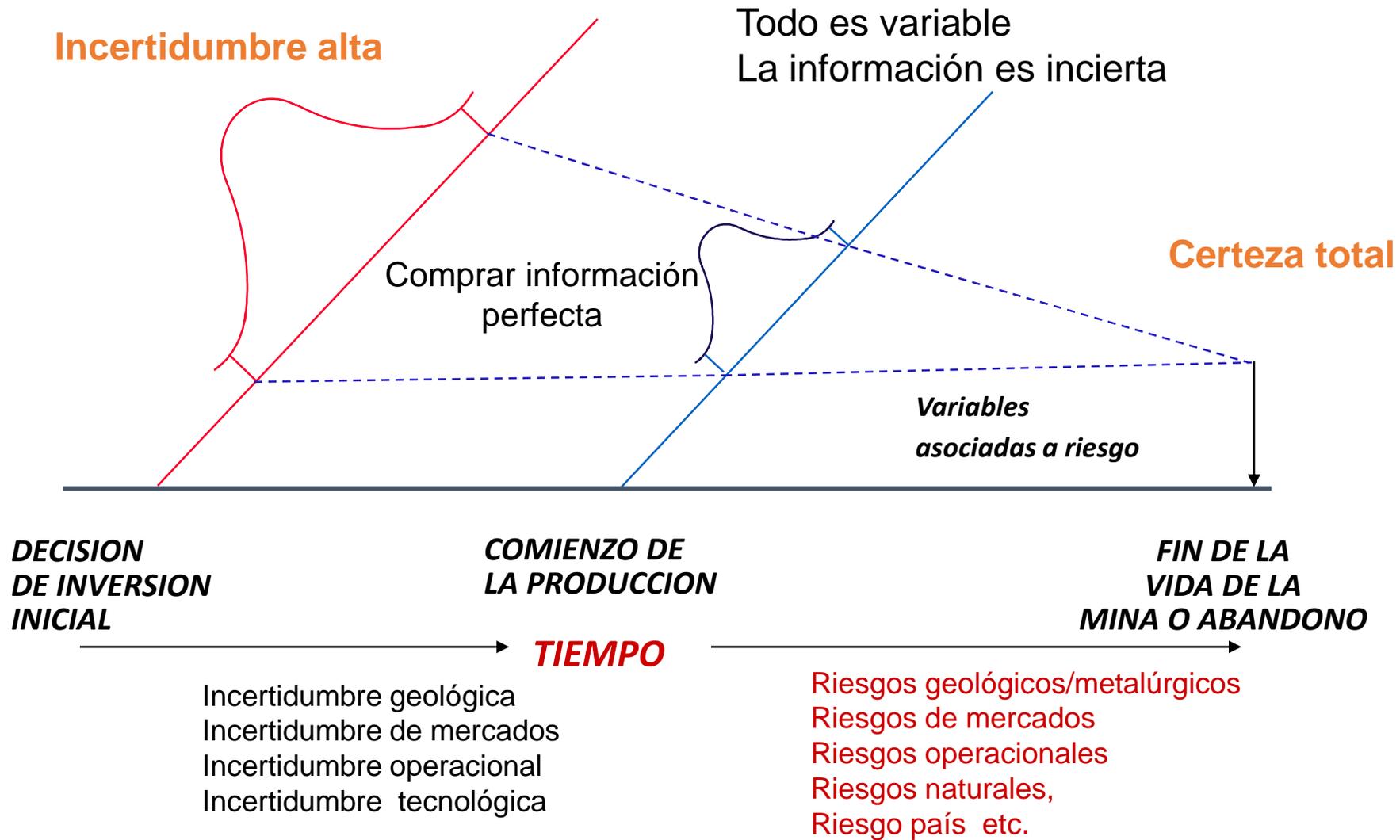
VALOR DEL ACTIVO

ECONOMIA
CIRCULAR

FILOSOFIA LEAN



IMPACTO DEL RIESGO E INCERTIDUMBRE EN VALORACION DE YACIMIENTOS MINEROS



¿Cuándo Comprar información adicional?

