



EVALUACION RECURSOS y RESERVAS EN VETAS ANGOSTAS

EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA

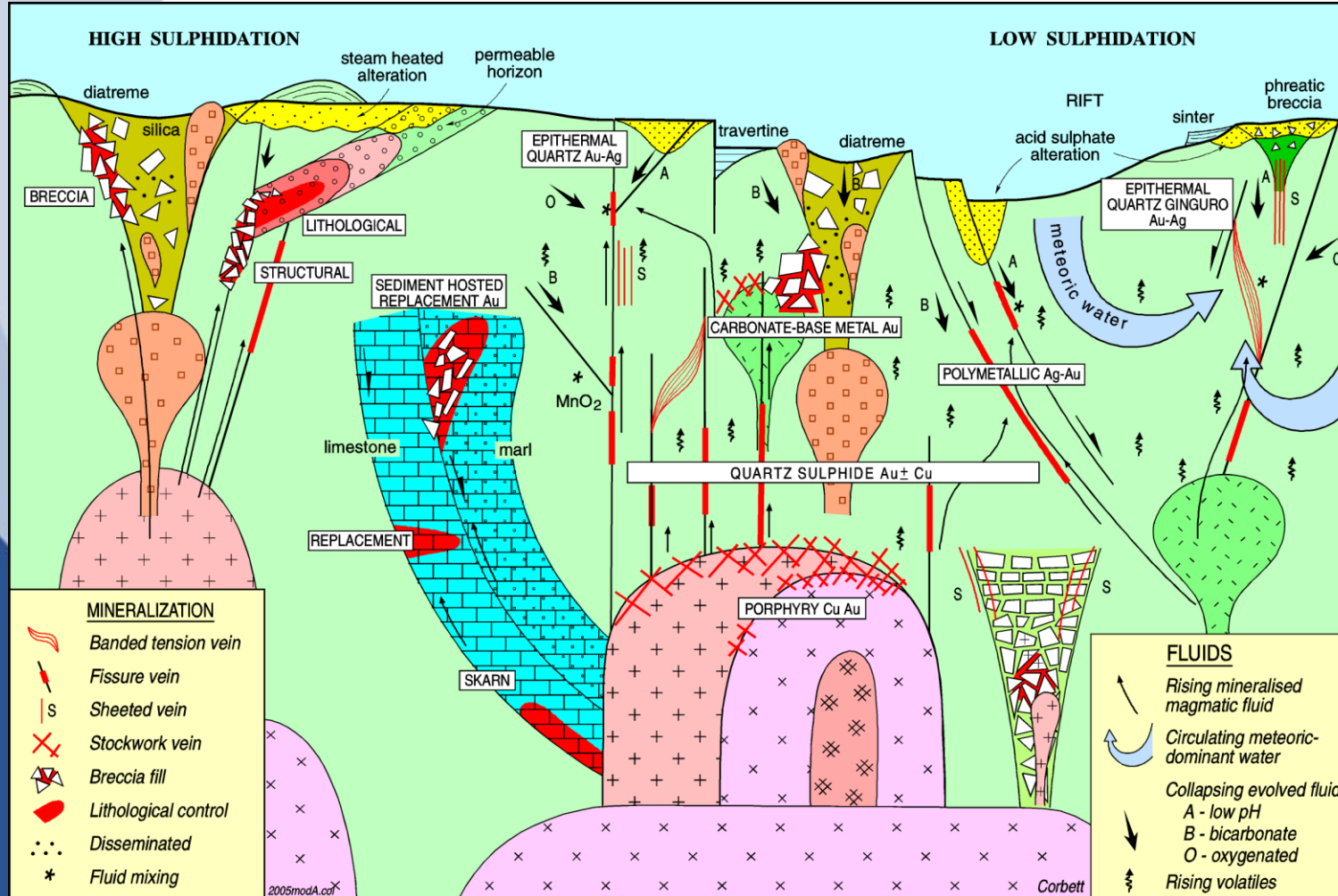


VETA ANGOSTA ó NARROW VEINS: Son estructuras de formación post-magmática, tectónicas, en su mayoría de origen hidrotermal, las cuales son rellenas por mineralización del tipo tabular, heterogénea, normalmente subvertical (algunos casos con manteos bajos), emplazadas a distintos niveles corticales.

Características:

- La potencia de la estructuras mineralizadas son menores a 3 mts.
- Pueden existir un único evento mineralizados o múltiples eventos mineralizadores.
- Cuerpos únicos o múltiples, determinan la asignación de veta principal y vetas secundarias.
- Controladas estructuralmente bajo ambientes extensionales, compresivos o transtensionales.
- Las extensiones de la mineralización tanto vertical y horizontal, es mucho mejor en la estructura principal que en las secundarias.
- Los contenidos metálicos y de leyes pueden diferir entre la estructura principal y secundarias.
- La continuidad geológica, morfológica y de leyes es de una alta variabilidad.

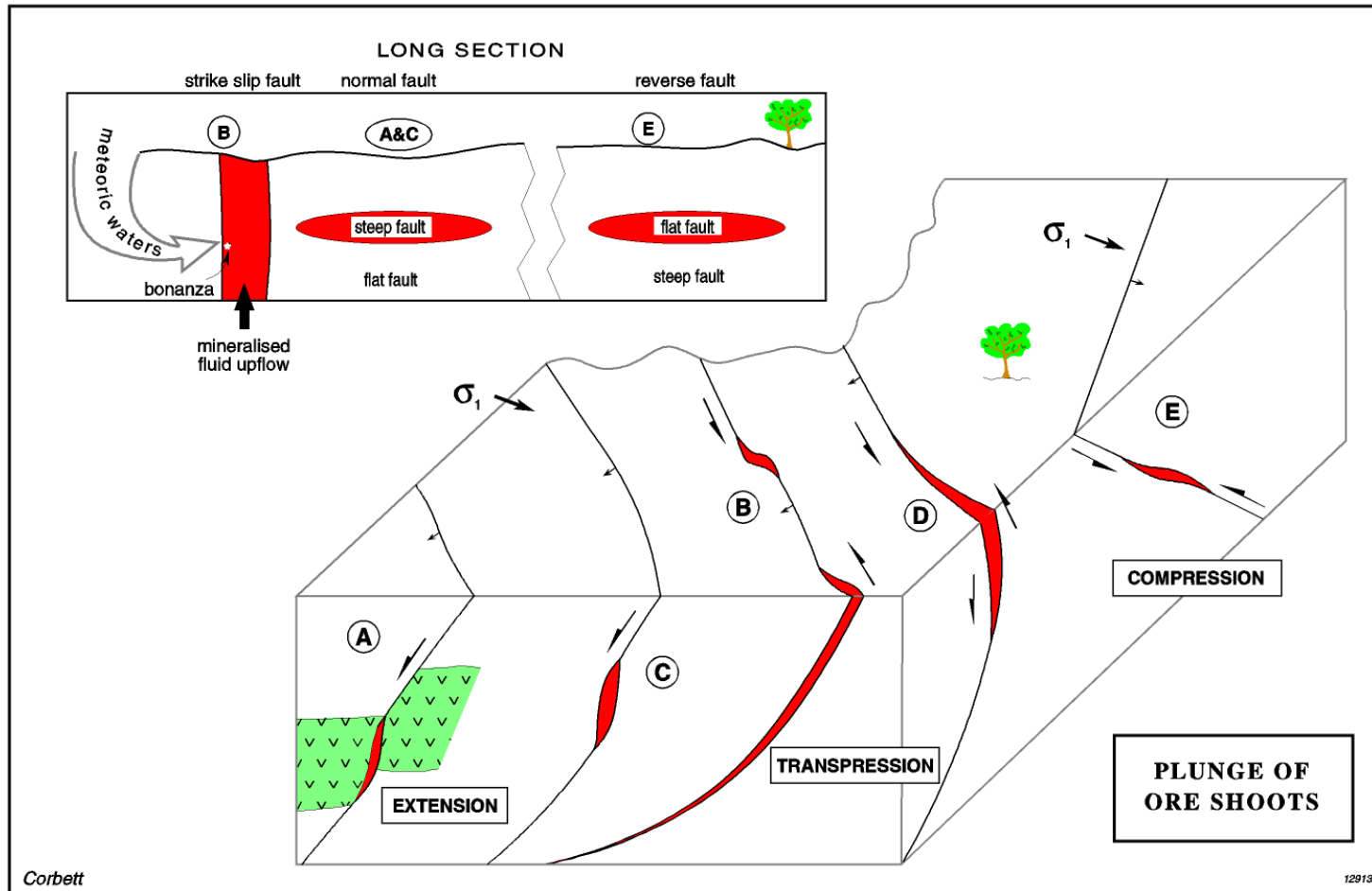
EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



Yacimientos con ocurrencia de vetas angostas o narrow veins:

- Vetas Epitermales de alta, media, baja sulfidación Au, Ag, Cu (Perú, Chile, Argentina, México)
- Vetas Mesotermales Au, Ag, Cu, Pb, Zn (Chile, Perú).
- Vetas Orogénicas Au (Brasil).
- Vetas Polimetálicas Cu, Fe, Pb, Zn (Chile, Perú).

