

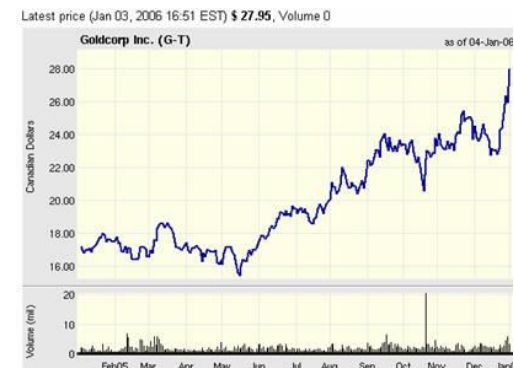
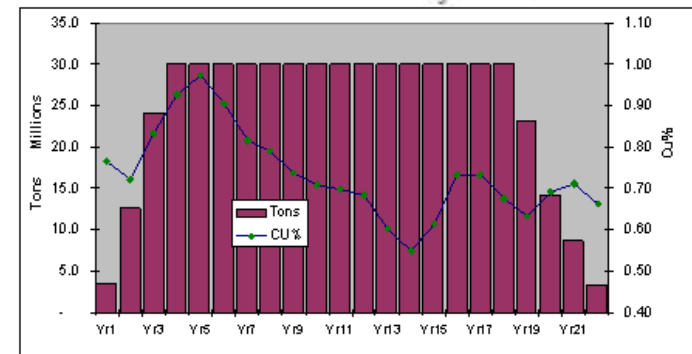
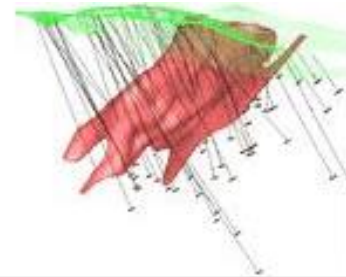
Parámetros de Planificación Minera