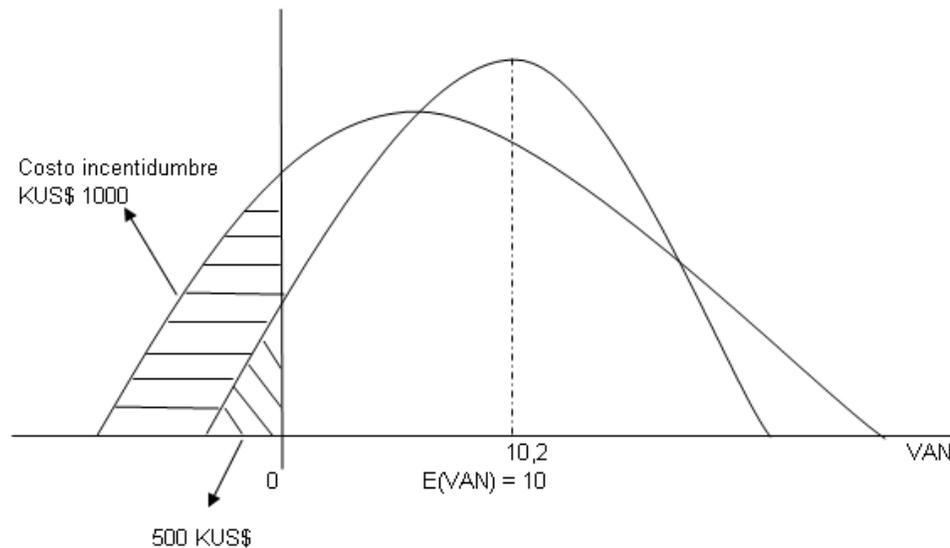
Costo de la incertidumbre = 1.000 KUS\$

Valor del estudio = 300 KUS\$

Costos de la incertidumbre = 500 KUS\$

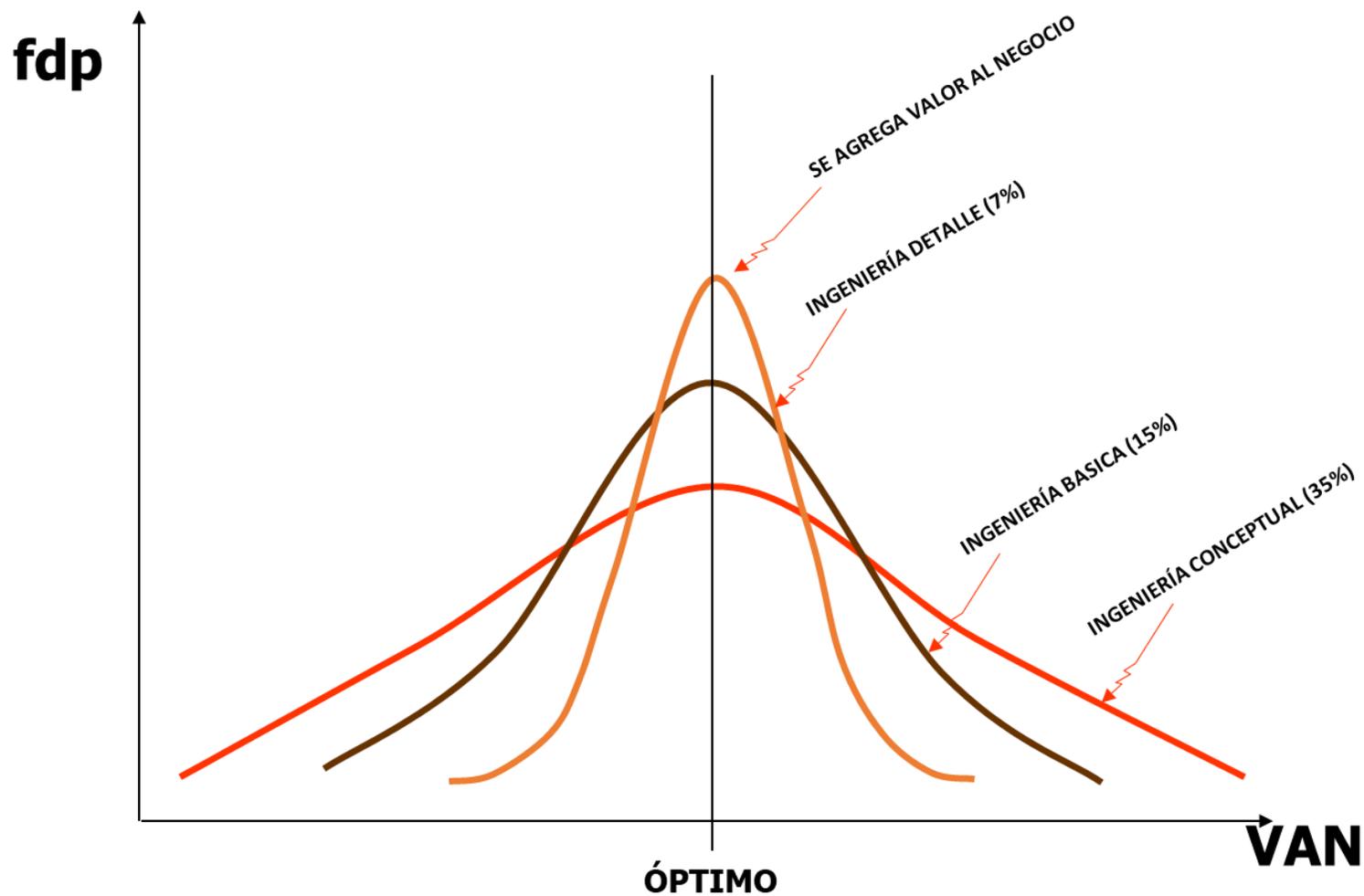
Remanente

Valor ganado = 200 KUS\$

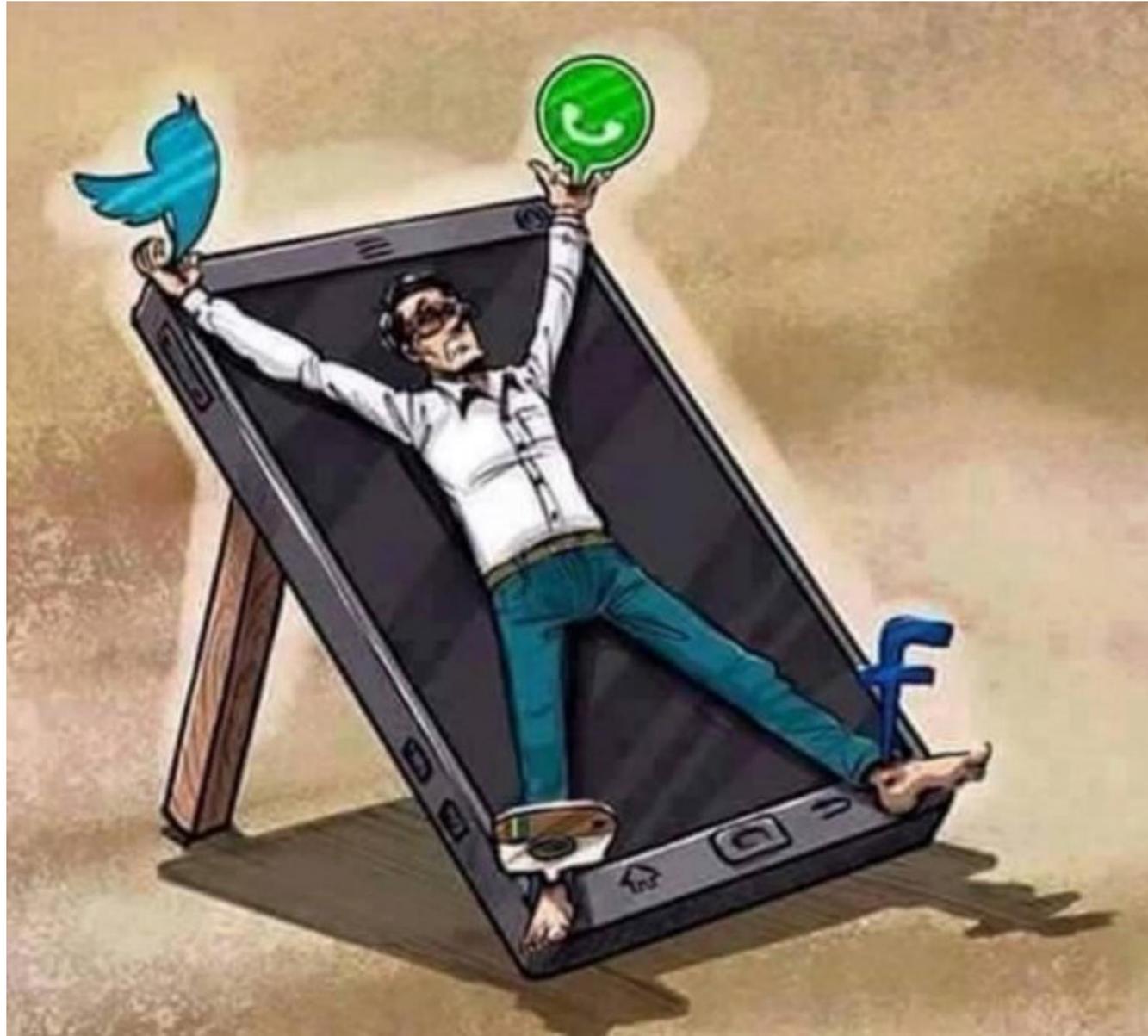


AGREGANDO VALOR EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE INGENIERIA

Escenarios probabilísticos



Valoración de yacimientos



Transformación Digital

El celular nuestro de cada día....

Cisnes negros y otros eventos difíciles de pronosticar

- se discute el problema que N.N. Taleb ha denominado del “cisne negro”, los eventos que por su naturaleza extrema, de poca frecuencia y de explicabilidad revertida se encuentran fuera del dominio de las estadísticas