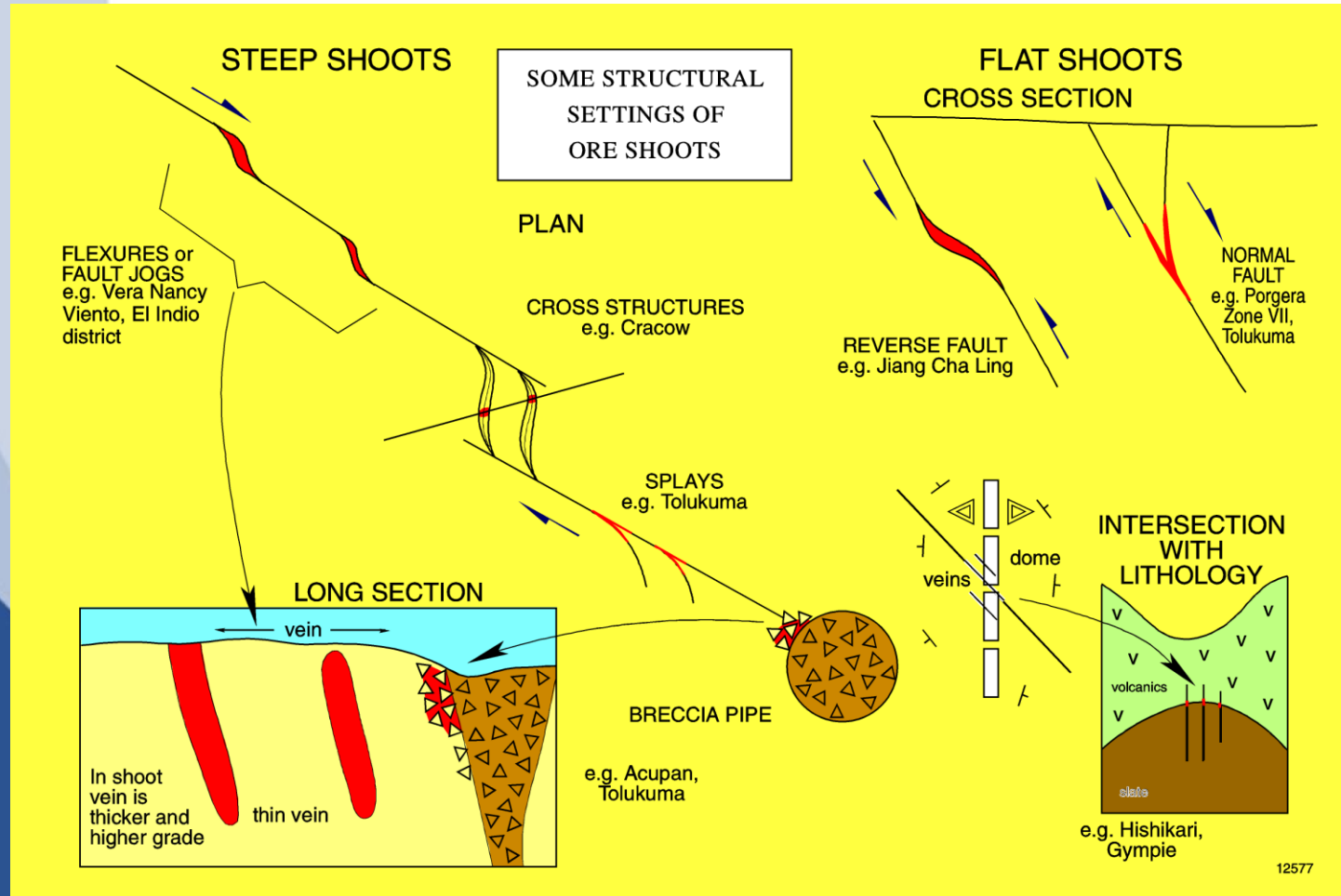
EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



Yacimientos generados en variados ambientes tectónicos-estructurales:

- Extensionales, fallamiento tipo normal ó normal fault (ore shoot horizontales).
- Transpresionales, transcurrancia + extensión, strike-slip fault (ore shoot verticales).
- Compresionales, fallamiento tipo inverso ó reverse fault (ore shoot horizontales).

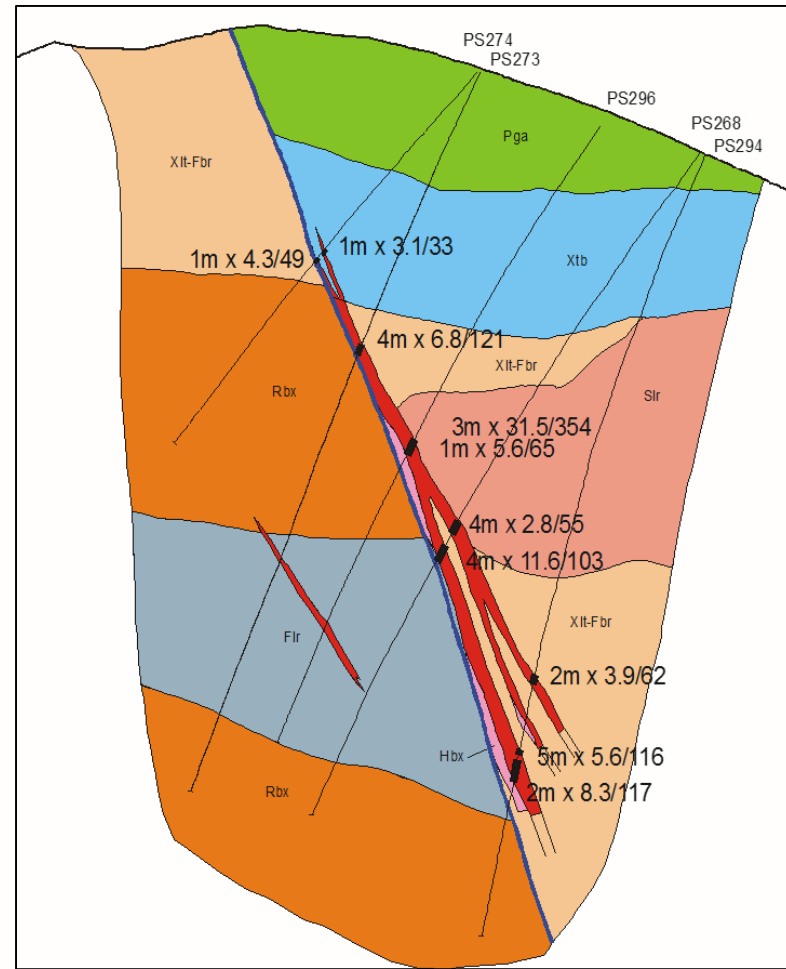
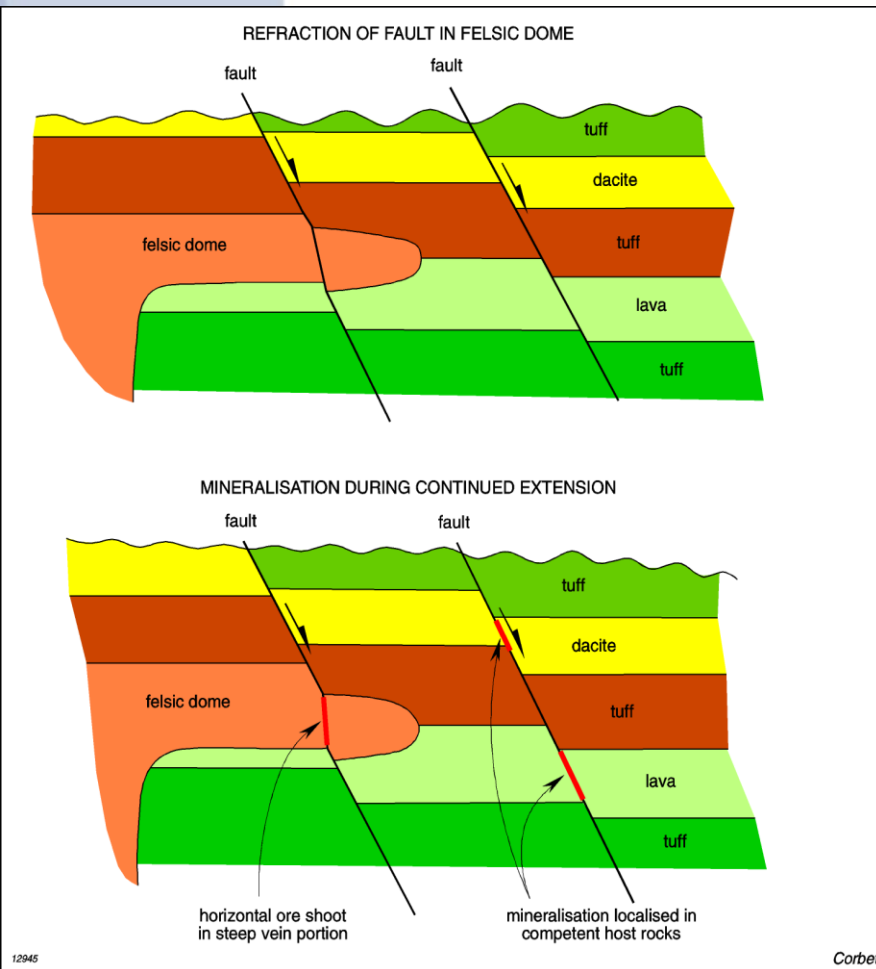
EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



Yacimientos generados en variados ambientes tectónicos-estructurales:

- Extensionales, fallamiento tipo normal ó normal fault (ore shoot horizontales).
- Transpresionales, transcurrancia + extensión, strike-slip fault (ore shoot verticales).
- Compresionales, fallamiento tipo inverso ó reverse fault (ore shoot horizontales).

EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



Ambientes extensionales se producen multiple fallamiento normal, asociado a:

Aberturas estructurales debido a cambios en el manto de la estructura debido a la presencia de niveles con competencias distintas (efecto refracción).

Aberturas estructurales debido a contacto entre niveles de distinta característica geológica a través del plano de falla (rocas frágiles vs rocas plasticas).

