

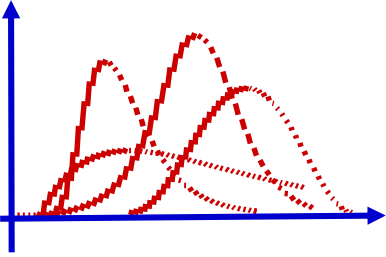
TASACIÓN ECONÓMICA DE ACTIVOS MINEROS UNA METODOLOGIA DE HURWICK

Una mirada practica



Manuel Viera F.
Gerente General
Metaproject
Twitter: @manuel_viera
www.metaproject.cl





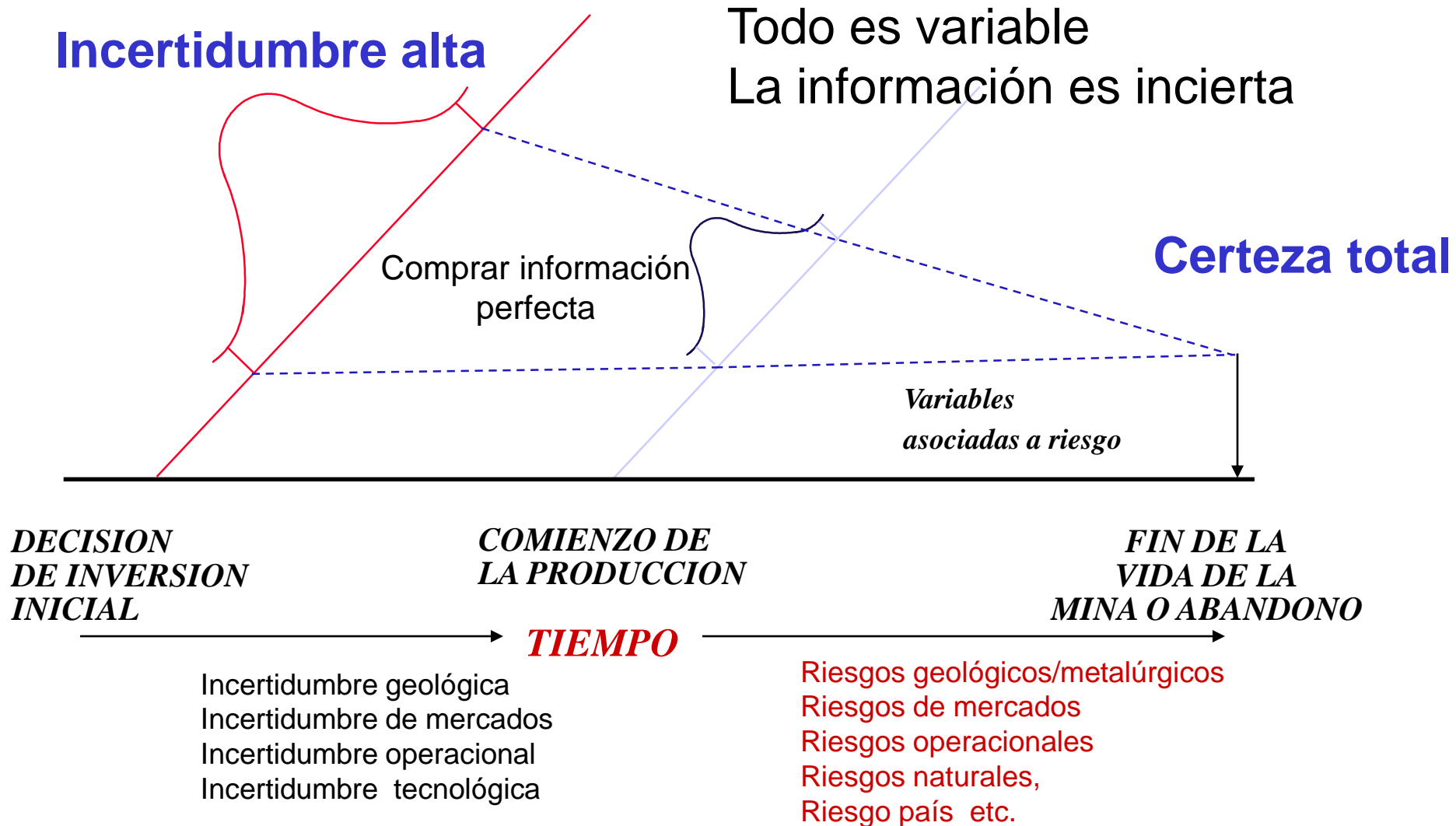
OBJETIVO

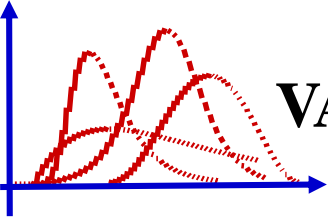


Presentar una metodología práctica de tasación económica de prospectos mineros con alto nivel de incertidumbre geológica a nivel de exploración Básica con un nivel de información geocientífica baja a media