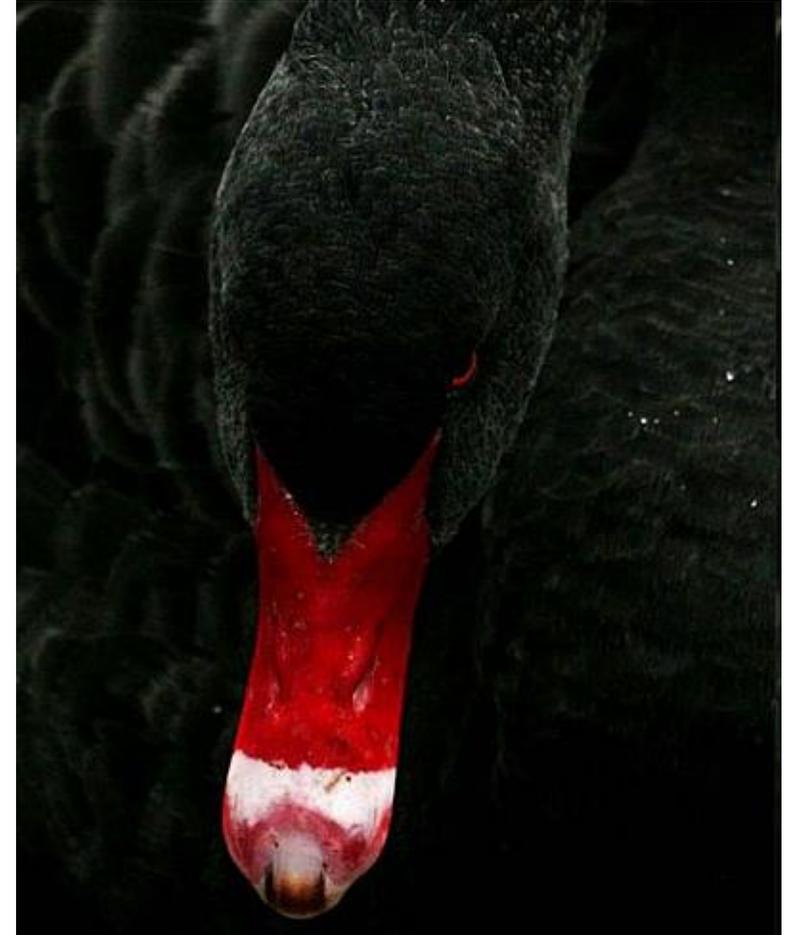
Nassim Nicholas Taleb escribe...

- “The Black Swam” discute la poca capacidad que tenemos los seres humanos para predecir los grandes acontecimientos cuyos impactos cambiarán el futuro, y de nuestra obsesión por la modelización de la realidad.



Que es el cisne negro ?

- Definición: Una expresión latina ya utilizada por Juvenal y popularizada en el s. XVI en Londres.
- Este fenómeno describe la imposibilidad. “Todos los cisnes deben ser blancos porque los registros históricos de cisnes reportan que son blancos.
- Sin embargo, en 1697 se descubrieron los cisnes negros en Australia.
- Entonces, el término se transformó para connotar que una imposibilidad percibida podría posteriormente ocurrir.

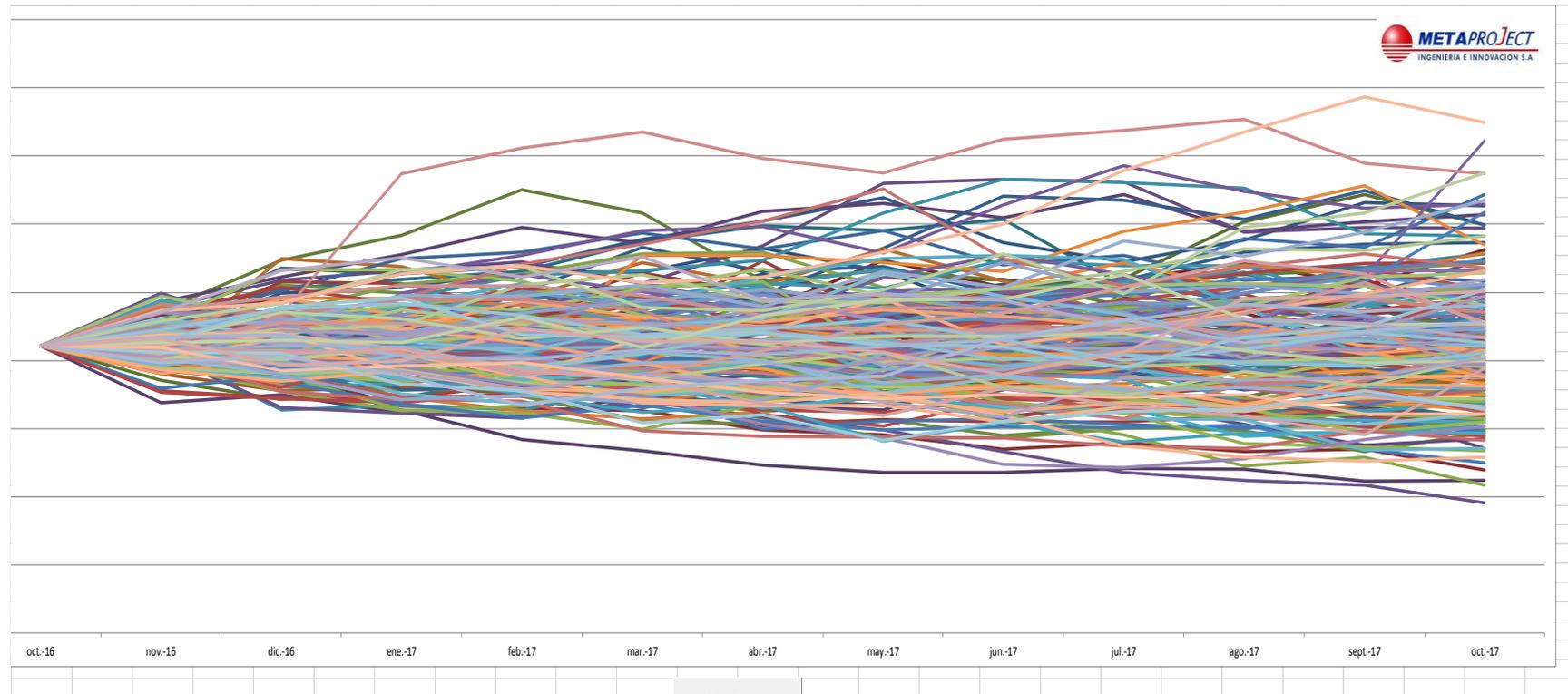


Qué define a un cisne negro

1. Rareza: Yace fuera del dominio de las expectativas regulares
2. Impacto extremo
3. Predictibilidad retrospectiva: (no prospectiva) La naturaleza humana nos hace desarrollar explicaciones a posteriori haciéndolo explicable y predecible



10.000 simulaciones Modelo Merton precio del cobre



Algunos cisnes negros

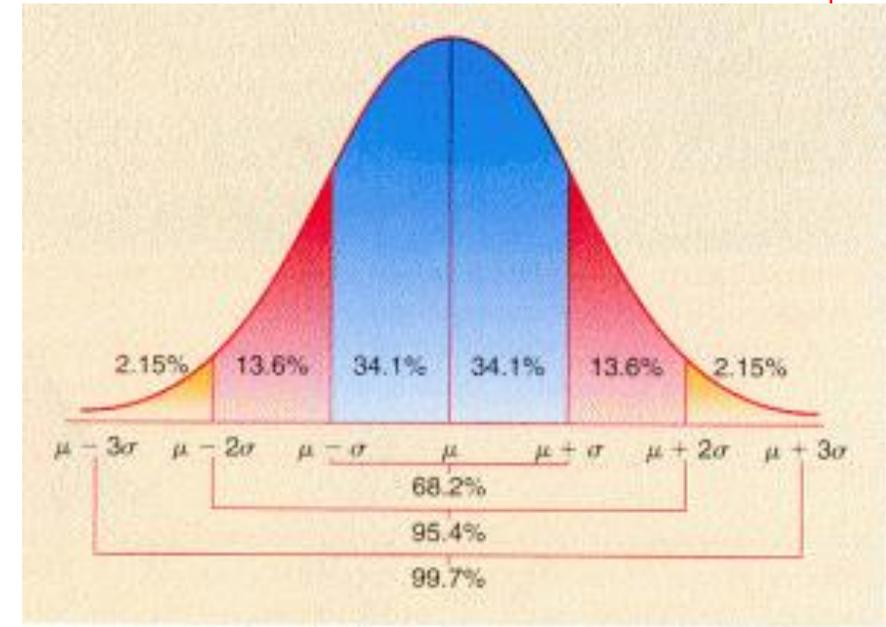
- Los eventos que desembocaron en la 1 Guerra Mundial
- El ascenso de Hitler y la 2 Guerra Mundial
- La repentina caída del bloque soviético
- El ascenso del fundamentalismo islámico
- La dispersión de internet
- Modas, epidemias, géneros artísticos, escuelas
- El hundimiento del Titanic
- Facebook