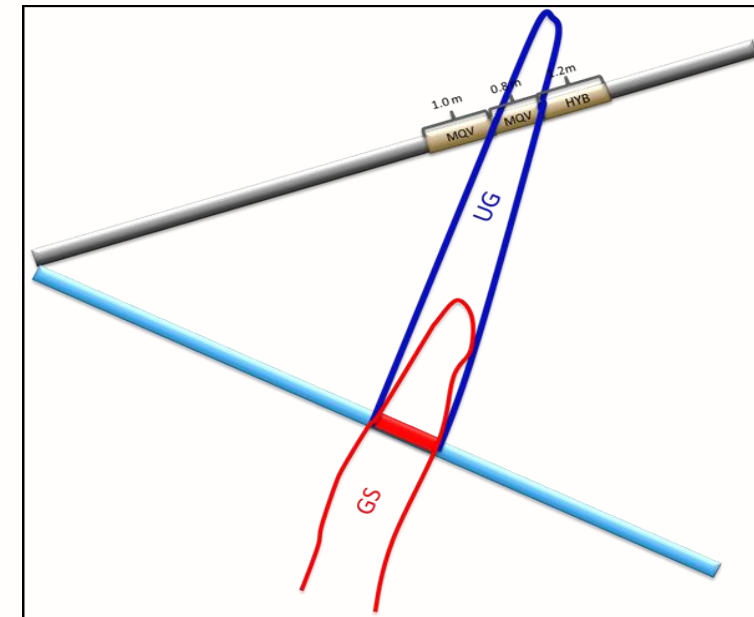
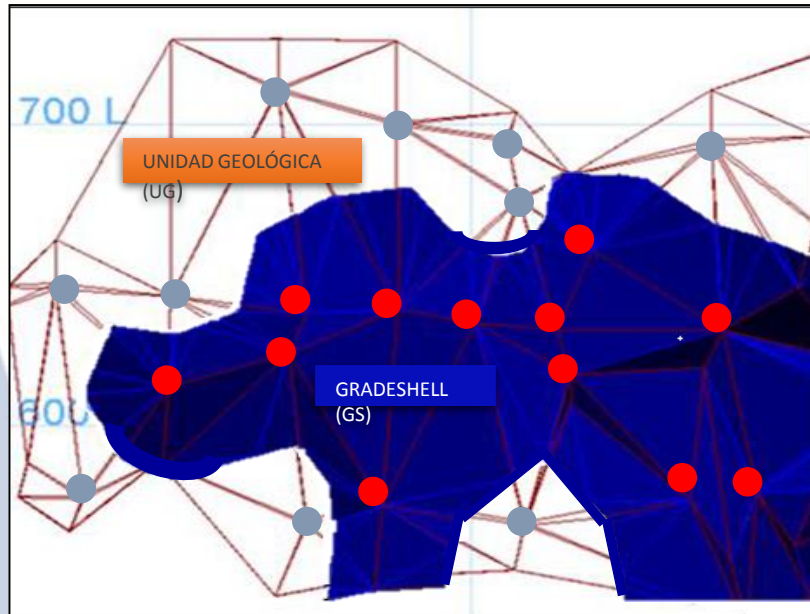
EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



ELECCION DE METODOLOGIA MODELAMIENTO



UNIDAD GEOLOGICA (UG) vs GRADESHELL (GS)



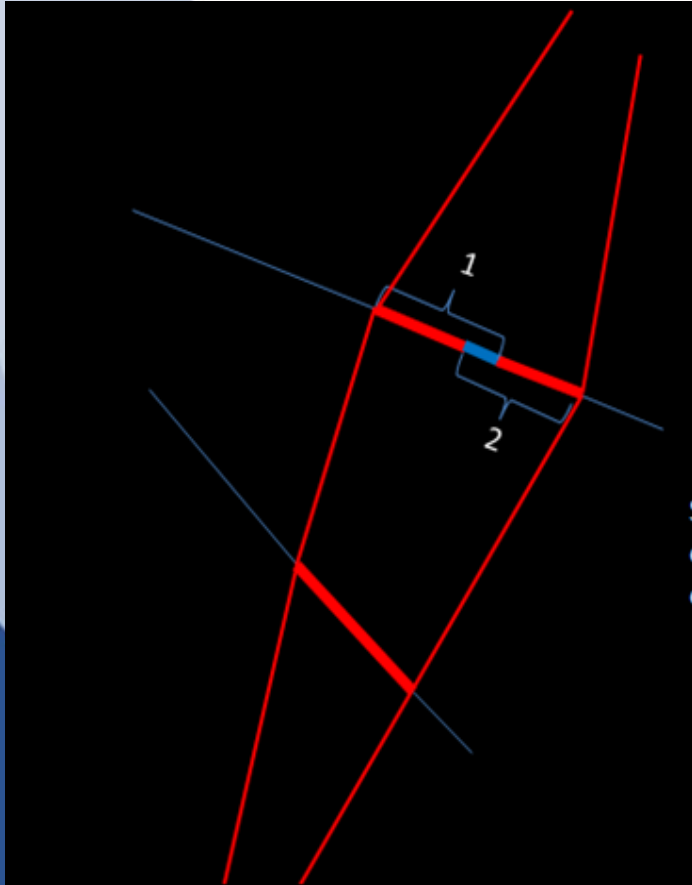
MODELAMIENTO UG

- ✓ Incluye sondajes bajo ley de corte, respetando la unidad geológica.
- ✓ Incorpora concepto de estéril interno y gradación de leyes en los bordes.
- ✓ Los bordes presentan no diferencias de leyes importantes.
- ✓ Sector Central no se ve mayormente afectado.
- ✓ Categorización mejora debido al uso de mayor cantidad de muestras y sondajes.

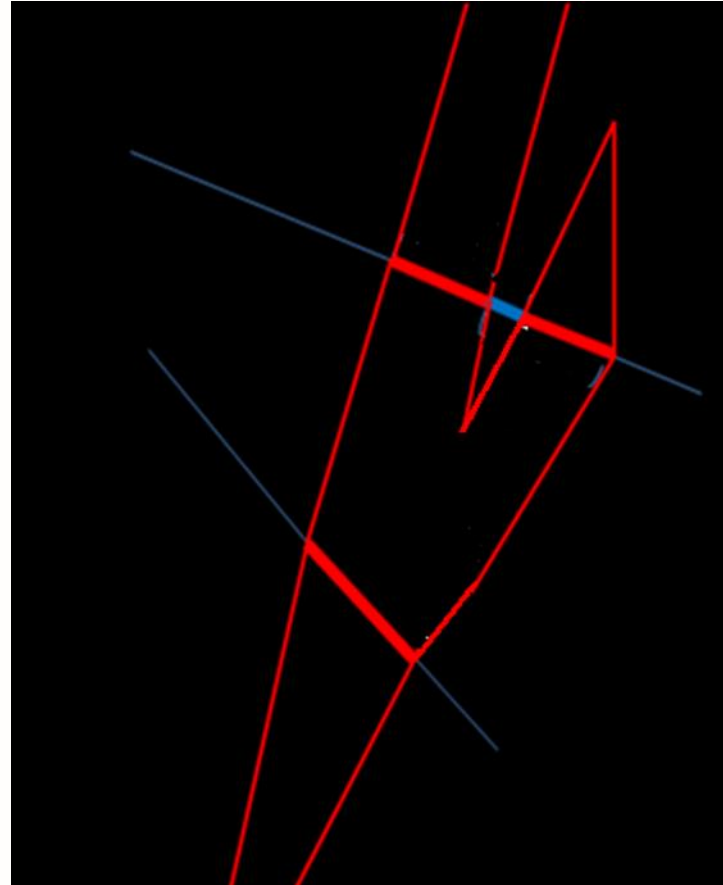
MODELAMIENTO GS

- ✓ Respeto UG, pero solo información sobre ley de corte.
- ✓ No Incorpora concepto de estéril interno.
- ✓ Bordes presentan diferencias de leyes importantes.
- ✓ Sector Central no se ve mayormente afectado.
- ✓ Categorización empeora debido al uso de menor cantidad de muestras y sondajes.