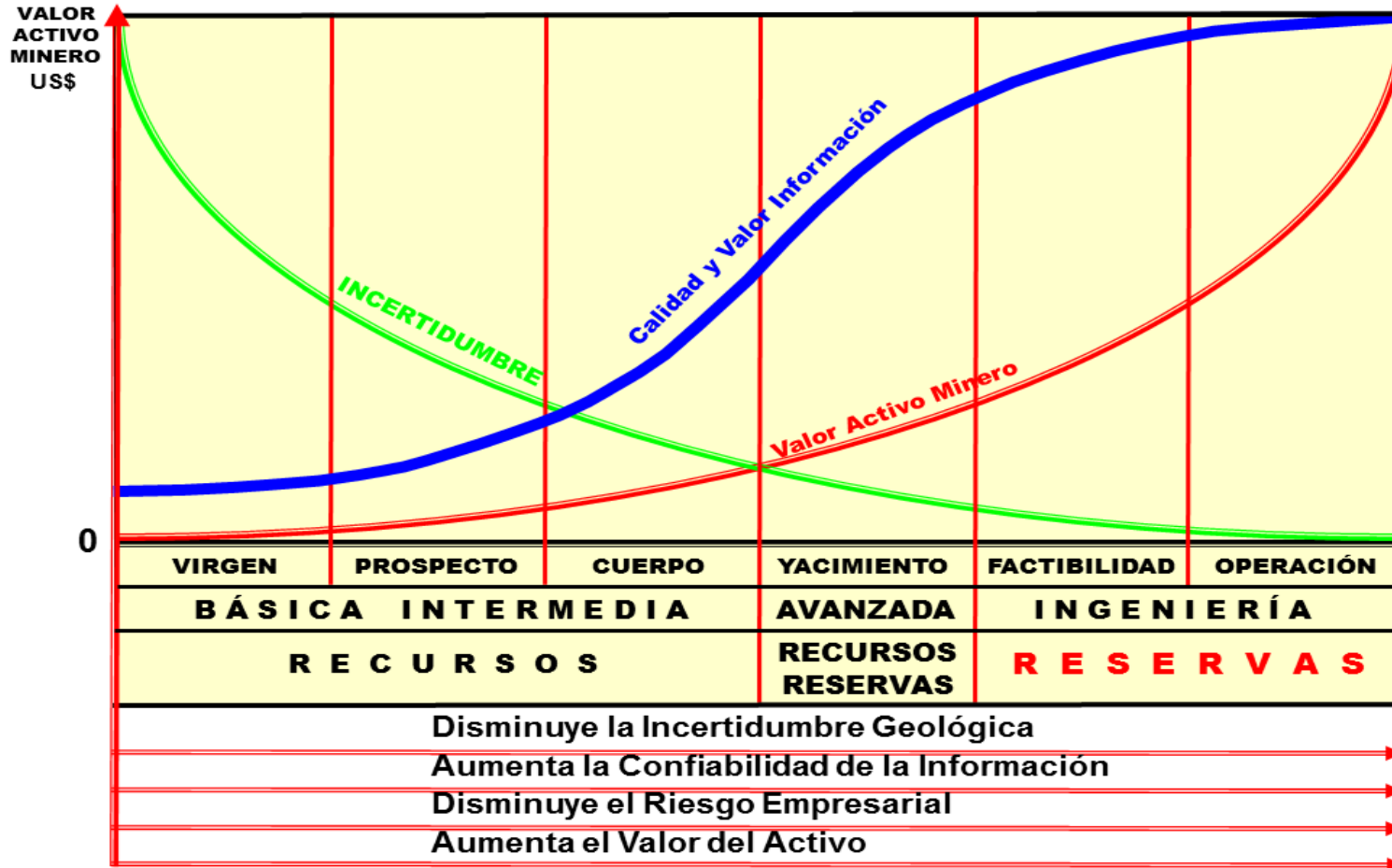


IMPACTO DEL RIESGO E INCERTIDUMBRE EN PROYECTOS MINEROS

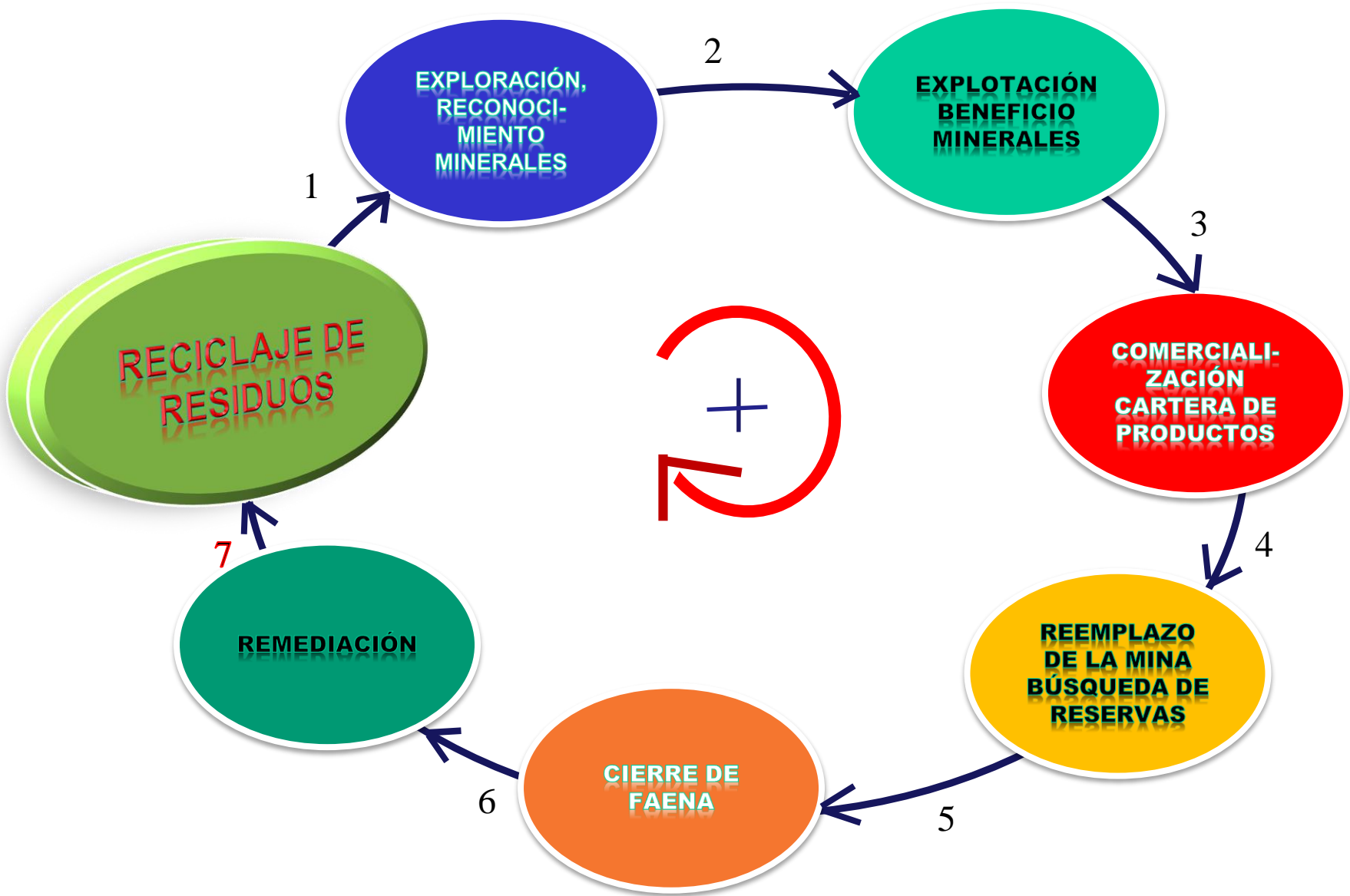


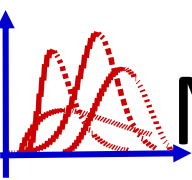


VALOR DEL ACTIVO – VALOR INFORMACION PERFECTA



CICLO DE VIDA NEGOCIO MINERO





Metodología Metaproject para Tasar prospectos mineros

Identificar
Riesgos e
Incertidumbres

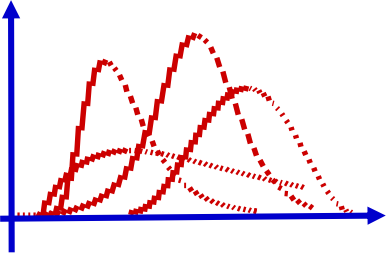
Valorar
factores o
driver técnicos,
económicos,
sustentabilidad