- Accidente de los 33 mineros
- Derrumbe Rajo Bingham Canyon
- Terremoto Valdivia



La curva de campana: El Gran Fraude Intelectual

- La mayoría de las observaciones oscilan alrededor de lo mediocre, el promedio.
- Una única observación no impactará el total
- Las probabilidades de una desviación disminuyen cada vez más rápidamente (de manera exponencial) a medida que se aleja de la media.
- Es notable la aceleración en la probabilidad de los eventos extremos



Historia matemática de la curva de campana

- Gauss trabajó en ella pero él era un matemático teórico.
- Abraham DeMoivre (1667-1754) la formuló.
- Adolphe Quetélet (1678-1754) la popularizó con el hombre medio (“l’homme moyen”).
- Poincaré dudó de ella



Los expertos o pronosticadores con certificados

- La incapacidad para predecir cisnes negros implica la incapacidad para predecir el curso de la historia. (proyecciones a 30 años plazo, proyecciones del precio del petróleo a 30 años, etc.)
- Lo sorprendente no son los errores de pronóstico sino más bien nuestra ausencia de la conciencia respecto de los mismos.
- Así, algunos profesionales que creen que son expertos, en realidad no lo son.
- Son mejores narrando los eventos, no prediciéndolos. Aún peor, lo hacen con modelos matemáticos.
- Cuestionario de estimaciones



LA METODOLOGÍA LEAN EN LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

Lean = Ágil, sin desperdicios

LA METODOLOGÍA LEAN EN LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

Pensamiento Lean:

- Actividades de Exploración y Reconocimiento. (Sólo lo necesario)
- Valorar económicamente con supuestos reales evitando optimismo y pesimismo.
- Evite sesgos que no crean valor
- Un yacimiento sobrevalorado en su condición actual es considerado un desperdicio.

LA METODOLOGÍA LEAN EN LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

- Para valorar un Activo, primero defina su modelo de negocios, que determina la forma como una empresa crea, proporciona y captura valor del negocio.

LA METODOLOGÍA LEAN EN LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

- Para valorar un Activo, el método Lean propone definir una hipótesis, donde deben estar los supuestos claves que sustenta el modelo de negocios, y que debe comprobarse en base a experimentos válidos, hechos empíricos.

Los Recursos y Reservas agregan mas del 85 a 90 % del Valor del Negocios y del activo.....

El problema es estimarlas bien y sin errores , 1% de error en los recursos y reservas equivale a 20 a 30 % del Van del negocio

LAS METAS DE UNA VALORACIÓN DE ACTIVOS MINEROS - LEAN

1. Mejora la calidad de la Estimación de Recursos y Reservas.
2. Mejora la calidad de las Pruebas Metalúrgicas
3. Reconoce variabilidad de los principales drivers como leyes del mineral, Recuperación, Dureza, Granulometría.
4. Elimina todo lo que No Agrega Valor y se considera desperdicio.
5. Reduce ciclos de perforaciones campaña sondajes, en ciclos de ensayos metalúrgicos.
6. Reduce ciclo de exploración y reconocimiento
7. Reduce costos
8. Define un modelo de negocios mineros con una cartera de productos comerciales realistas
9. Maximizar Valor Activo, ... Pero al Precio Justo.

LA METODOLOGÍA LEAN EN LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

VP Valor Presente de Los flujos aleatorios futuros

$$VP * P(\text{Éxito}) - [C_1 * P_1 + C_2 * P_2 + C_3 * P_3]$$

C_1 = Representa Costos de no eliminar errores desperdicios, exploraciones geológicas y cálculos mal realizados, supuestos erráticos, modelos mal aplicados, **reciclar sus residuos**

C_2 = Representa errores en la estimación de recursos y reservas

C_3 = representa no dar en el blanco con la campana de sondajes

$\sum P_i = 1$ representa el peso del impacto de la destrucción de valor

La Creación de Valor a través de Proyectos

Los que más agrega Valor:

- Descubrimiento de Nuevos Yacimientos e Incremento de Recursos Geológicos y Reservas Mineras
- Desarrollo de Proyectos Minero Nuevos o Expansiones
- Desarrollo de Nueva Tecnología e Innovación

En la Operación:

- Se realiza el valor
- También se optimiza y sustenta el valor a través de proyectos de mejoramiento y aseguramiento
- Filosofía Lean



Metodologia Hoskold- Viera- Lamothe

Donde:
$$V_T = V_p + (V_F * p (\text{éxito}) - S) - Pa + Ci$$
 - Despilfarros

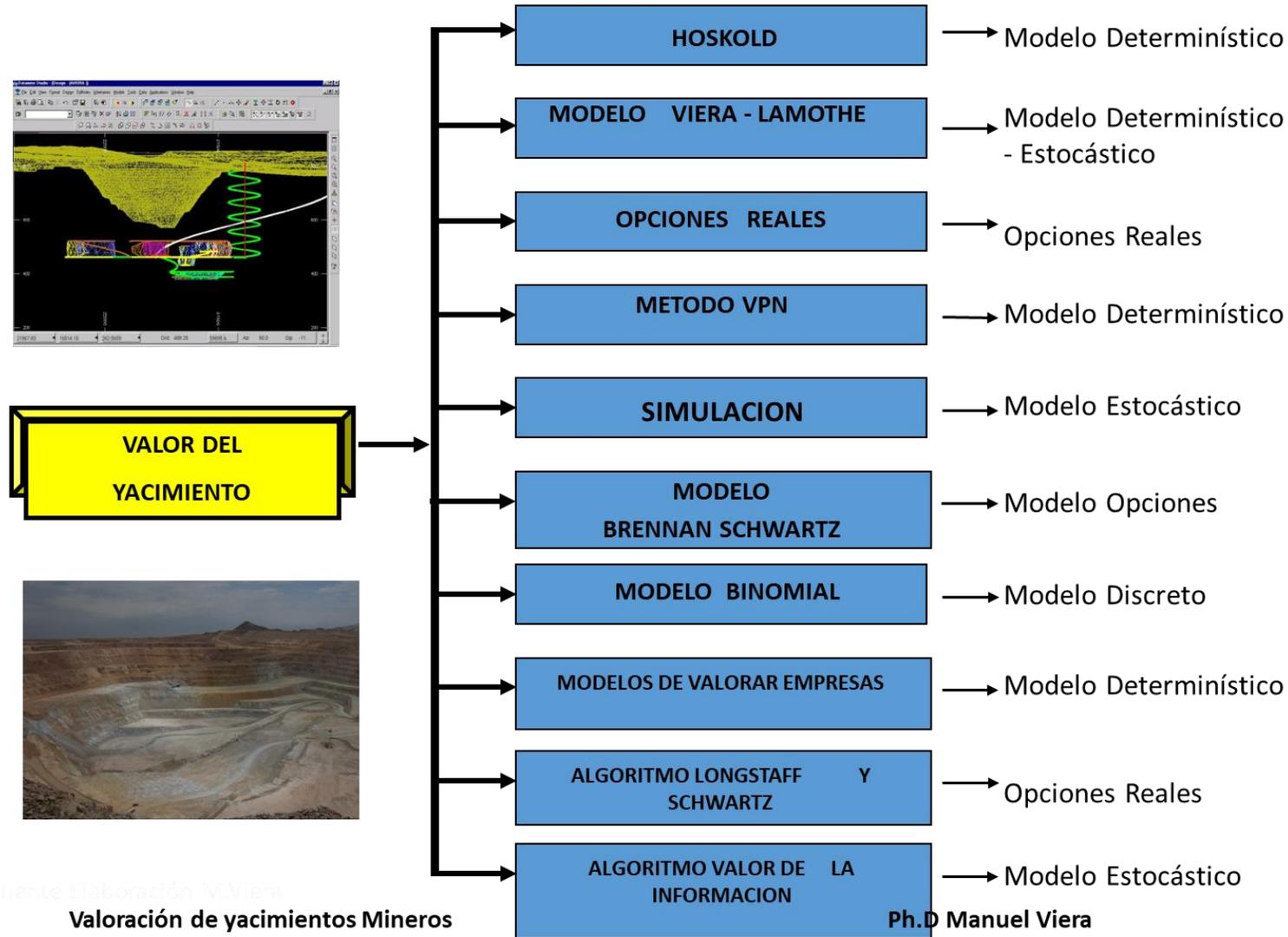
P (éxito): Representa la probabilidad de éxito de pasar los recursos inferidas y especulativas o hipotéticas a reservas económicamente explotables.