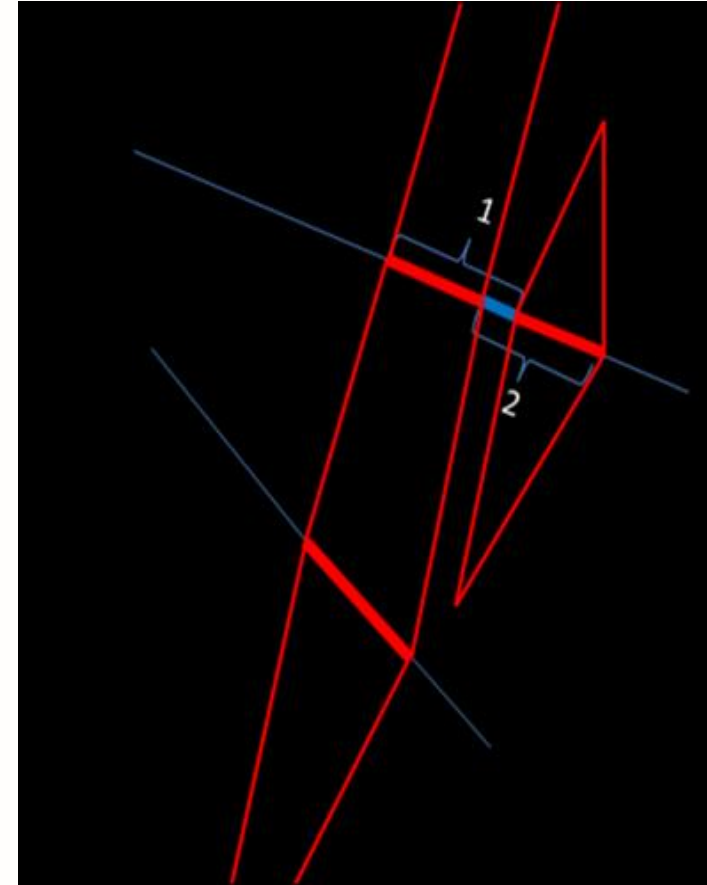
DETERMINACION CRITERIOS DE MODELAMIENTO



Veta principal Ancha



Veta principal con abertura



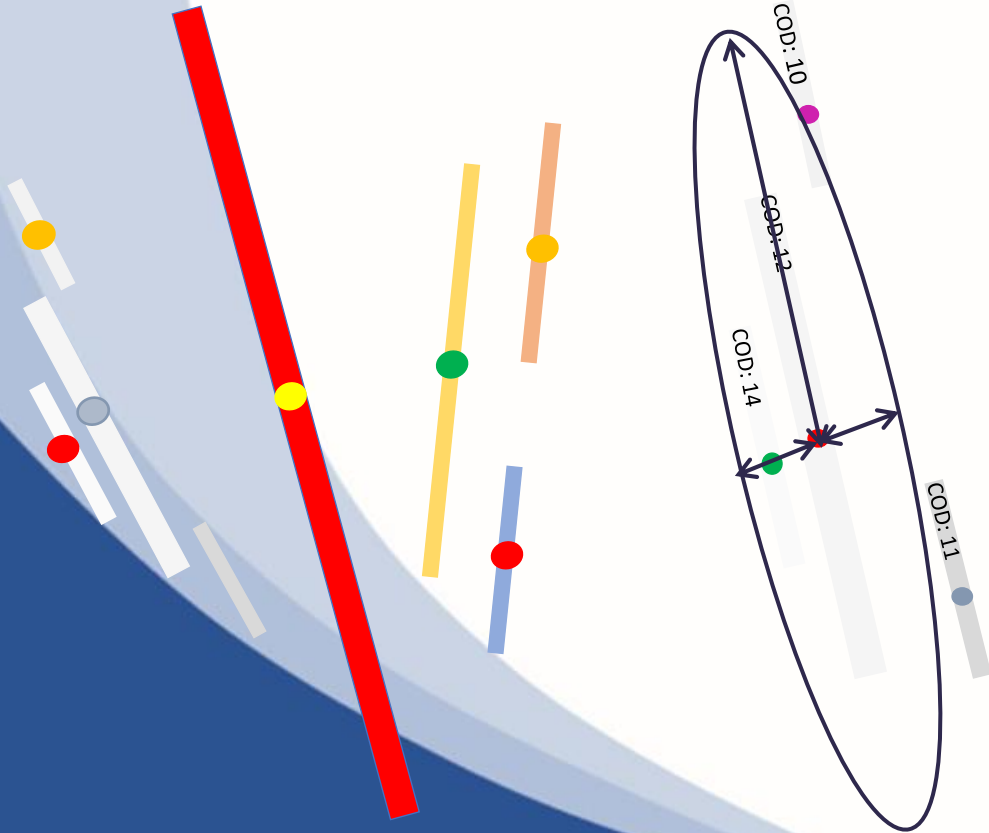
Veta principal y veta secundaria

Criterios geológicos-geométricos-estructurales.

ESTRATEGIA ESTIMACIÓN



CODIFICACION POR ESTRUCTURA



- ✓ Comúnmente existen diferencias geológicas, leyes y continuidad entre las diferentes estructuras, lo cual se replica entre los parámetros de estimación para las diferentes vetas.
- ✓ Codificar cada estructura por separada. Cada estructura (principal y paralelas) tiene una codificación independiente.
- ✓ Restringir estrictamente el uso compartido de muestras, ya cada veta tiene su propio código y no tiene restricción del radio de búsqueda.
- ✓ Los elipsoides de búsqueda se rotan para orientar el primer eje a lo largo de la dirección de la extensión del ore shoot de la veta, el segundo eje a lo largo de la dirección de inclinación y el tercer eje a lo largo de la potencia de la veta.
- ✓ Las vetas secundarias o vetas paralelas tienen que estar desconectados espacialmente de la veta principal para ser considerados como una estructura diferente.

ESTRATEGIA ESTIMACIÓN



VALORES ERRÁTICOS/ANÓMALOS (TOP CUT, CAPPING)

La definición de Top Cuts corresponde a una de las decisiones más complicadas y de mayor impacto que se deben tomar para la estimación de recursos en veta angosta. Existen varias metodologías a cosidderar en la toma de decisión:

- Deciles y Percentiles
- Coeficiente Variación
- Histogramas.
- Gráficos de probabilidad
- Coeficiente de correlación de variograma de indicadores

RESTRICCIONES DE CAMPO (HIGH YIELD RESTRICTION, EXCLUDE DISTANCE)

El uso de esta restricción para restringir la influencia de las leyes altas. Se limita el radio de acción de influencia de las leyes que han sido afectadas por top cut.

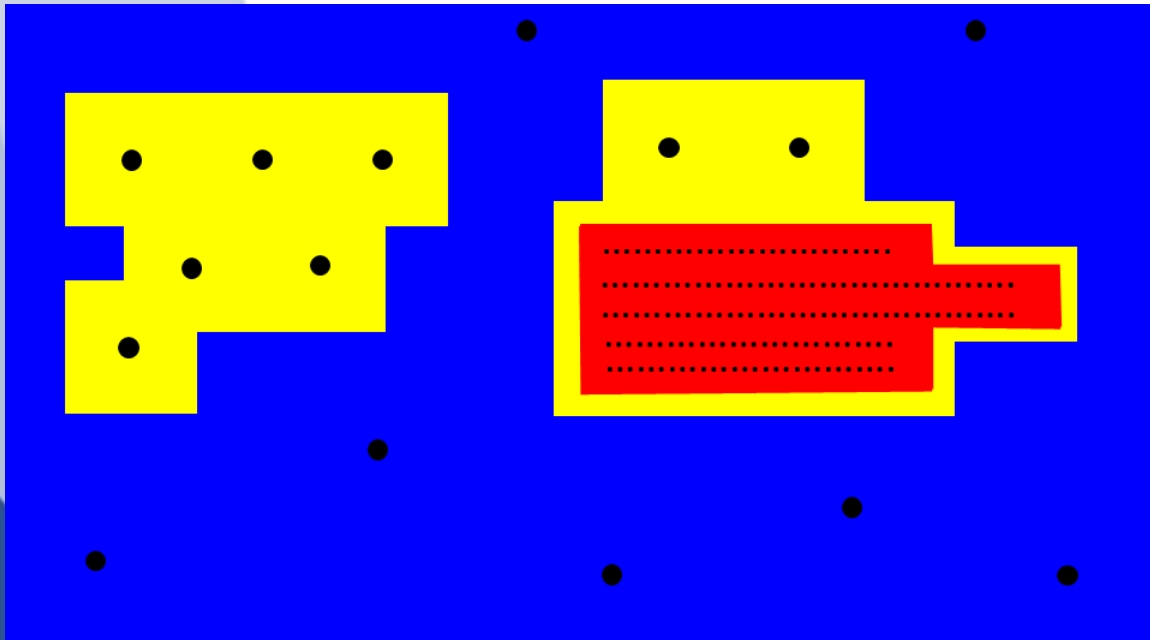
USO DE ESTIMADORES

Para representar mejor el comportamiento de leyes, representatividad y variabilidad de los cuerpos se deben validar resultados por Krigging, Inverso al cubo, etc. Que representen las variaciones globales y locales de las vetas angostas.

ANALISIS DE CONTACTO ESTERIL-MINERAL

Se deben analizar el impacto y comportamiento del contacto entre GS y UG en términos del suavizamiento de leyes en las zonas de transición y el efecto del “estéril interno” al interior de los cuerpos principales.