Determinar
probabilidades a nivel
básica,
intermedia
y avanzada

Árbol de
Decisiones

Tasación
económica





Importancia de las Reservas Mineras

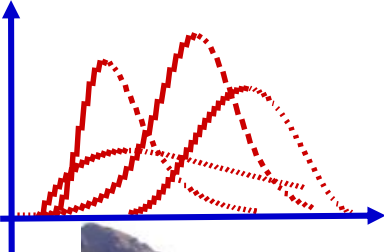
- Es la porción de cuerpo mineralizado que debería ser programado para el minado, si la decisión de explotarla y tratarla, incrementa el valor económico de la empresa, o del prospecto.
- No es una cantidad permanente y constante en el tiempo, sino variable y dependiente de las condiciones endógenas de la empresa que determinan la estrategia de operación, y también de las condiciones exógenas a la empresa (precios metales, política tributaria, marco jurídico, riesgos etc).

IMPORTANCIA DE LAS RESERVAS MINERAS

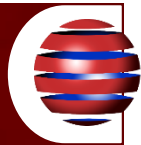


- a) Inicia la generación de valor de una empresa
- b) Es la base de toda operación minera actual o proyectada.
- b) Determina la escala de operación.
- c) Determina la vida del yacimiento.
- d) A partir de las reservas, se puede estimar el valor de los ingresos operacionales, y atractivo económico.
- e) Es la base para valorizar activos o empresas mineras.
- f) Se requiere para efectuar el estudio de factibilidad
- g) Influye indirectamente en la rentabilidad de proyectos mineros
- h) Se pueden utilizar como garantía para solicitar préstamos bancarios
- i) Driver mas importante en estudio NI 43101 o código JORC.



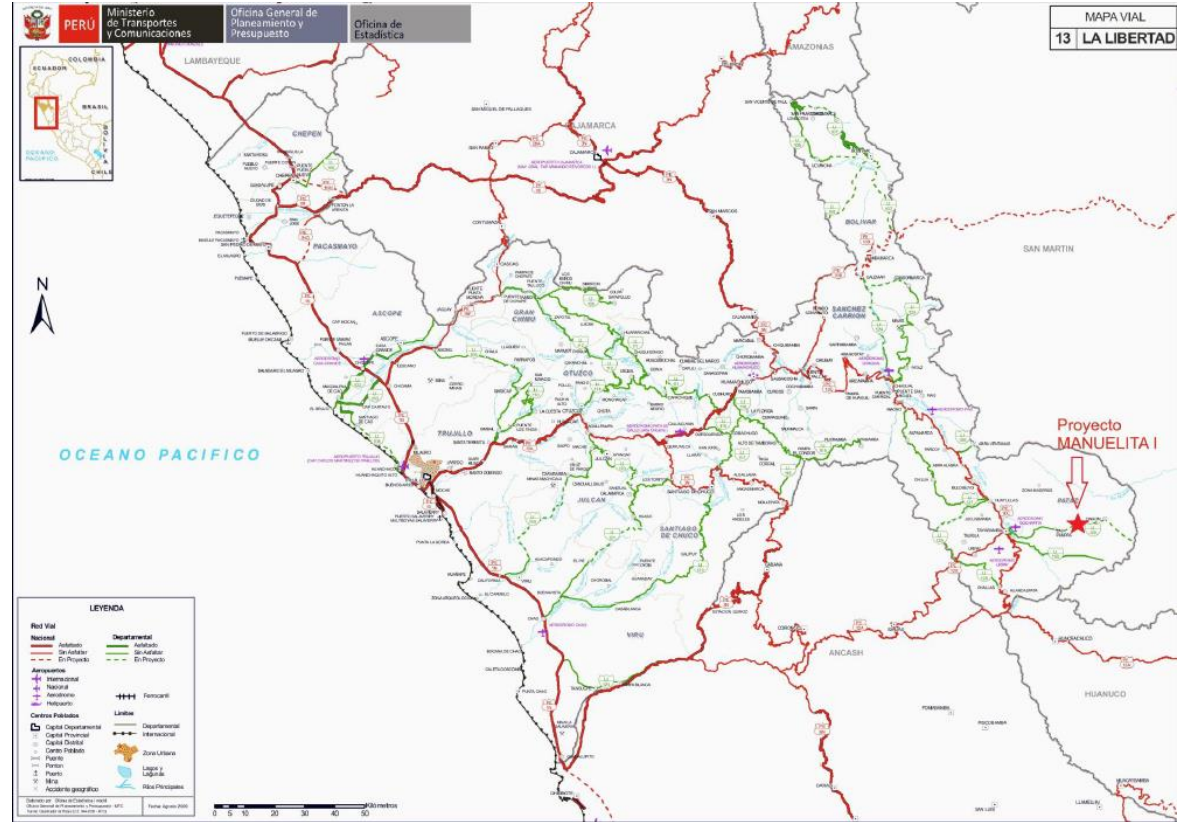


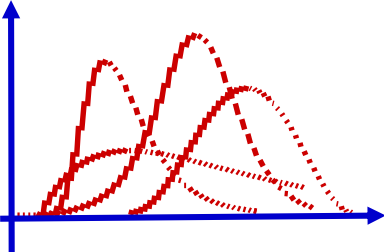
PROYECTO MANUELITA I
CORPORACIÓN AURÍFERA DE
ONGON – PATAZ S.A.C. PERÚ



Antecedentes: Ubicación

- El prospecto minero Aurífero “MANUELITA I”, se encuentra ubicado a 400 km al NE de la ciudad de Lima, en la naciente del Batolito de Pataz.