S : Representa la desviación estándar como medida de riesgo, representa el apetito del Riesgo.

Pa : Corresponde al pasivo ambiental que el yacimiento genera como producto de sus operaciones durante su vida y que **su obligación es reciclar**.

Ci : Corresponde a un intangible y es el **capital intelectual, marca y reputación** que el comprador se adueña al comprar un yacimiento incluyendo a la mano de obra.

MÉTODOS PARA VALORAR YACIMIENTOS



CASO DE ESTUDIO

VALORACION DE LA MINA DE FIERRO ESPERANZA CIA MINERA HIERRO TAL TAL



Decisión Valor = $E(VAN) * F_1 \pm E(\sigma) * F_2$ - **Despilfarros**

Donde $\sum F_1 = 1$

$E(VAN)$ = Valor Esperado del VAN

F_1 = Ponderador o Peso dado por la Probabilidad de ocurrencia

$E(\sigma)$ = Valor esperado de la Desviación estándar como medida de Riesgo

F_2 = Complemento de la Probabilidad



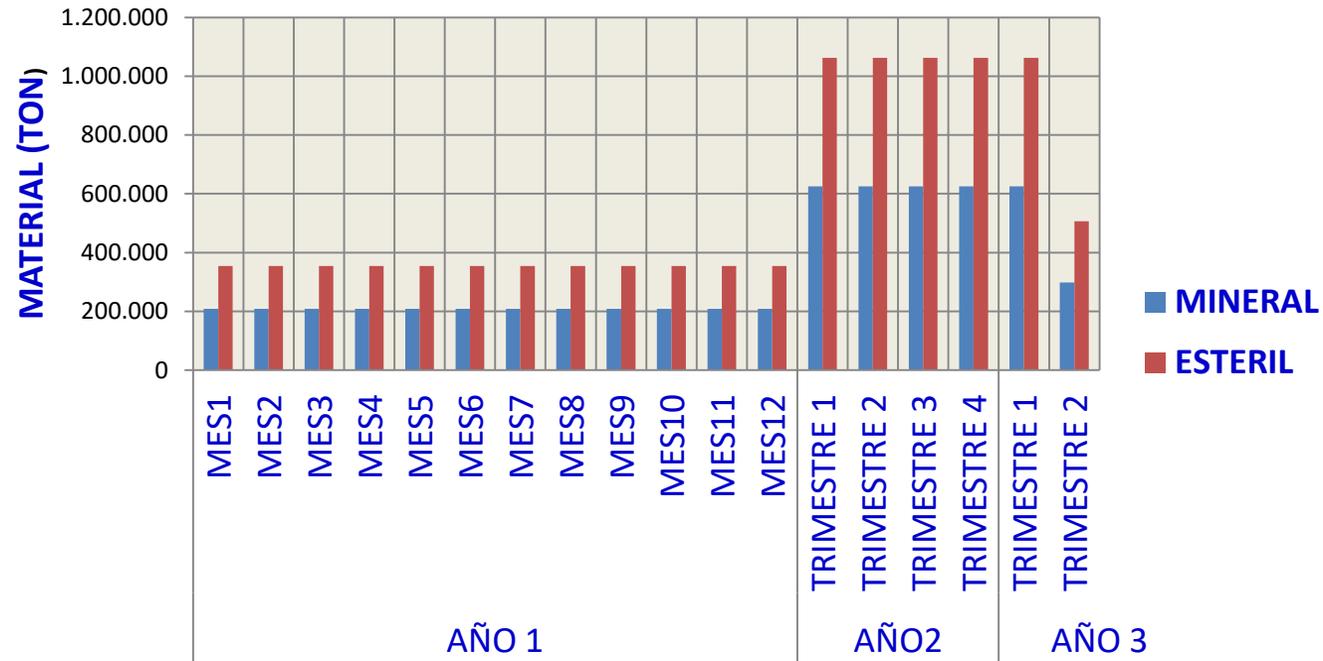
Consideraciones Técnicas y Económicas

PARÁMETROS ECONÓMICOS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
PRECIO	100	US\$/t
COSTO MINA	2,1	US\$/t
COSTO PLANTA	5	US\$/t
COSTO TRANSPORTE A PUERTO	14	US\$/t
COSTO DE EMBARQUE	12	US\$/t

PARÁMETROS TÉCNICOS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
RAZÓN LASTRE MINERAL	1,7	GL
RECUPERACIÓN METALÚRGICA	85%	%
ESTERIL	4.250.000	t/año
MINERAL A PLANTA	2.500.000	t/año
MINERAL A STOCK PILLE	2.500.000	t/año
RECUPERACIÓN EN PESO	40%	%
PRODUCCIÓN CONCENTRADO	1.000.000	t/año
DÍAS DE OPERACIÓN	355	días/año