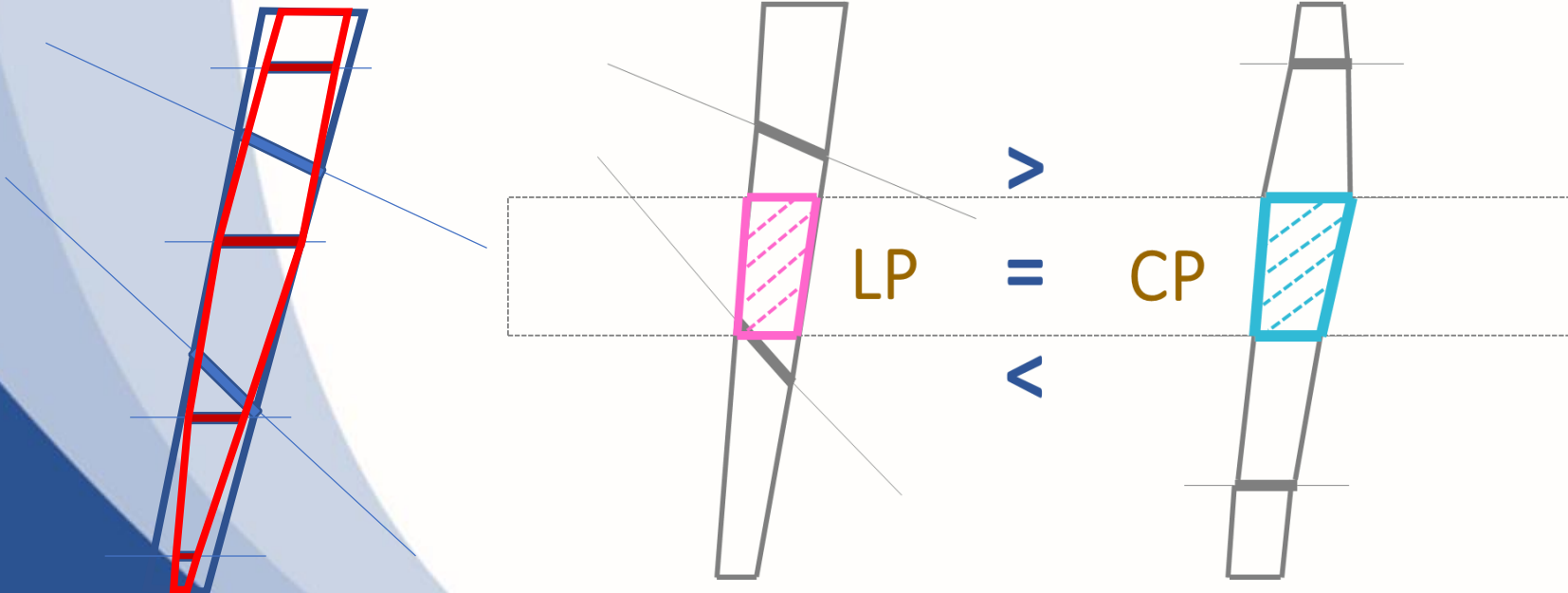
CATEGORIZACION



	Medido
	Indicado
	Inferido

- ✓ Realizar estudios de malla óptima de categorización en función de la variabilidad del yacimiento y control operacional del cumplimiento de esta.
- ✓ Al comparar la categorización entre UG y GS, la categorización mejora notablemente debido a que el método de UG, considera una mayor cantidad de muestras para la estimación.
- ✓ Criterio basado en el concepto de Malla Óptima y definición de malla de perforación.
- ✓ Criterio basado en distancias promedio, pasadas y cantidad de muestras, no funciona para Vetas Angostas debido a que solo se tiene 1 ó 2 compósitos por estructura.

CONCILIACION GEOLOGICA



Conciliación geométrica que determina las diferencias entre MLP y MCP puros (sin dilución), tendientes a:

Determinar diferencias en el contenido de fino entre ambos modelos.

En el caso de vetas angostas el impacto mas determinante esta en el tonelaje, asociado al ancho de las estructuras.

También existe un impacto en los finos asociados a las leyes, el cual tiende, en algunos casos, a compensar los finos perdidos por el efecto ancho.

Normalmente existe un cambio de soporte en el muestreo (sondajes vs canaletas, sondajes RC vs DDH, etc).

CONCILIACIONES MINERAS



CONCILIACION MODELO = **MODELO LARGO PLAZO (diseño reserva)**
MODELO CORTO PLAZO (diseño a explotar)

Evalúa: variabilidad yacimiento, modelo geológico, muestreo (soportes distintos), modelos de recursos.

CONCILIACION PLANIFICACION = **MODELO CORTO PLAZO (diseño a explotar)**
REAL EXTRAIDO MINA (excavación real)

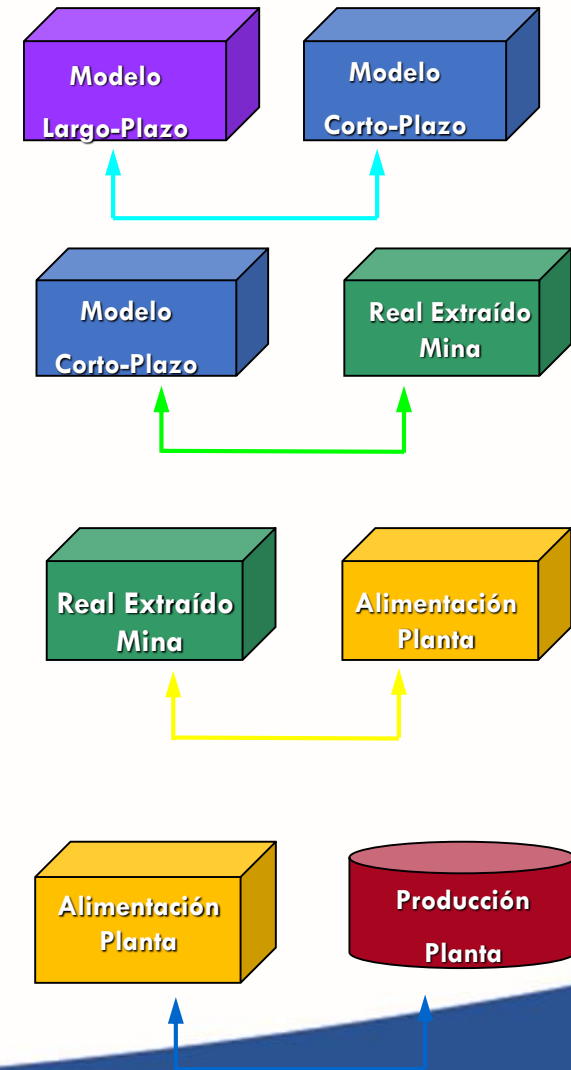
Evalúa: performance de operación mina, efecto dilución, efecto recuperación minera.

CONCILIACION OPERACION = **REAL EXTRAIDO MINA (excavación real)**
ALIMENTACIÓN PLANTA (producción + stock)

Evalúa: problemas de trazabilidad (traslado, contaminación, remanejo de mineral), gestión de acopios.

CONCILIACION MINA-PLANTA = **ALIMENTACION PLANTA (producción + stock)**
PRODUCCION PLANTA

Evalúa: performance operación planta, modelo recursos CP (leyes, geometalúrgico, etc).



EVALUACION RECURSOS VETA ANGOSTA



CONCLUSIONES

- ✓ La evaluación de recursos en vetas angostas es un proceso extremadamente complejo, debido a la alta variabilidad de los yacimientos en términos de leyes (comúnmente yacimientos de alta ley) y morfología asociada al comportamiento del ancho y cantidad de cuerpos mineralizados.
- ✓ Los modelos geológicos, estructurales y geotécnicos de detalle, son relevantes al momento de efectuar el modelamiento de los recursos geológicos.
- ✓ Aún así, son necesarios una serie de estudios tendientes a dar mayor confiabilidad a los modelos de recursos y reservas. Estas instancias corresponden a principalmente a la elección de la metodología de modelamiento (UG vs GS por ejemplo), protocolos con criterios de modelamiento (diferenciar vetas primarias de secundarias), estrategia de estimación (codificación de estructuras, calculo de top cut, restricciones de estimación, uso de estimador, análisis de contacto estéril-mineral, etc) y finalmente establecer criterios de categorización concordantes con la variabilidad de estas estructuras (crítico calculo de mallas óptimas).
- ✓ El efecto de los parámetros anteriormente descritos, son absolutamente críticos al momento de determinar correctamente el contenido de finos de los modelos de recursos y reservas, pudiendo cada parámetro, por si solo, explicar hasta un 15% de pérdida de finos, mientras que en conjunto pueden fácilmente llegar a sobre un 50% de pérdidas de finos de un proyecto.

EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



✓ Minerías Selectivas

- Cut&Fill
- Shrinkage
- SLS veta angosta

✓ Orientadas a cuerpos geológicos de:

- Alto valor, leyes altas
- Tamaño Menor
- Distribución dispersa

✓ Recuperación de mineral (>90%)

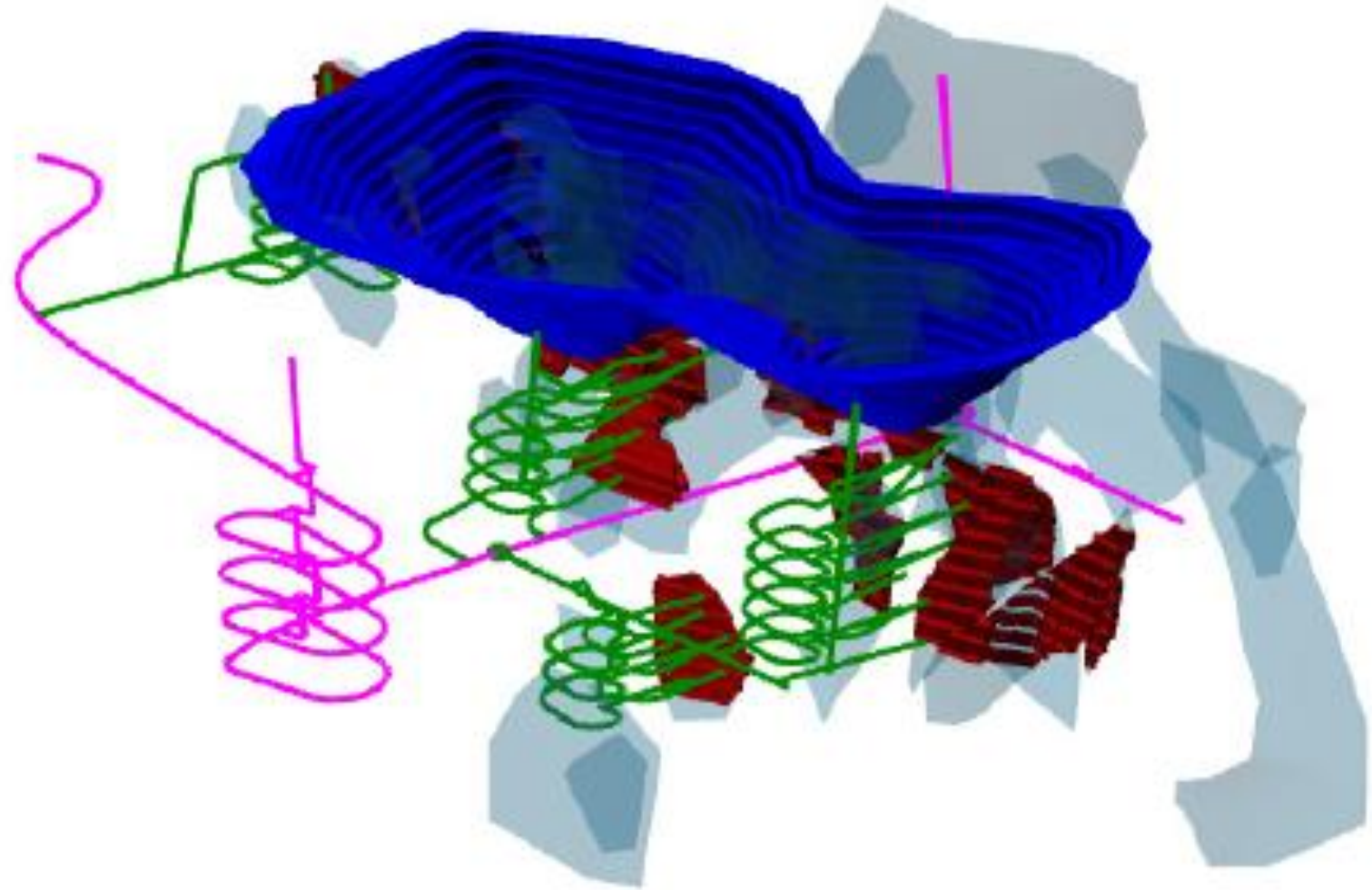
✓ Muy Alta Selectividad

✓ Dilución Real (<30%)