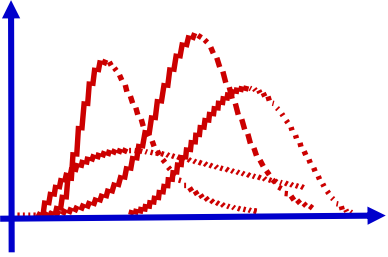
Antecedentes: Accesos

- Para acceder al prospecto minero Aurífero “MANUELITA I”, existen dos formas las mismas que se detallan en los siguientes cuadros:

Nº	Tramo	Distancia (Km)	Tiempo	Tipo De Vía
1	Lima –Trujillo	561	8 Horas	Panamericana Norte
2	Trujillo-Tayabamba	449	20 Horas	Carretera Asfaltada
3	Tayabamba - Huarimarca	30	1 Hora 30 Minutos	Trocha carrozable
4	Huarimarca - Mina	22	1 Hora 30 Minutos	Trocha carrozable
Total	Lima-Mina	1062	31 Horas	Vía Terrestre

Nº	Tramo	Distancia(Km)	Tiempo	Tipo De Vía
1	Lima –Trujillo	561	1 Hora	Avión
2	Trujillo – Aerop. Chagual	340	1 Hora	Avióneta
3	Aerop. Chagual - Tayabamba	90	3 Hora	Carretera Afimada
4	Tayabamba - Huarimarca	30	1 Hora 30 Minutos	Trocha carrozable
5	Huarimarca - Mina	22	1 Hora 30 Minutos	Trocha carrozable
Total	Lima-Mina	1041	8 Horas	Vía Mixta





Antecedentes:

- Este Prospecto se encuentra a una altura promedio de 3.800 metros sobre el nivel del mar.
- La topografía de la zona es de relieve accidentado y con quebradas de mucha pendiente.





Antecedentes: Mineralización

- Mineralización en forma de veta de potencia 0,9 a 1,5 metros, profundidad de 150 metros y longitud de 1.000 metros, generando recursos por 365.000 toneladas.
- Ley media Au: 13,65 gr/t – 15,1 gr/t



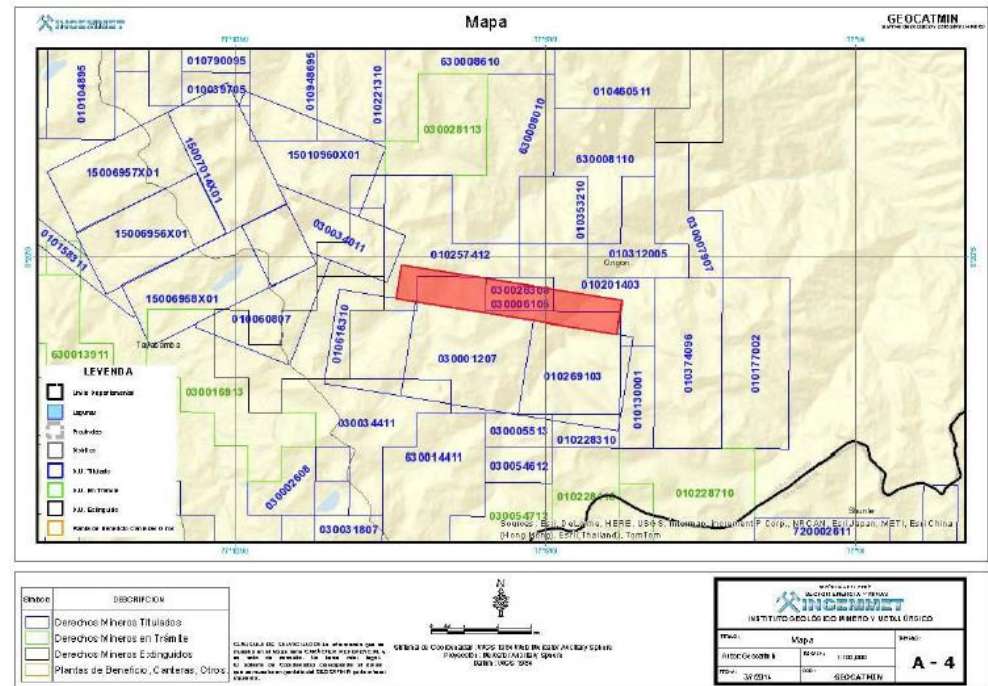
Antecedentes: Exploración

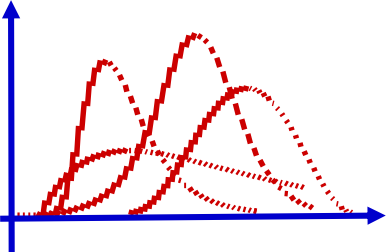
- Es un proyecto Greenfield con trabajos de Exploración básica mapeos, muestreos, geología estructural, análisis químico calicatas canales, reconocimiento por galerías subterráneas de exploración, trincheras y toma de muestras.



Antecedentes: Permisos

- Se cuenta con permisos de la autoridad peruana para exploración y explotación minera.
- Se han establecido relaciones con las comunidades del sector explicando el proyecto y buscando el beneficio mutuo.
- No se han realizado estudios de EIA ambientales respectivos.



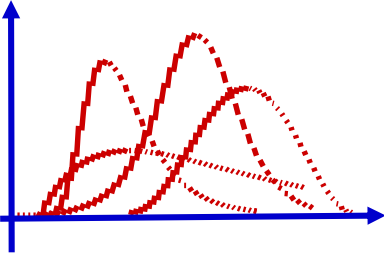


Evaluación Económica (lado dueño)

Años	1	2	3	...	10	11	12
Producción	14.400 t	28.800 t	28.800 t		28.800 t	28.800 t	28.800 t
Ventas	\$ 6.527.562	\$ 13.055.123	\$ 13.055.123		\$ 13.055.123	\$ 13.055.123	\$ 13.055.123
Gastos	\$ -360.000	\$ -720.000	\$ -720.000		\$ -720.000	\$ -720.000	\$ -720.000
Flujo antes de impuestos	\$ 6.167.562	\$ 12.335.123	\$ 12.335.123		\$ 12.335.123	\$ 12.335.123	\$ 12.335.123
Flujo de caja	\$ 4.625.671	\$ 9.251.343	\$ 9.251.343		\$ 9.251.343	\$ 9.251.343	\$ 9.251.343

Con el fin de continuar con las siguientes etapas de exploración del proyecto, se necesita la inyección de 2,5 MUS\$. Y la Búsqueda de financiamiento o un socio que ingrese al negocio.