Enrique Rubio, Ph.D.
 Director ejecutivo

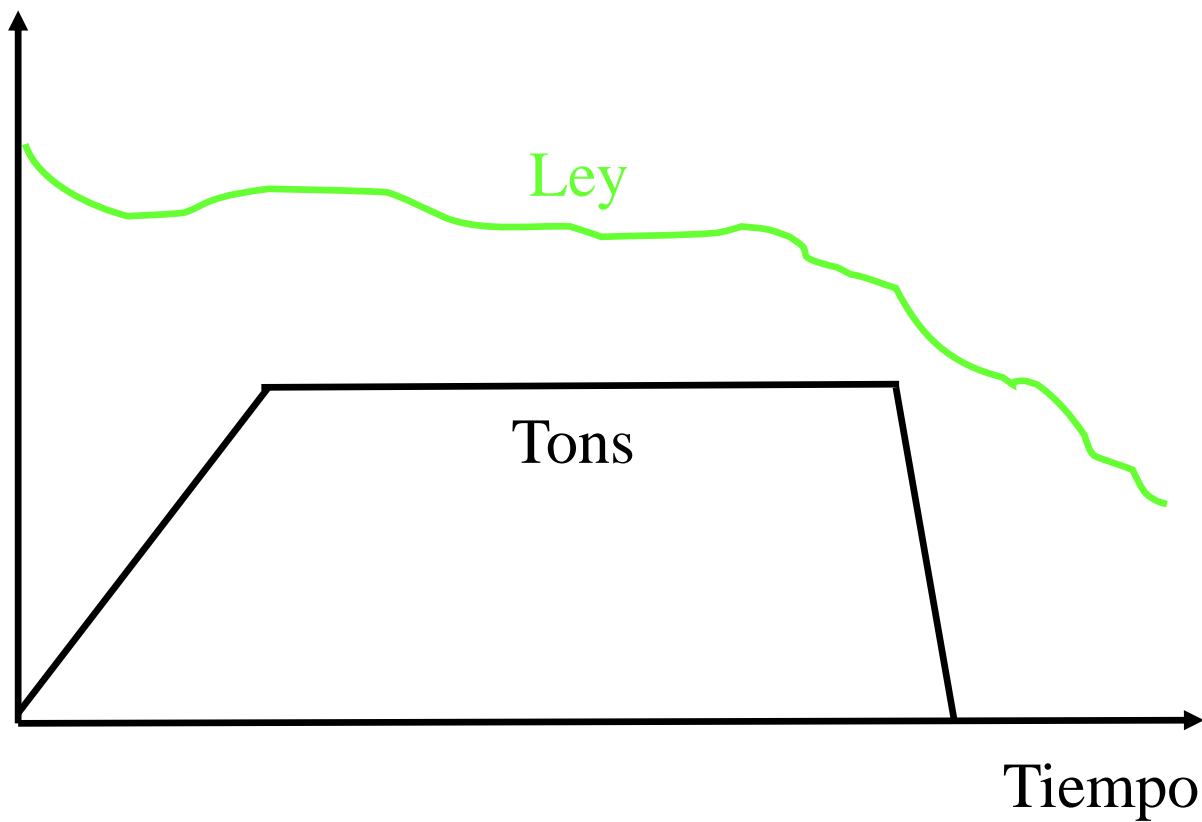
REDCO
 Mining Consultants

Planificación Minera

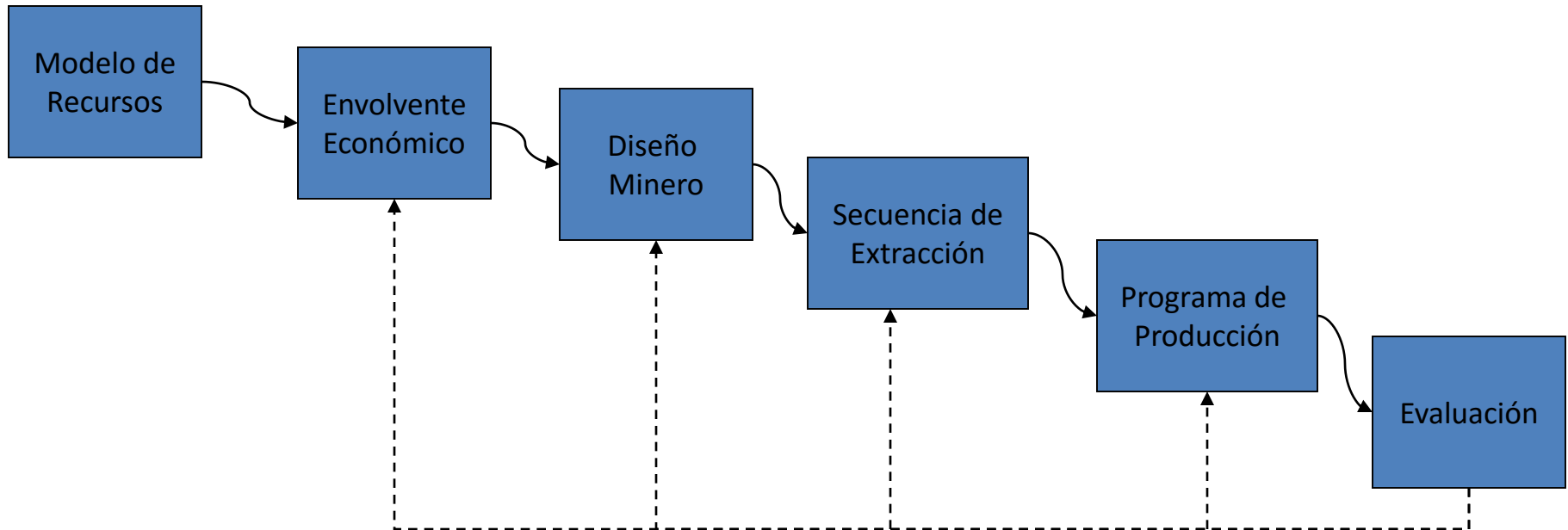
- Proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo
- **Define una promesa productiva**
- Es un documento bancable