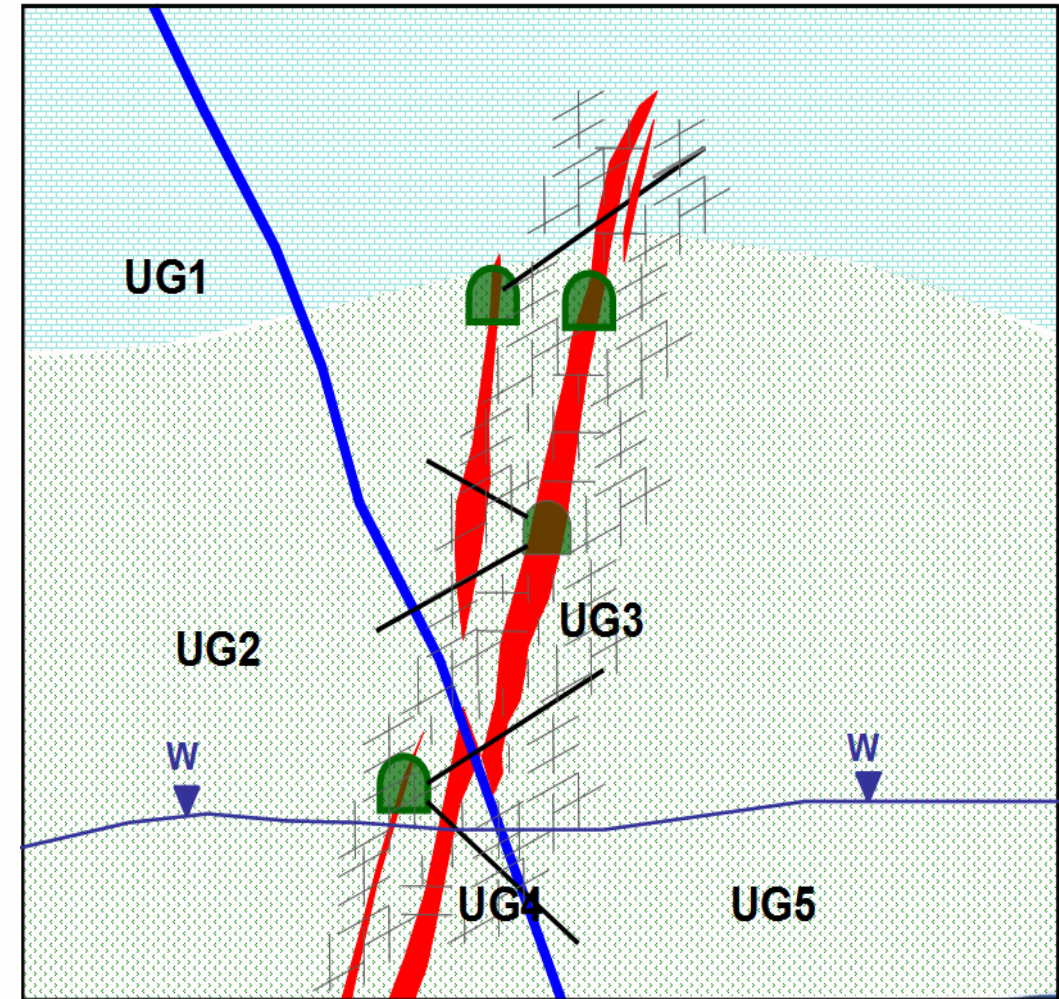
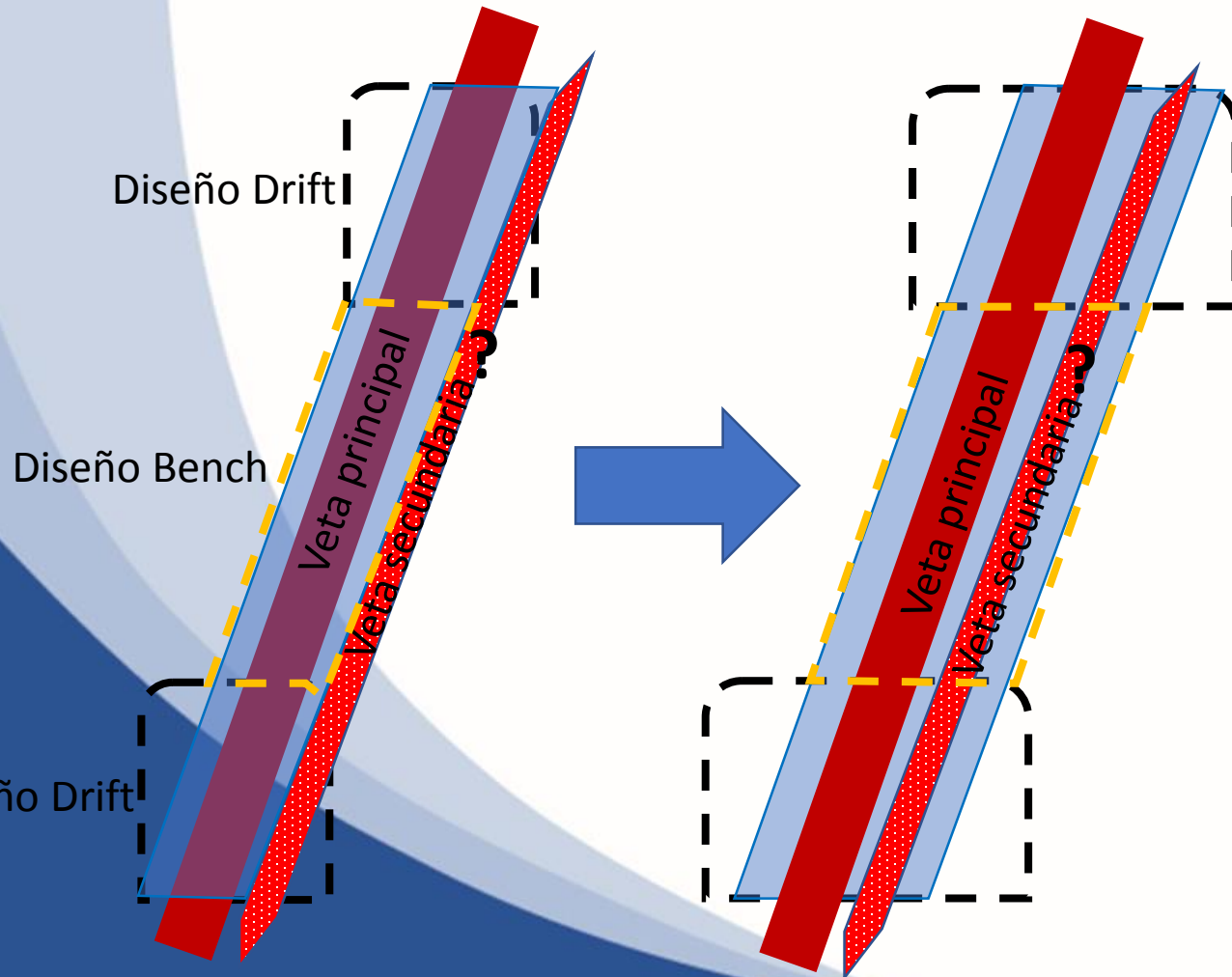
✓ Costo Mina (65-70 USD/ton)

✓ Ritmo de explotación (2.500-4.000 tpd)