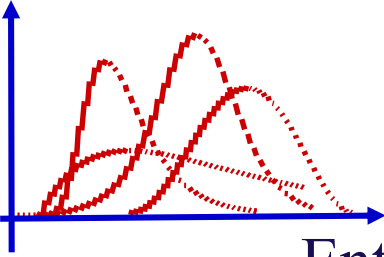




Decisiones estratégicas

- El proyecto de explotación Manuelita I consta de una cubicación de 365.000 t de recursos con una ley media de 13,65 gr/t de oro, mínimo a este nivel.
- Se observa que hay un potencial de negocio de gran valor económico en este proyecto, pero con baja nivel de información geocientífica.
- El dueño solicita valorar su activo, para la búsqueda de un socio que invierta en la inyección de capital para continuar con las siguientes etapas de exploración.
- Cuanto vale este negocio a este nivel de información geocientífica?

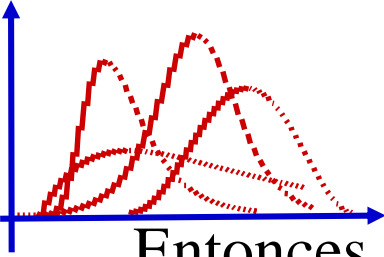




Entonces se trata de darle un valor a la tierra.....
Como valorar riesgo e incertidumbre?

El valor de un activo viene dado por 3 escenarios diferentes y secuenciales:

- $P(\text{Exploración Básica})$
- $P(\text{Exploración intermedia})$
- $P(\text{Exploración Avanzada})$



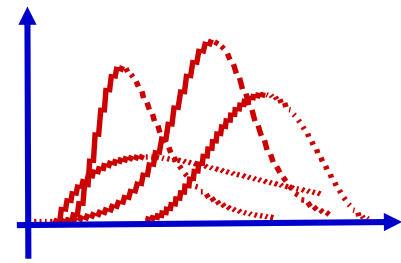
Entonces modelamos que:

A = evento encontrar un yacimiento que sea exitoso como negocio entonces:

- β_1 = éxito exploración Básica
- β_2 = éxito exploración Intermedia
- β_3 = éxito exploración avanzada

Luego :

$$P(A) = P(A \cap \beta_1) + P(A \cap \beta_2) + P(A \cap \beta_3)$$



Pero:

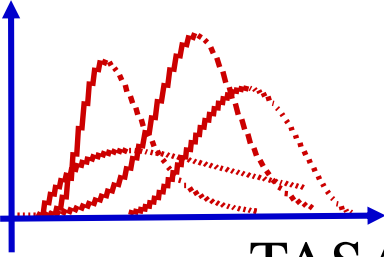
$$(A \cap \beta_1) ; (A \cap \beta_2) ; (A \cap \beta_3)$$

Son mutuamente excluyente entonces por la regla multiplicatoria:

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

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(\beta_i) \times P\frac{A}{\beta_i} \quad \text{Teorema de Bayes}$$

Las probabilidades aplicadas en valorar económicamente un prospecto mineros son condicionales



TASACIÓN ECONOMICA DE YACIMIENTOS PROSPECTO A NIVEL DE EXPLOTACION BÁSICA

Caso de estudio **PROSPECTO MANUELITA I ONGON –PATAZ PERU**

METODOLOGIA METAPROJECT



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%		SUMA FACTORES ECONOMICOS	TOTAL	RANKING		
						GEOLOGICOS	MINEROS	METALURGICOS	LOGISTICOS / INSUMOS	RENTABILIDAD	COMUNIDADES /SOCIAL	MEDIO AMBIENTE	INVERSION CAPEX	RIESGO DEL NEGOCIO				SUMA FACTORES TECNICOS	SUMA FACTORES SEGURIDAD
					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

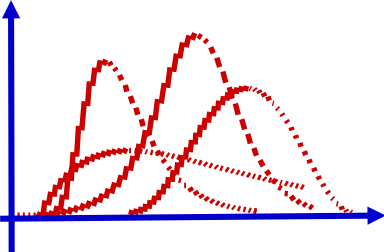
Probabilidad conjunta = 14.1%



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

1.- FACTORES GEOLÓGICOS	FAVORABLES 30%				DESFAVORABLES 30%				CRITICOS 40%		SUMA FAVORABLES	SUMA DESFAVORABLES	SUMA CRITICOS
	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO	BAJO			
1.1.- Existencia de Sondajes AR				1	7				1		1	7	1
1.2.- Existencia de Sondajes DTH				1	7				1		1	7	1
1.3.- Mapeo Geológico	7							1	1		7	1	1
1.4.- Calicatas		5				5			1		5	5	1
1.5.- Muestreo Sistemático			3			5				1	3	5	0
1.6.- Muestreo Aleatorio		5					3		1		5	3	1
1.7.- Existencia Trabajos Subterráneos con trabajos geológicos	7							1	1		7	1	1
1.8.- Topografía actualizada		5					3		1		5	3	1
1.9.- Area estudio total / parcial		5					3		1		5	3	1
1.10.- Modelos geológicos actualizados			3			5			1		3	5	1
1.11.- Posibilidad continuidad de mineralización	7							1	1		7	1	1
1.12.- Posibilidad que Blanco se transforme en Cuerpo	7							1	1		7	1	1
1.13.- Posibilidad que Cuerpo se transforme en Yacimiento		5					3		1		5	3	1
1.14.- Modelo Geológico de Evaluación			3			5				1	3	5	0
1.15.- Blancos cercanos probados (vecinos) análogos	7							1	1		7	1	1
1.16.- Posibilidad de encontrar otros elementos útiles (contenidos útiles)			3			5				1	3	5	0
1.17.- Tipo de Estructura mineralizada	7							1	1		7	1	1
	42	25	12	2	14	25	12	6	14	3	81	57	14
	35,3%	21,0%	10,1%	1,7%	11,8%	21,0%	10,1%	5,0%	82,4%	17,6%	68,1%	47,9%	82,4%
	4,8				3,4								
PROBABILIDAD	68,1%				31,9%								