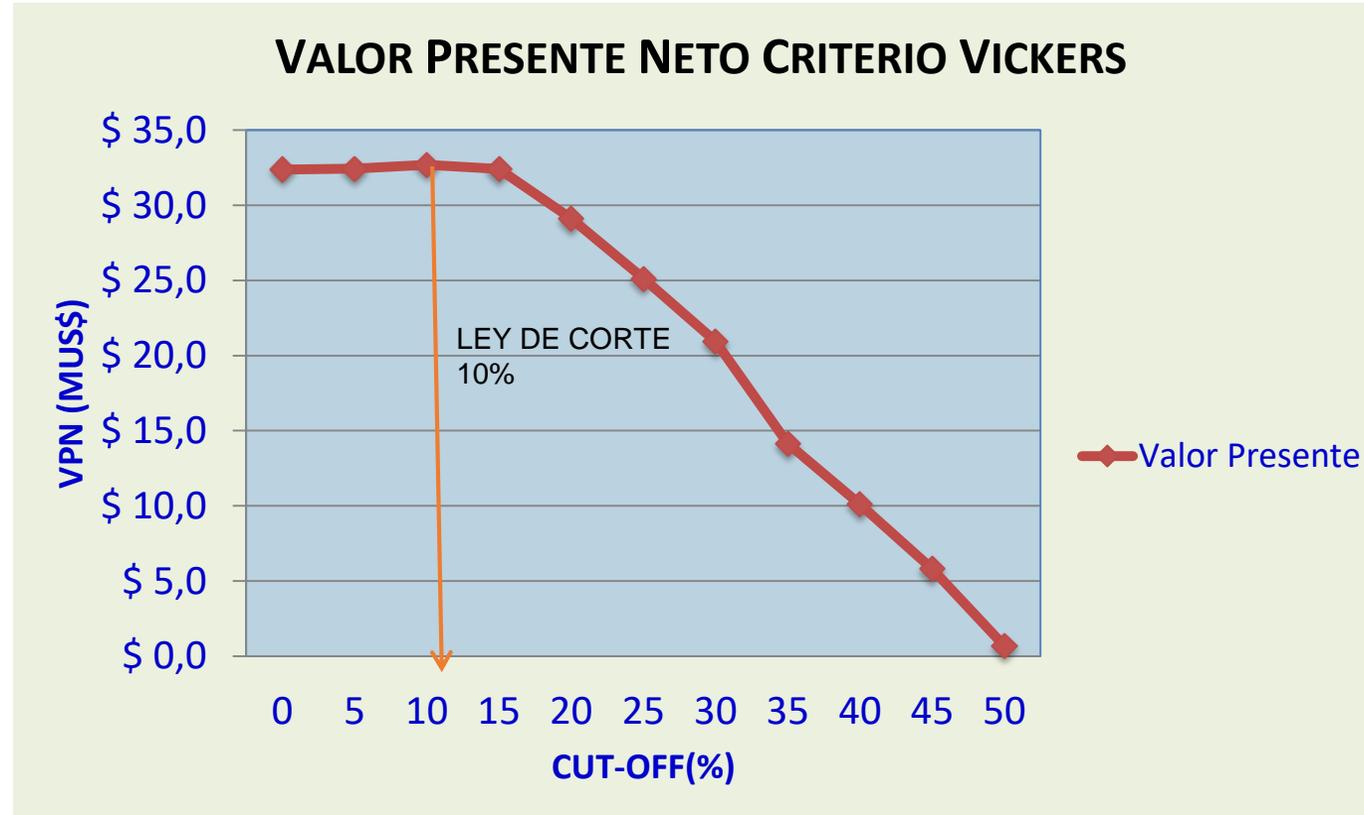
Plan de Producción Mina Esperanza

PLAN EXTRACCIÓN MINA SECTOR ESPERANZA ESCENARIO 2.5 MTON/AÑO DE MINERAL



VIDA OPERACIONAL MINA 2 AÑOS Y 5 MESES

Máximo VPN Criterio marginal Vickers



- El Valor del Máximo Valor Presente Neto alcanza un Monto de 32,7 MUS\$ a una Ley de Corte de 10% de FeMag.

Método K. Lane

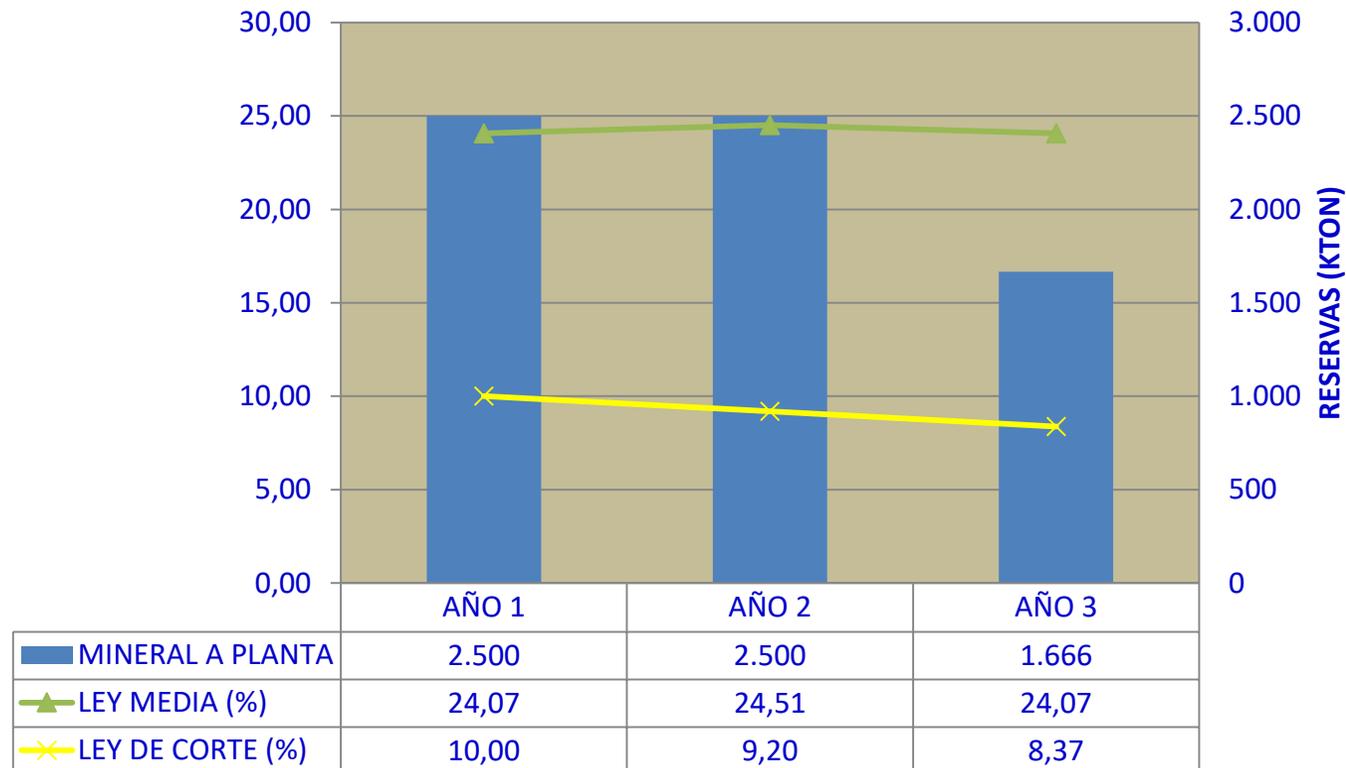
VAN SEGÚN LEY DE CORTE



- BALANCE ENTRE EL VPN DE LA MINA, PLANTA Y LA PRODUCCIÓN DEL FINO DEL FEMAG. LEY DE CORTE GENERADA POR LA PLANTA PRODUCTO DE SU LIMITANTE EN CAPACIDAD.