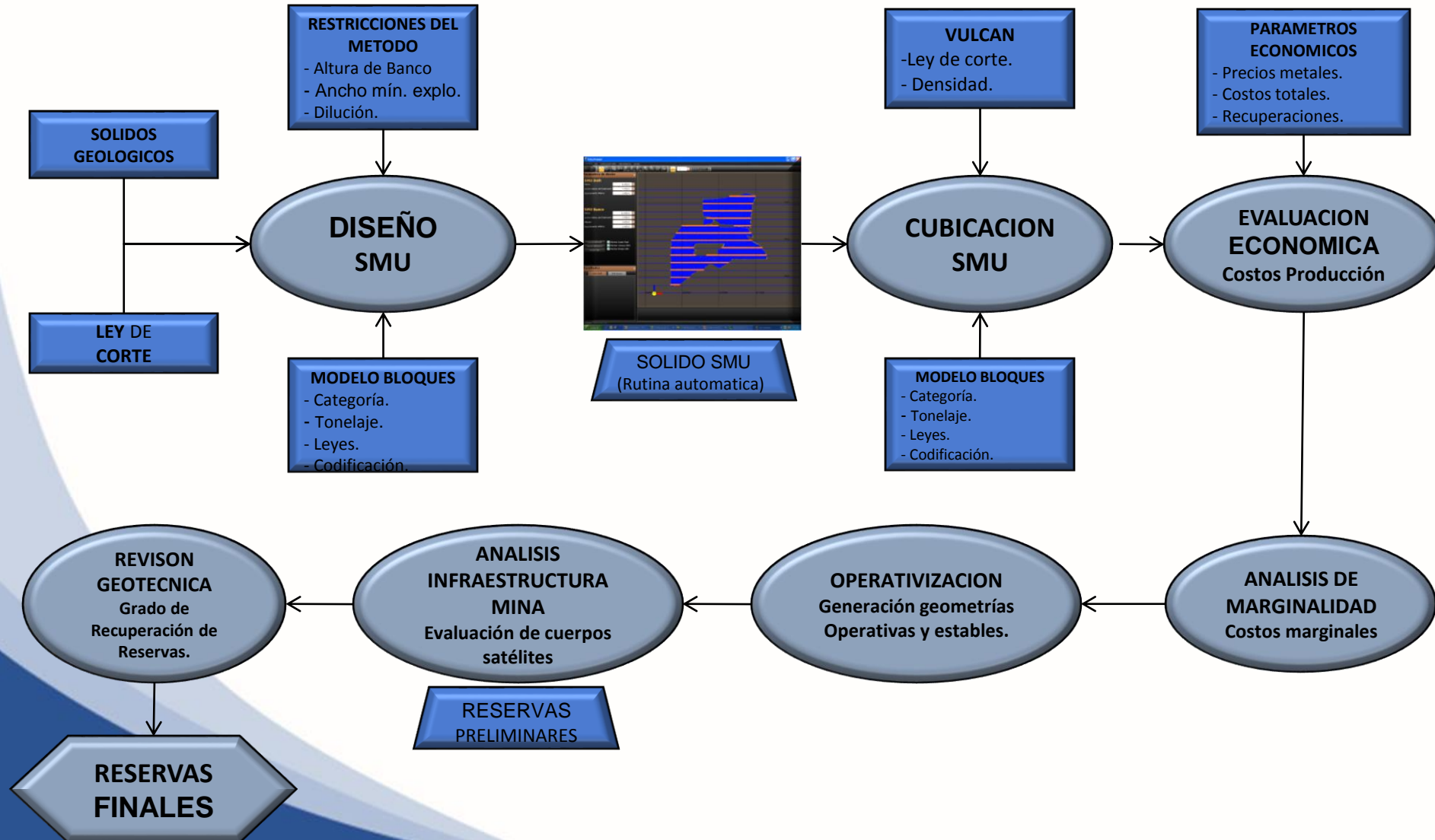
✓ Minería pequeña a mediana escala.



IMPACTO MODELO RECURSOS



PROCESO EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



PROCESO EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



INFORMACIÓN BASE

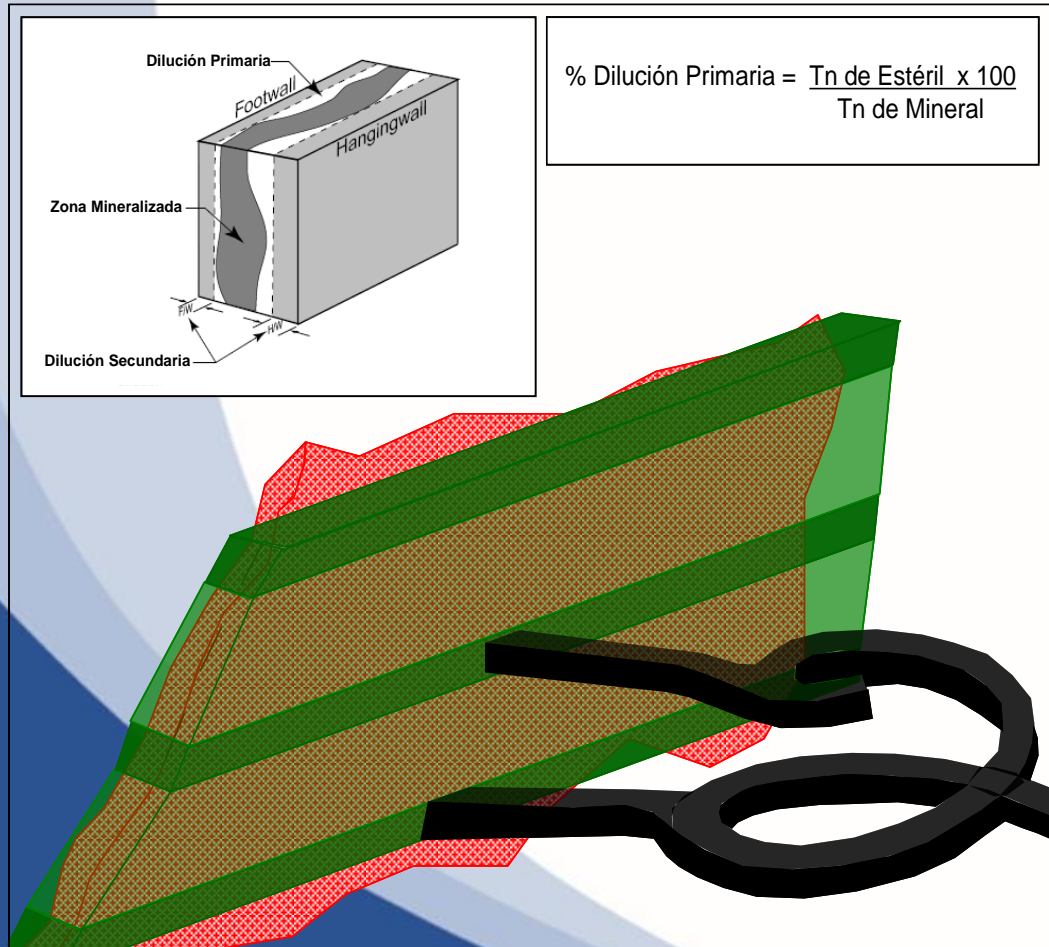
- ✓ Modelo Geotécnico Conceptual
- ✓ Modelo de categorización de recursos (contorno mineralizado)
- ✓ Métodos de explotación
- ✓ Estándares de diseño
- ✓ Información geológica y geotécnica factibilidad

PRODUCTO

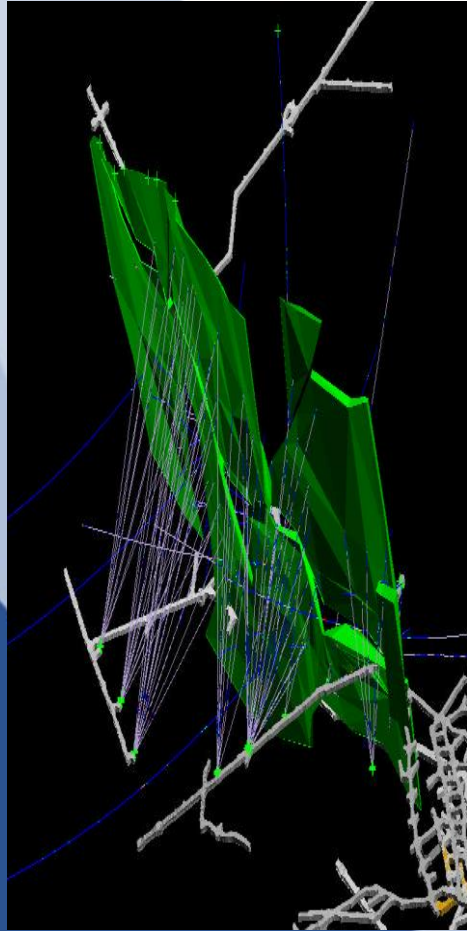
- ✓ Selección Método de Explotación.
- ✓ Estimación de reservas minables
- ✓ Cubicación (Ton/Ley)
- ✓ Dimensionamiento de unidades de explotación
- ✓ Estimación de dilución primaria
- ✓ Modelo geológico y geotécnico de detalle

ASPECTOS RELEVANTES

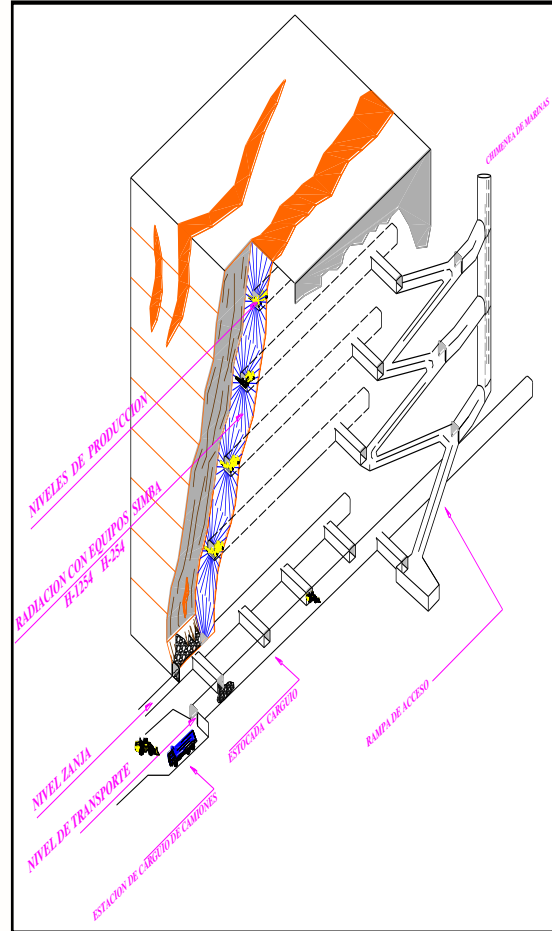
- *Variabilidad en la geometría de las vetas.*
- *Variabilidad de leyes de las vetas.*
- **Ancho mínimo de minado (Dilución)**
- **Metodología para dimensionar unidades de explotación**
- **Restricciones operacionales**
- **Validación Modelos Geológico-Geotécnico.**