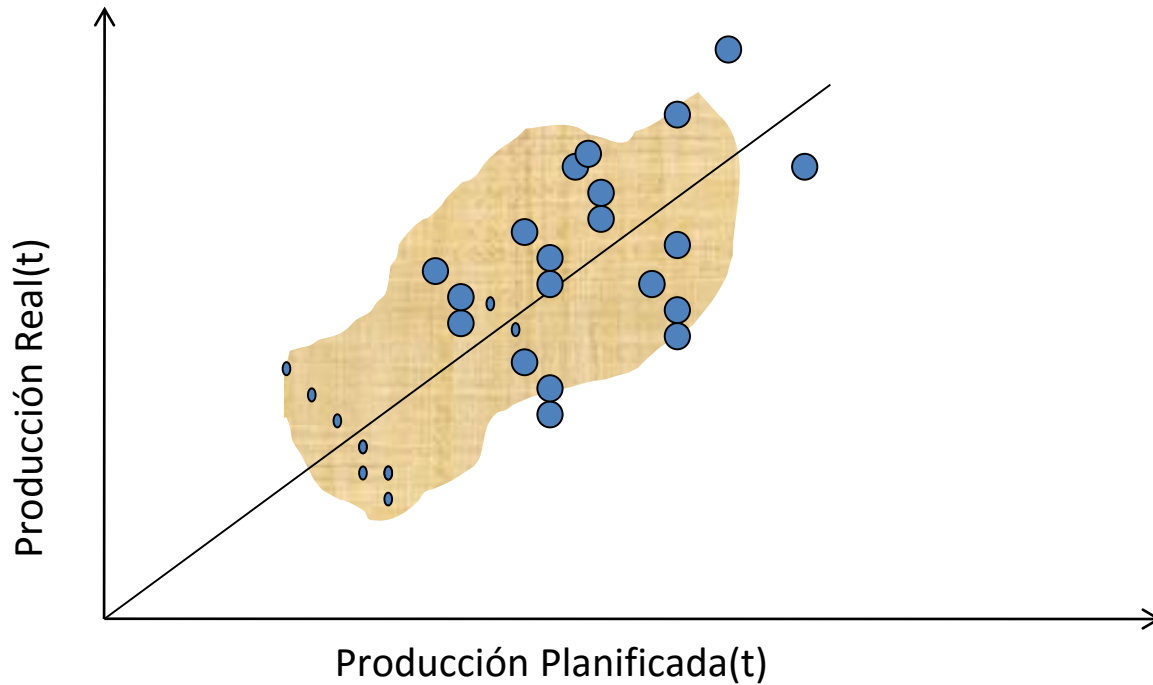
Programa de Producción



El Proceso de Planificación Minera Tradicional



Desviaciones Operacionales



Desviaciones

□ Vida de la mina

□ Reservas mineras

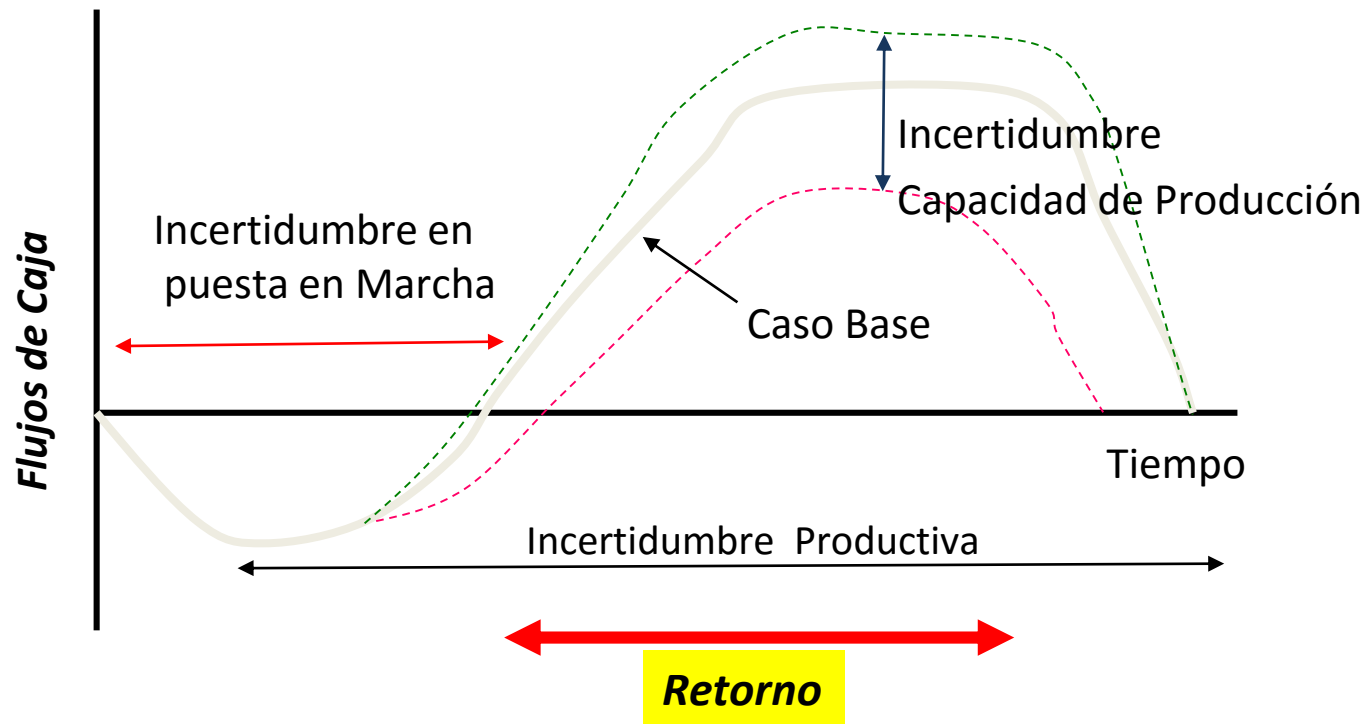
□ **Costo de operación**

Eventos Operacionales que Transfieren Incertidumbre al Cumplimiento de Programas de Producción Mina

- ❑ **Estabilidad** de los puntos de extracción.
- ❑ **Estabilidad** geomecánica de taludes
- ❑ **Continuidad operacional** de operaciones unitarias
- ❑ **Fragmentación gruesa**
- ❑ Operación con **ocurrencia de barro.**