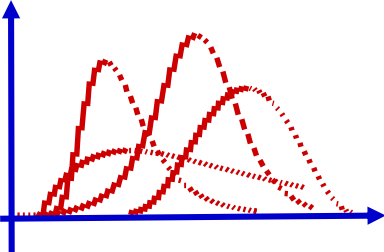




PROSPECTO MANUELITA 1
COPORACION AURIFERA DE ONGON - PATAZ S.A.C. - PERU

2.- FACTORES MINEROS	FAVORABLES				DESFAVORABLES				CRITICOS		S F R J A A E V B S O L	D F R E A A S V B - O L	S C I U R C M I O A T S
	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO	BAJO			
2.1.- Calidad de la roca	7							1	1		7	1	1
2.2.- Ley Au 13,65 gr/t	7							1	1		7	1	1
2.3.- Dureza		5					3		1		5	3	1
2.8.- Emplazamiento Cuerpo Mineralizado		5					3			1	5	3	0
2.9.- Recuperación -Método de Explotación		5					3		1		5	3	1
2.10.- Comportamiento Geomecánico		5					3		1		5	3	1
2.11.- Existencia de agua		5					3		1		5	3	1
2.12.- Dilución / Caída Ley		5					3		1		5	3	1
2.13.- Blastibility			3			5			1		3	5	1
	14	30	3	0	0	5	18	2	8	1	47	25	8
	22,2%	47,6%	4,8%	0,0%	0,0%	7,9%	28,6%	3,2%	88,9%	11,1%	74,6%	39,7%	89%
	5,2				2,8				1,0				
PROBABILIDAD	74,6%				25,4%				14,3%				

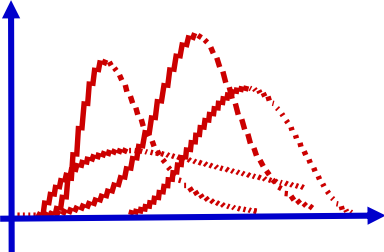




PROSPECTO MANUELITA 1
COPORACION AURIFERA DE ONGON - PATAZ S.A.C. - PERU

3.- FACTORES METALÚRGICOS		FAVORABLES				DESFAVORABLES				CRITICOS		F O R A R I V A B	D F O E A R S V A	C T A R I C
		ALTO	MEDIO	BAJO	NULO	ALTO	MEDIO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO			
		7	5	3	1	7	5	3	1					
3.1.-	Recuperación Metalúrgica		5				3			1		5	3	1
3.2.-	Mineral 1 Au gr/t (13.65)		5				3			1		5	3	1
3.3.-	Mineral 2											0	0	0
3.4.-	Mineral 3											0	0	0
3.5.-	Mineral 4											0	0	0
3.6.-	Mineral 5											0	0	0
3.7.-	Indice de Dureza WI		5				3			1		5	3	1
3.8.-	Consumo de ácido				1	7					1	1	7	0
3.9.-	Grado de fragmentación			3			5			1		3	5	1
3.10.-	Grado liberación metal (microscopía)			3			5			1		3	5	1
3.11.-	Razón de concentración	7						1		1		7	1	1
3.12.-	Costo Conminución			3			5			1		3	5	1
3.13.-	Existencia de pruebas metalúrgicas				1	7				1		1	7	1
3.14.-	Importancia de Impurezas			3			5				1	3	5	0
3.15.-	Consumo de reactivos			3			5				1	3	5	0
		7	15	15	2	14	25	9	1	8	3	39	49	8
		6,7%	14,3%	14,3%	1,9%	13,3%	23,8%	8,6%	1,0%	72,7%	27,3%	37,1%	46,7%	53,3%
		3,5				4,5				1,0				
PROBABILIDAD		50,6%				49,4%				14,3%				

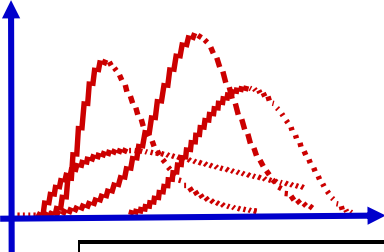




**PROSPECTO MANUELITA 1
COPORACION AURIFERA DE ONGON - PATAZ S.A.C. - PERU**

4.- FACTORES LOGISTICOS INSUMOS	FAVORABLES				DESFAVORABLES				CRITICOS		F O R A R U V A R	D F O E A R U 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			
4.1.- Accesos		5					3		1		5	3	1
4.2.- Distancia Puerto / Cliente			3			5			1		3	5	1
4.3.- Disponibilidad de Energía			3			5			1		3	5	1
4.4.- Disponibilidad de Agua			3			5			1		3	5	1
4.5.- Disponibilidad de Mano Obra Calificada			3			5			1		3	5	1
4.6.- Tecnología		5					3			1	5	3	0
	0	10	12	0	0	20	6	0	5	1	22	26	5
	0%	20%	24%	0%	0%	41%	12%	0%	83%	17%	45%	53%	71%
	3,7				4,3				1,0				
PROBABILIDAD	52,4%				47,6%				14,3%				