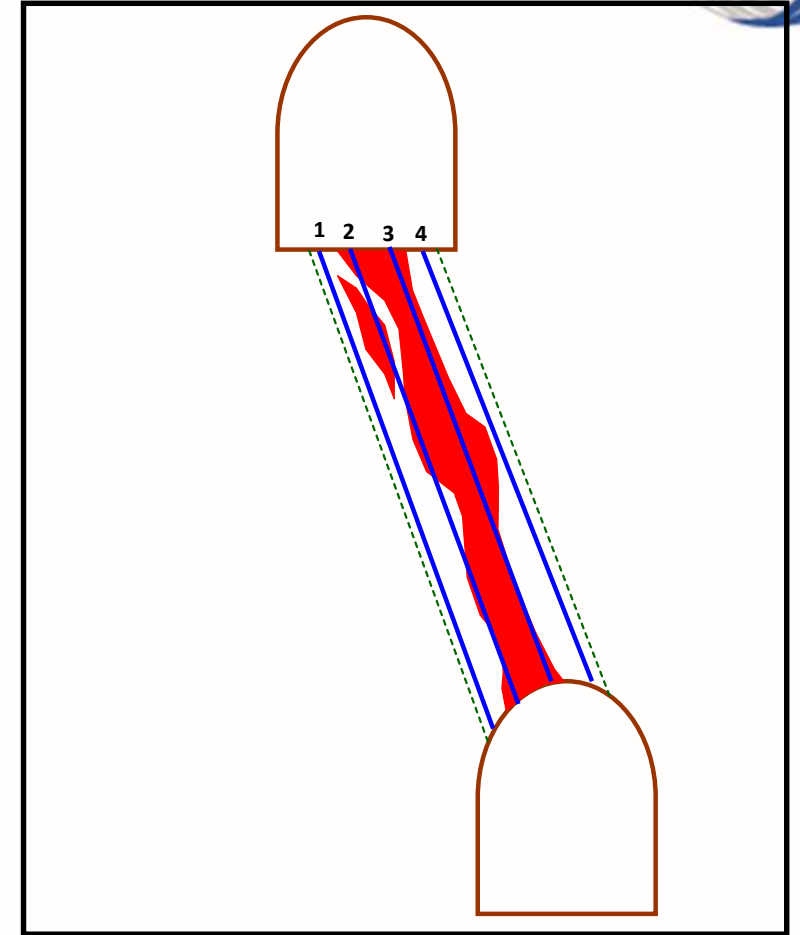
PROCESO EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



MODELO RECURSOS
MODELO GEOLOGICO
MODELO GEOTECNICO
MODELO GEOMETALURGICO

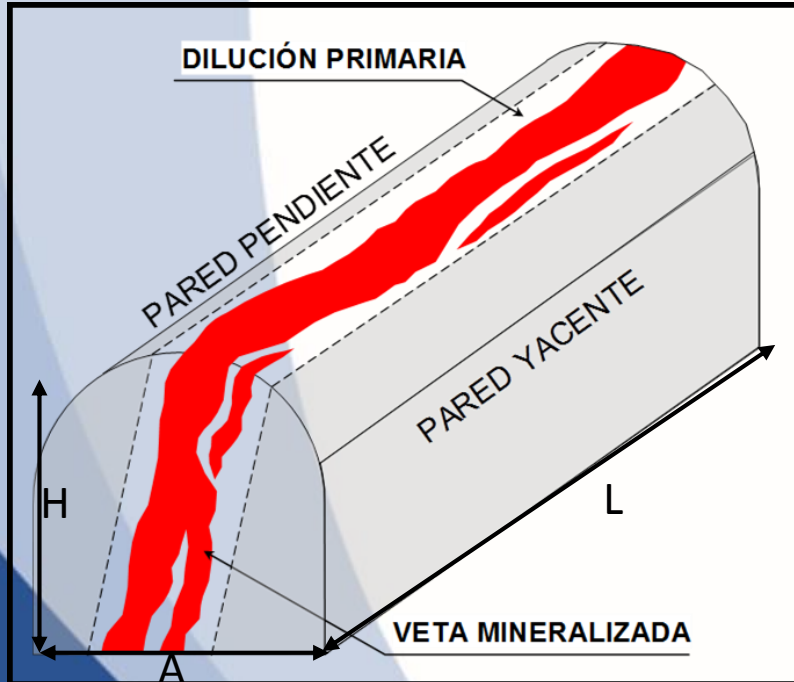


SELECCIÓN METODO EXPLOTACION
CUT&FILL
SHRINKAGE
SLS VETA ANGOSTA



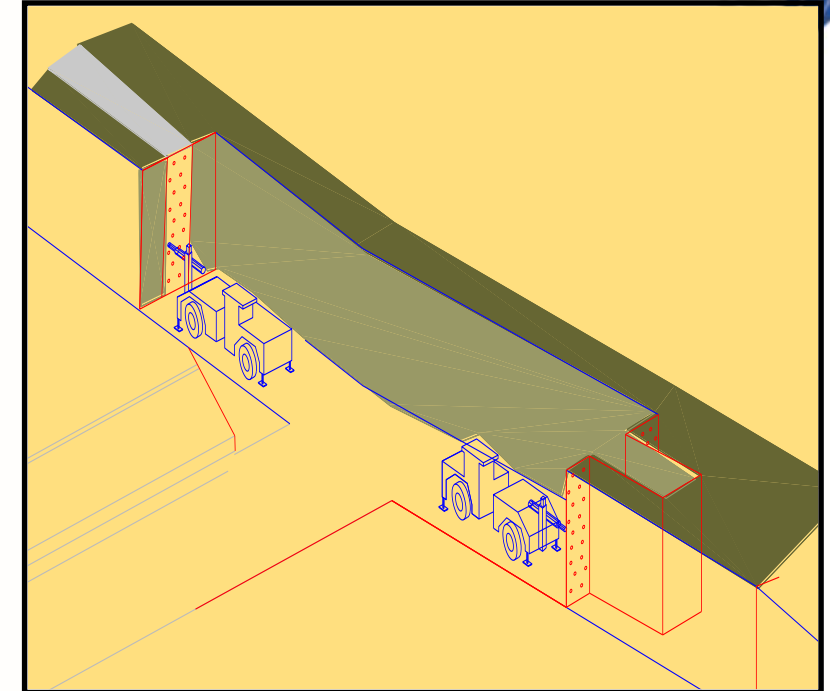
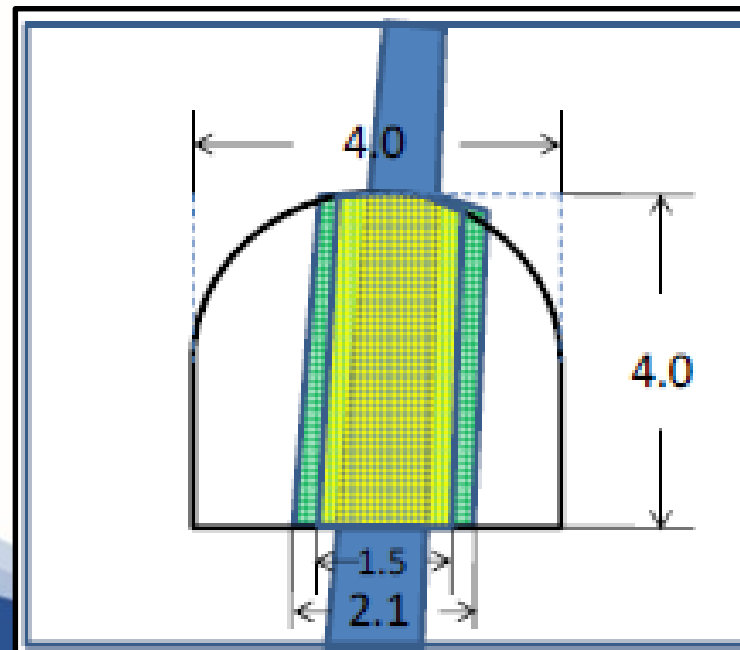
DISEÑO SMU
DISEÑO BENCH (ALTURA BANCOS, DILUCION)
DISEÑO DRIFT (EXPLOTACIÓN EN FASES)

PROCESO EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



MODELO ISOMETRICO
DISEÑO SMU DRIFT VETA ANGOSTA
DILUCION PRIMARIA

MODELO ESQUEMATICO
DISEÑO SMU DRIFT VETA ANGOSTA
DILUCION PRIMARIA
DILUCION OPERACIONAL



VISTA 3D
AVANCE DRIFT VETA ANGOSTA
EXPLOTACION EN 2 FASES (MXX-EXX)
SPLIT BLASTING

PROCESO EVALUACION RESERVAS VETA ANGOSTA



INPUT

- Reducir los valores de dilución al mínimo.
- Mantener y/o mejorar el grado de mecanización.
- Mejorar los estándares de seguridad.
- Optimizar los requerimientos de fortificación.
- Asegurar la factibilidad técnica de recuperar los recursos geológicos.

OUTPUT

- Determinar el correcto inventario de Recursos y Reservas del yacimiento.
- Definir una estrategia de Largo-Mediano-Corto Plazo para la compañía.
- Maximizar el valor a la compañía (optimización del VAN, etc).
- Identificar oportunidades de negocio.
- Orientar los trabajos de exploración.
- Gestionar una buena planificación corporativa.

MUCHAS GRACIAS



GRUPO EMPRESAS PRO&MIN

*Christian Fuentes Villalobos
Gerente Geología y Exploraciones
ch.fuentes@pro-min.cl*

*Buscamos soluciones innovadoras y sustentables para el
desarrollo de la minería*