Método K. Lane

CONSUMO DE RESERVAS MINA ESPERANZA
METODOLOGÍA LANE



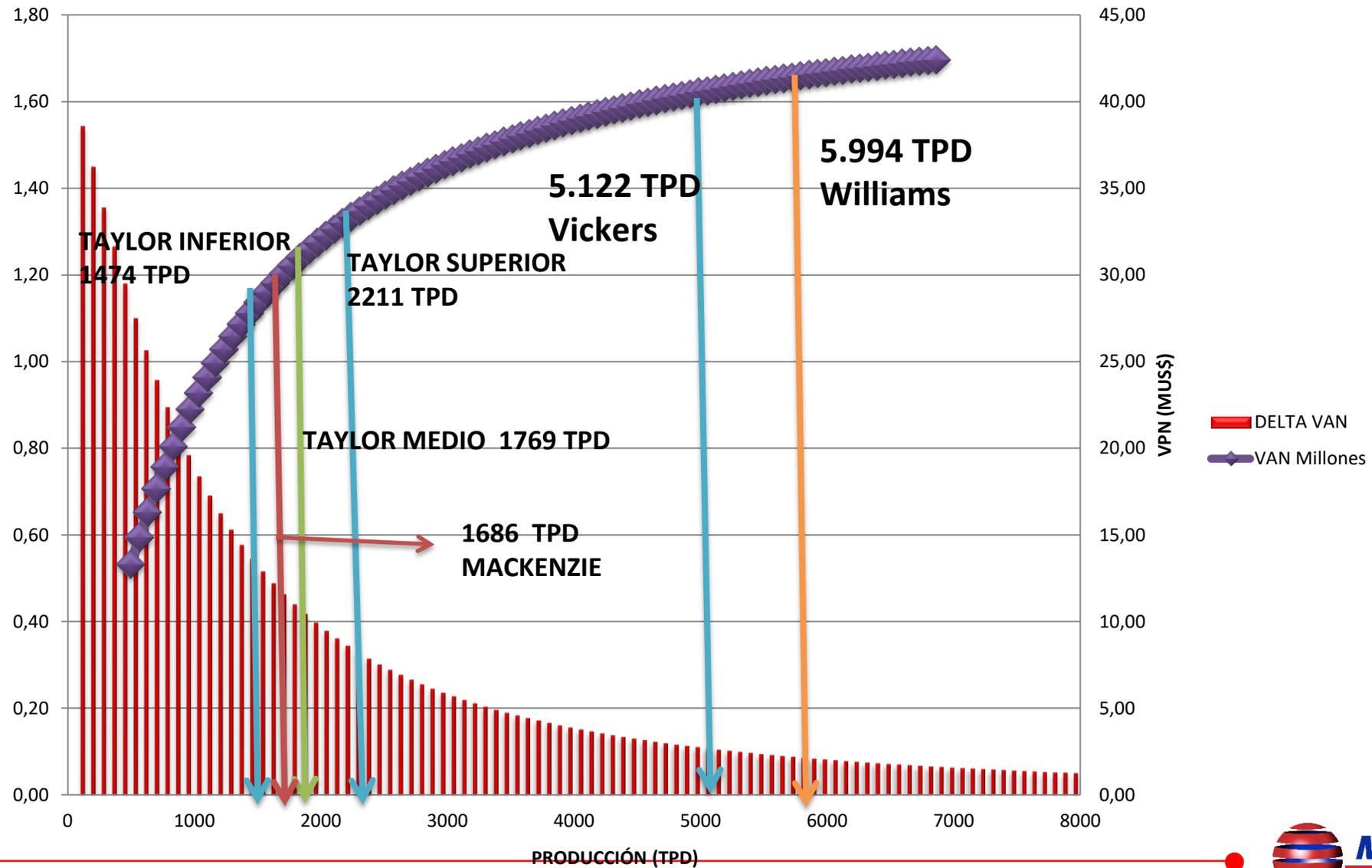
LEAN Aconseja siempre hacer mas de 2 o 3 estimaciones de un Drivers Minero

CUADRO RESUMEN DEL RITMO OPTIMO DE PRODUCCION MINA ESPERANZA

CRITERIO	ROP	VAN (MUS\$)	VIDA MINA	
Taylor Limite inferior	1.474	27,80	12,46	70,5% desviación
Taylor Valor medio	1.769	30,54	10,39	
Taylor Limite Superior	2.211	33,36	8,31	
Mackenzie	1.686	29,60	10,9	71,8% Desviación
Vickers	5.122	40,71	3,59	14,5% desviación
Williams	5.994	41,69	3,06	Es la decisión
Reservas Mineras	6,52	Mton		
Ley de corte	10,00	% Fe Mag		
Ley media	24,07	% Fe Mag		

RITMO ÓPTIMO DE PRODUCCIÓN SECTOR ESPERANZA

LEAN FILOSOFIA



ROP CRITERIO LANE Y ECONOMIA CIRCULAR

AÑO	LEY DE CORTE %	LEY MEDIA (%)	Qm Kt	Qc Kt	Qr Kt	qm Kt	qc Kt	qr Kt	VPN MUS\$
AÑO 0	9,94	24,98	6.697	6.524	1.385	1.866	1.818	386	43,07
AÑO 1	9,13	24,67	4.879	4.772	1.001	1.859	1.818	381	32,27
AÑO 2	8,27	24,37	3.060	3.006	623	1.851	1.818	377	20,86
AÑO 3	7,36	24,09	1.242	1.226	251	1.843	1.818	372	8,74

ENTONCES EL VALOR DEL ACTIVO INCLUYENDO FILOSOFIA LEAN Y ECONOMIA CIRCULAR ES:

E(VAN)	= 40,71 Millones US\$
Probabilidad de éxito	= 67 %
Probabilidad de Fracaso	= 33 %
Costo de la Incertidumbre	= 3,9 Millones US\$
Magnitud del Riesgo	= 2,1 Millones US\$
Pa Economía circular	= 1,5 Millones US\$
C2 Despilfarros	= 1,2 Millones US\$