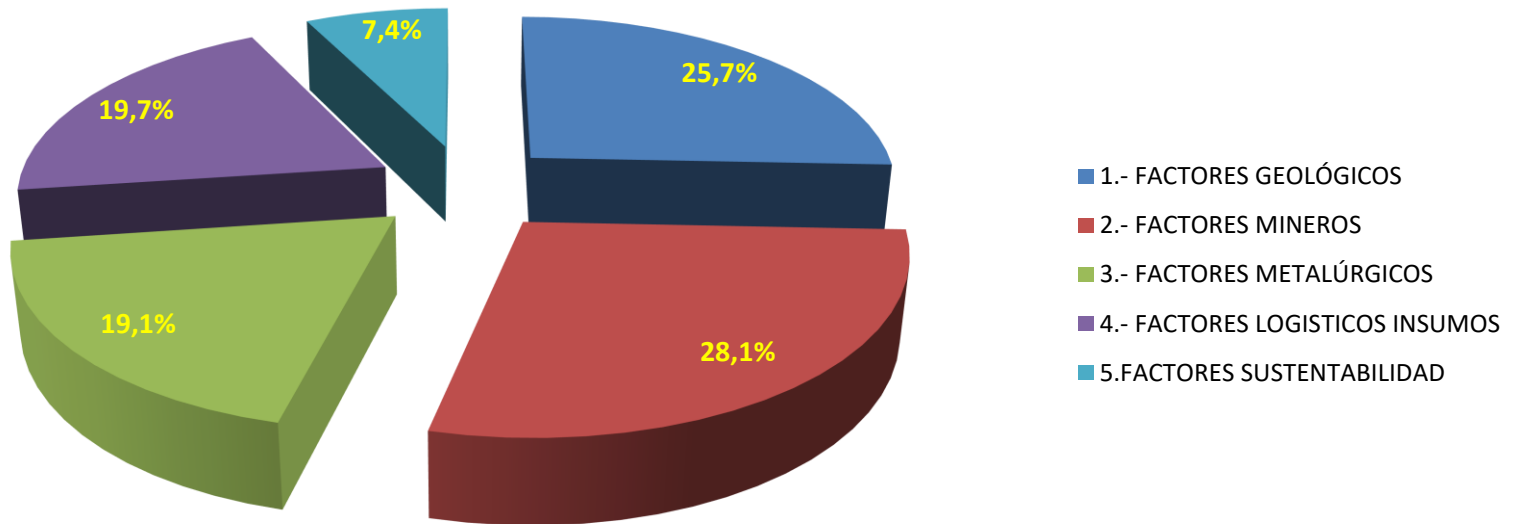
PROSPECTO MANUELITA 1
COPORACION AURIFERA DE ONGON - PATAZ S.A.C. - PERU

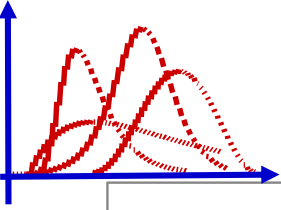
FACTORES SUSTENTABILIDAD	FAVORABLES				DESFAVORABLES				CRITICOS		F O R A R I V A R	D F O E A R S V A	C T A R I I C	
	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO 7	MEDIO 5	BAJO 3	NULO 1	ALTO	BAJO				
Existencia Línea base Ambiental														
5.1	Cercanía Pueblos Originarios		5				3		1		5	3	1	
5.2	Arqueología			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%						