Valor final = 38,01 Millones US\$

PROSPECTO MANUELITA I ONGON –PATAZ PERU

METODOLOGIA HURWICKS TASACION ECONOMICA DE PROSPECTOS Y ACTIVOS MINEROS

TASACION ECONOMICA DE YACIMIENTOS

EXPLORACION BASICA



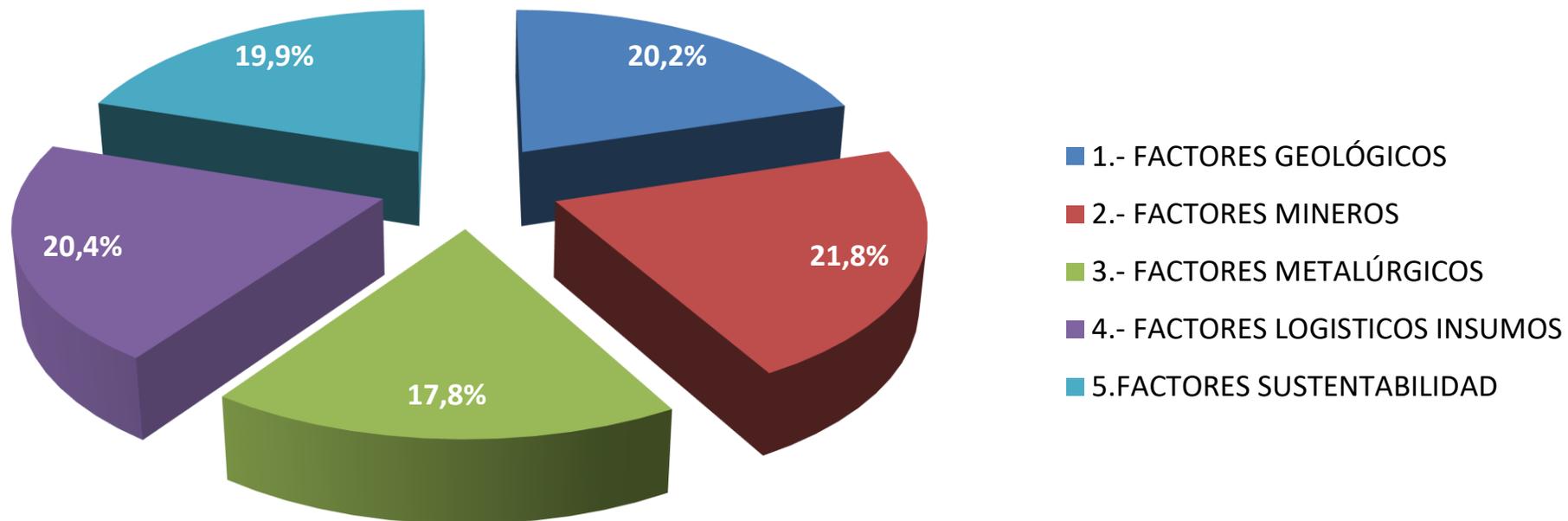
ITEM	ESCENARIOS				MACRO ESCENARIO	FACTORES TECNICOS				FACTORES SUSTENTABILIDAD			FACTORES ECONOMICOS		HEURISTICA DE DECISION				
	CONTINUIDAD DEL NEGOCIO	ESCENARIO	OBJETIVO	PROBABILIDAD		A = 40%				β = 40%			δ = 20%		TOTAL	RANKING			
						GEOLOGICOS	MINEROS	METALURGICOS	LOGISTICOS / INSUMOS	RENTABILIDAD	COMUNIDADES /SOCIAL	MEDIO AMBIENTE	INVERSION CAPEX	RIESGO DEL NEGOCIO			SUMA FACTORES TECNICOS	SUMA FACTORES SEGURIDAD	SUMA FACTORES ECONOMICOS
					20%	25%	15%	40%	30%	30%	40%	60%	40%						
ALTERNATIVAS	SI	EXPLORACION BASICA	IDENTIFICAR BLANCOS		A	4,8	5	4	4	7	3	2,4	5	1	1,7	1,6	0,7	4,0	1
		EXPLORACION INTERMEDIA	IDENTIFICAR CUERPOS		B	5	3	5	5	5	3	3	3	1	1,8	1,4	0,4	3,7	2
		EXPLORACION AVANZADA	DELIMITAR YACIMIENTO		C	3	1	5	5	5	3	3	3	1	1,4	1,4	0,4	3,3	3
		ESTUDIO PRE FACTIBILIDAD	TECNICA ECONOMICA FINANCIERA AMBIENTAL RESPONS.COMUNIDADES		D	3	3	3	5	5	3	3	1	1	1,5	1,4	0,2	3,2	4

Probabilidad conjunta = 14.1%

PROSPECTO MANUELITA 1
COPORACION AURIFERA DE ONGON - PATAZ S.A.C. - PERU

FACTORES SUSTENTABILIDAD		FAVORABLES				DESFAVORABLES				CRITICOS		F O R A R V A	D F O E A R S V A	C T A R I C
		ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO	BAJO			
Existencia Línea base Ambiental														
5.1	Cercanía Pueblos Originarios		5					3		1		5	3	1
5.2	Arqueología				1	7				1		1	7	1
5.3	Cercanía de reservas naturales				1	7				1		1	7	1
5.4	Cercanía de Centros Urbanos			3			5				1	3	5	0
5.5	Presencia de Acuífero				1	7				1		1	7	1
5.6	Flora y Fauna				1	7				1		1	7	1
5.7	Existencia de Reservorio de Glaciares	7							1		1	7	1	0
Regulación Ambiental														
5.8	Contaminación Aire				1	7				1		1	7	1
5.9	Contaminación Agua				1	7				1		1	7	1
5.10	Contaminación Ruido			3			5				1	3	5	0
5.11	Alteración del Paisaje				1	7				1		1	7	1
Residuos														
5.12	Industriales			3			5			1		3	5	1
5.13	Peligrosos				1	7				1		1	7	1
5.14	No Peligrosos			3			5			1		3	5	1
Permisos														
5.15	Sectoriales		5					3		1		5	3	1
5.16	Ambientales				1	7				1		1	7	1
		7	10	12	9	63	20	6	1	13	3	38	90	13
		6,3%	8,9%	10,7%	8,0%	56,3%	17,9%	5,4%	0,9%	81,3%	18,8%	33,9%	80,4%	81,3%
		2,4				5,6				1,0				
PROBABILIDAD		19.6%				80.4%				14.3%				

CONDICIONES CRITICOS ALTA



Análisis de Escenarios					
Precio del Au (USD/oz)		VAN (10%) MUSD	TIR	IVAN	PAYBACK (AÑOS)
1000	Pesimista	27,54	176%	6,89	0,57
1291	Más Probable	37,31	231%	9,33	0,43
1400	Optimista	40,97	252%	10,24	0,40

La probabilidad conjunta de que un blanco se transforme en cuerpo; un cuerpo se transforme en yacimiento es:

$$P(A) = P(\beta_1) \times P\left(\frac{A}{\beta_1}\right) + P(\beta_2) \times P\left(\frac{A}{\beta_2}\right) + P(\beta_3) \times P\left(\frac{A}{\beta_3}\right)$$

$$P(A) = 14,1\%$$

Entonces la tasación económica sería :

$$\text{VALOR JUSTO ACTIVO} = E(\text{VAN}) * P(\text{Exito}) - E(s) * P(\text{fracaso})$$

$$\text{Valor prospecto} = 37,31 * 14,1\% - 3,1 * 85,9 = 2,59 \text{ MU\$}$$

Intervalo de confianza en la negociación 95% confianza :

$$1,96 * s/n = 0,32 \text{ M}$$

Rango : (2,27 - 2,91) MUS\$

Metodologia Hoskold- Viera- Lamothe

$$V_T = V_p + (V_F * p (\text{éxito}) - S) - Pa + Ci \quad - \text{Despilfarros}$$

Donde:

P (éxito): Representa la probabilidad de éxito de pasar las reservas inferidas y especulativas o hipotéticas a reservas económicamente explotables.

S : Representa la desviación estándar como medida de riesgo.

Pa : Corresponde al pasivo ambiental que el yacimiento genera como producto de sus operaciones durante su vida.

Ci : Corresponde a un intangible y es el capital intelectual, marca y reputación que el comprador se adueña al comprar un yacimiento incluyendo a la mano de obra.

VALORACION YACIMIENTO MINERO: OPCION DE AMPLIACION EN 15.000 TPM

OPCIÓN AMPLIACIÓN					CASO BASE	VALOR OPCIÓN
Tasa de Descuento		Financiado (KUS\$)	Worst Case (KUS\$)	Best Case (KUS\$)	Financiado (KUS\$)	KUS\$
10%	Van Determinístico	92.667			56.492	36.175
	Van Risk	130.511	66.832	199.577	87.199	43.312
	Van Modelo de Precios	313.716			246.737	66.979
12%	Van Determinístico	81.983			48.854	33.129
	Van Risk	116.268	58.472	178.949	76.865	39.404
	Van Modelo de Precios	292.347			229.659	62.688
15%	Van Determinístico	68.897			39.613	29.284
	Van Risk	98.796	48.275	153.579	64.249	34.547
	Van Modelo de Precios	265.415			208.261	57.154

La Creación de Valor a través de Proyectos

Los que más agrega Valor:

- Descubrimiento de Nuevos Yacimientos e Incremento de Recursos Geológicos y Reservas Mineras
- Desarrollo de Proyectos Minero Nuevos o Expansiones
- Desarrollo de Nueva Tecnología e Innovación

En la Operación:

- Se realiza el valor
- También se optimiza y sustenta el valor a través de proyectos de mejoramiento y aseguramiento
- Filosofía Lean





Twitter: @Manuel_Viera

METAPROJECT POR UNA MINERIA PLANETARIA



MUCHAS GRACIAS!

Twitter: @Manuel_Viera