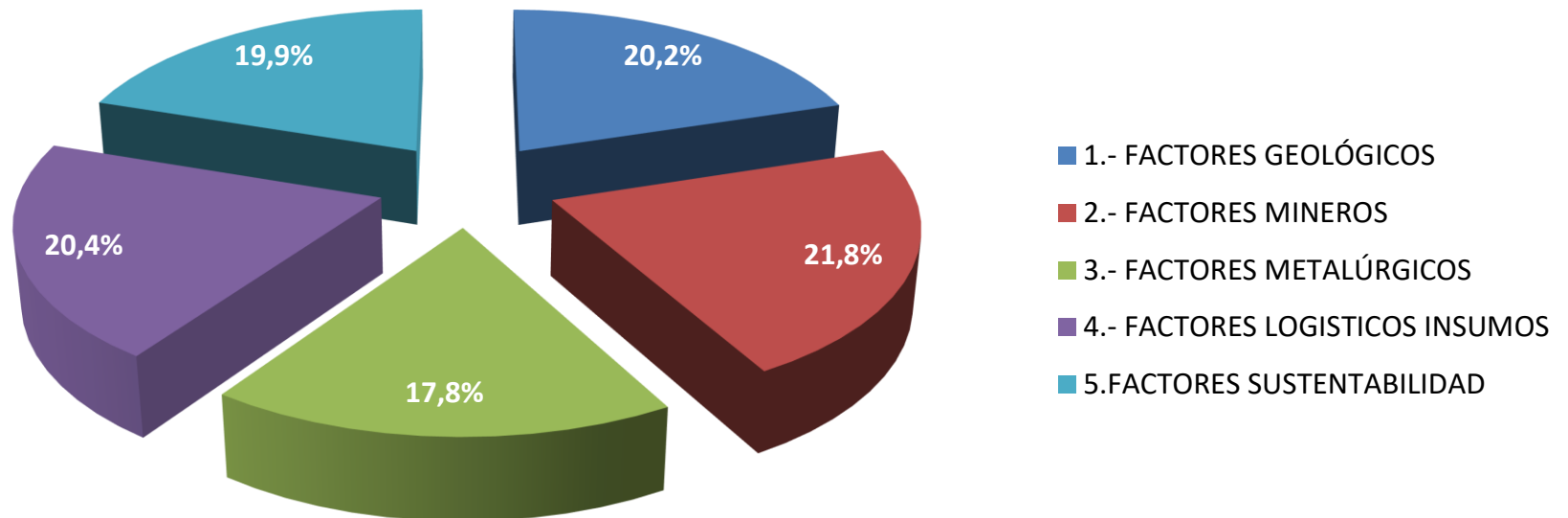


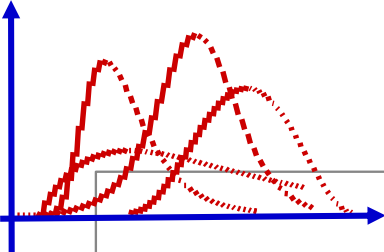
CONDICIONES FAVORABLES PARA LOS FACTORES DE EXPLORACIÓN BÁSICA



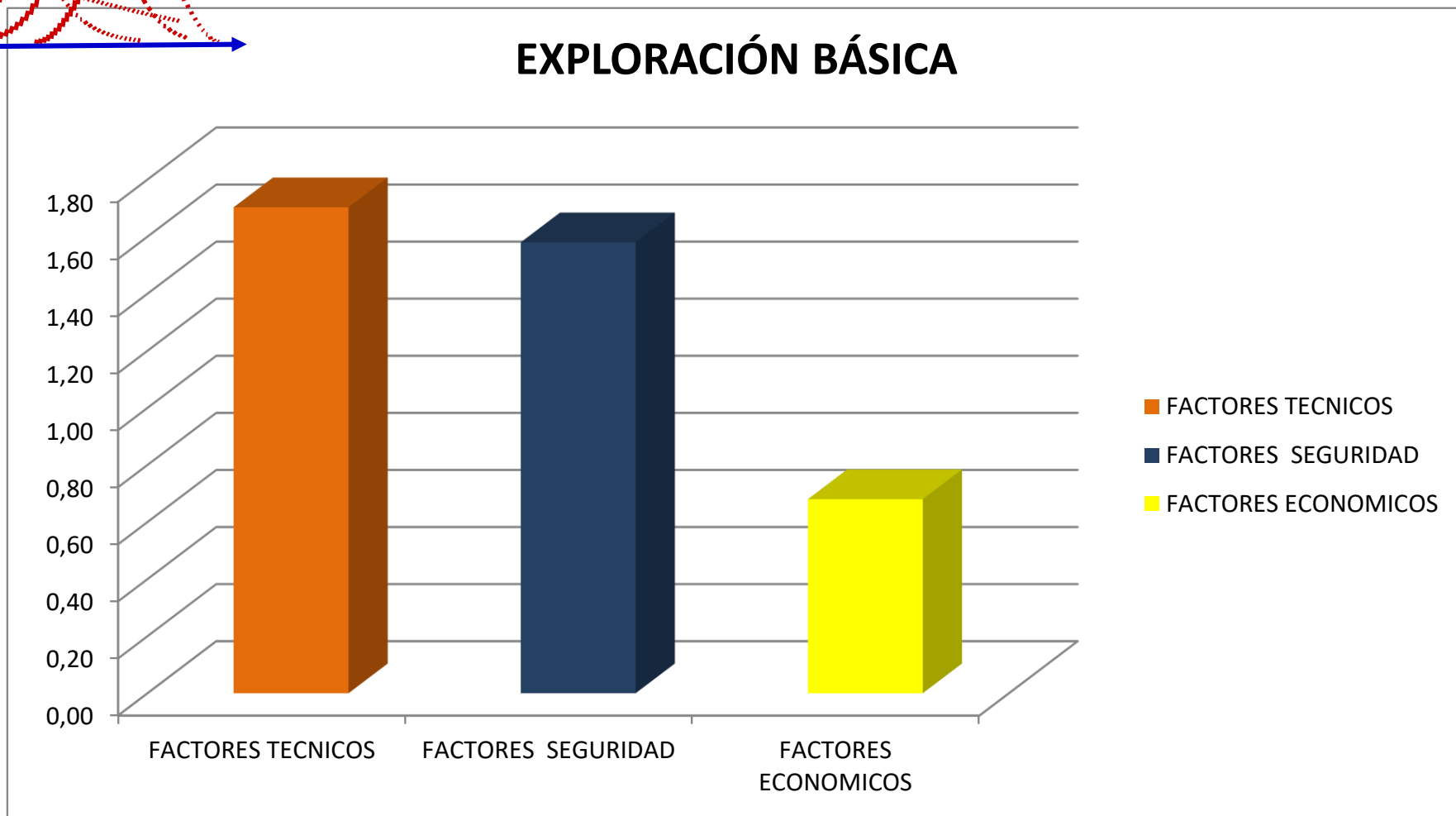


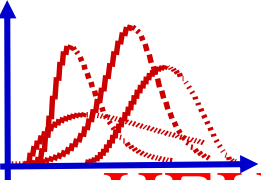
CONDICIONES CRITICOS ALTA





EXPLORACIÓN BÁSICA





HEURISTICA DE VALORACION CON RIESGO

- **Criterio de Valoración Activo Minero bajo Riesgo e Incertidumbre**

$$\text{VALOR JUSTO ACTIVO} = E(\text{VAN}) * F_1 \pm E(\sigma) * F_2$$

Donde: $= \sum F_1 = 1$

E(VAN) = Valor Esperado del VAN

F₁ = Probabilidad de exito

E(σ) = Valor esperado de la Desviación estándar como medida de riesgo

F₂ = Probabilidad de fracaso



RESULTADOS ECONOMICOS

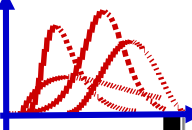
Análisis de Escenarios

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

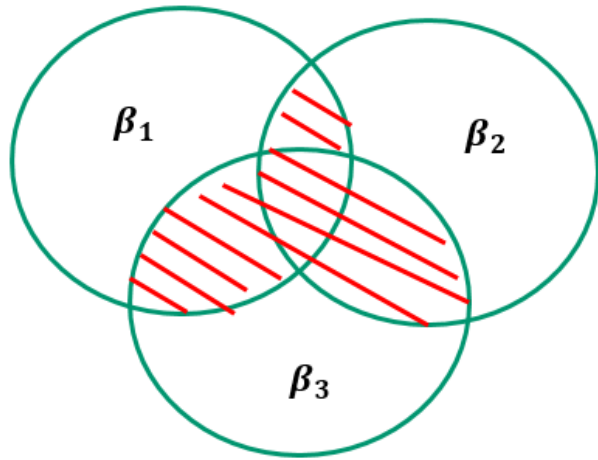
La probabilidad conjunta de que un blanco se transforme en cuerpo; un cuerpo se transforme en yacimiento es:

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

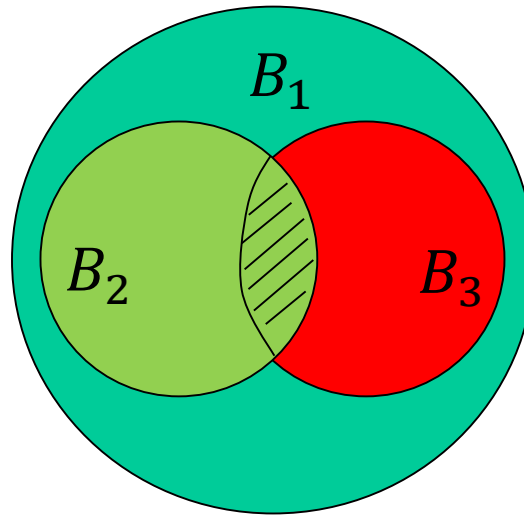
$$P(A) = 14,1\%$$



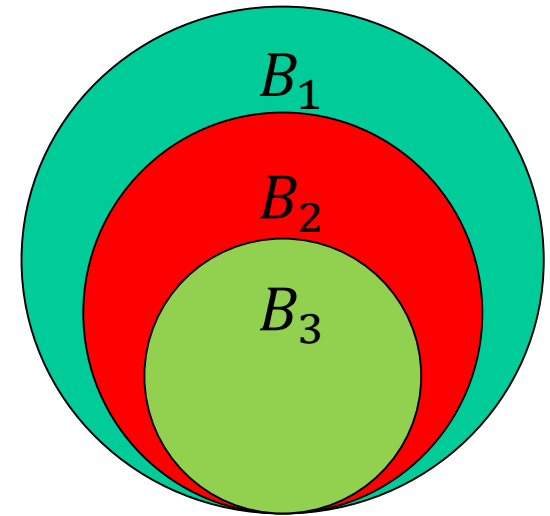
Ingeniería de Proyectos en Base a Sucesos



$$(B_1 \cap B_2 \cap B_3)$$



$$B_1 + (B_2 \cap B_3)$$



$$B_1 \cup B_2 \cup B_3$$

Entonces la tasación económica sería :



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

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

Intervalo de confianza en la negociación 95% confianza :

$$x - 1,96 * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \bar{x} \leq x + 1,96 * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Valor del Negocio} = 0,32 \text{ MUS\$}$$

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

CONCLUSIONES



1. Se presento una metodología practica fácil y sencilla de usar empleando técnicas de árbol de decisiones secuenciales y Hurwick.
2. En general existen muchos prospectos geológicos con baja información geocientifica que se rechazan por no contra con un mínimo nivel de información base.
3. Esta metodología se basa en un panel de expertos para determinar las probabilidades y el potencial futuro del activo.
4. Análisis de Riesgo Opciones reales son metodologías apropiadas para Valorar.