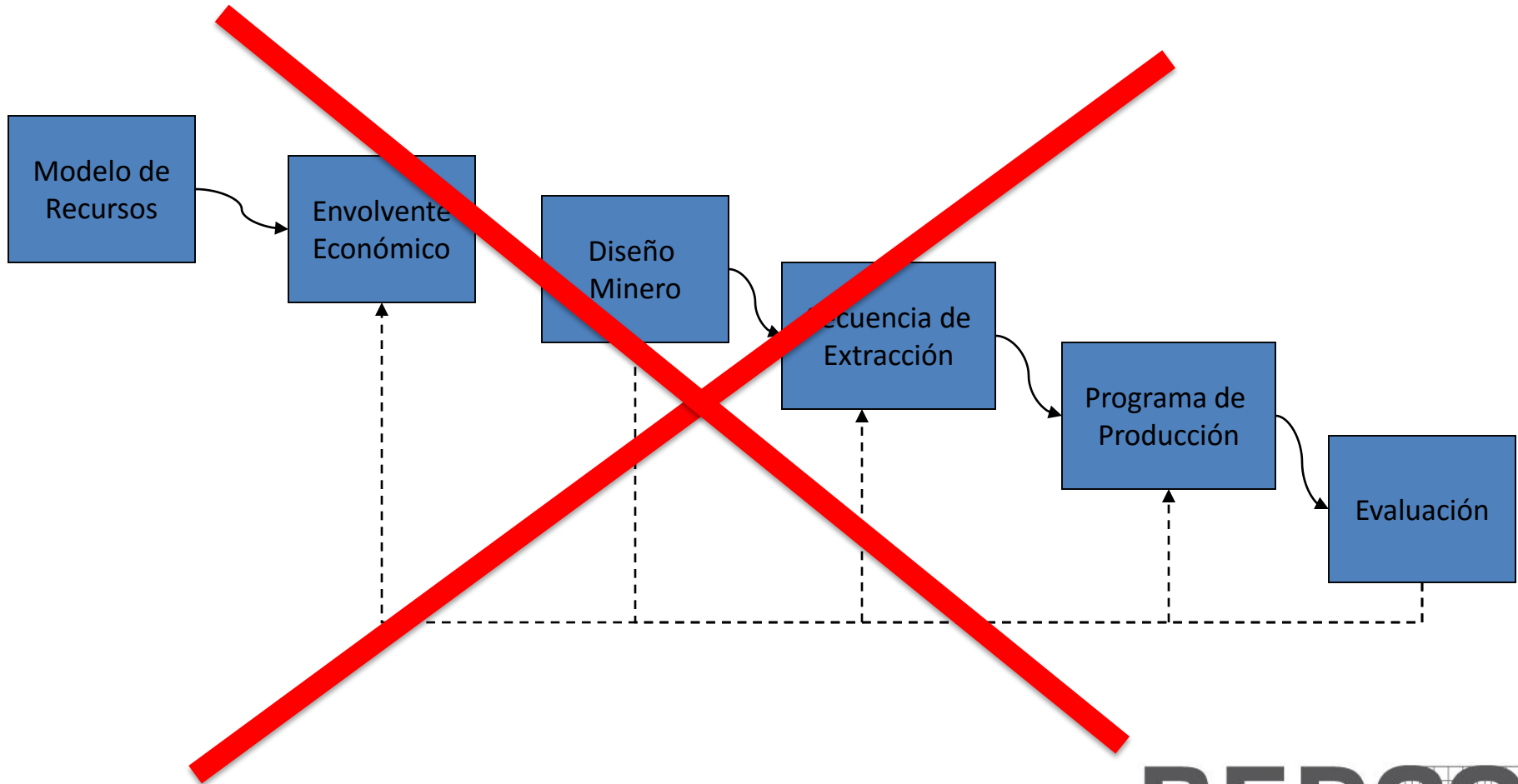


Programas de Producción Sometidos a Alta Variabilidad



*Para mejorar el comportamiento de **costos** es fundamental gestionar la variabilidad y reducir la incertidumbre productiva*

El Proceso de Planificación Minera Tradicional



Problemas con la Metodología de Planificación Actual

- **Proceso desintegrado de modelos fundamentales- Escases de información básica**
- **Leyes de corte<> mezclas dinamicas**
- **Proceso desintegrado:- *valorización previa a optimización***
 - Envolvente económica
 - Secuencia
 - Programa de producción
- **Falta de visión sistémica Mina-Planta-Puerto**
- **Proceso de Plani lento y orientado a diseños y gráfica**
 - Falta de análisis y generación de escenarios
- **Falta de incorporar variabilidad operacional de operaciones unitarias y procesos productivos**

Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”



*El balance entre **Riesgo y Retorno** del **Sistema Minero** permite un diseño eficiente y **programa de producción robusto** que viabilizan la **adherencia al plan**.*



Productividad



Costos

REDCO
Mining Consultants

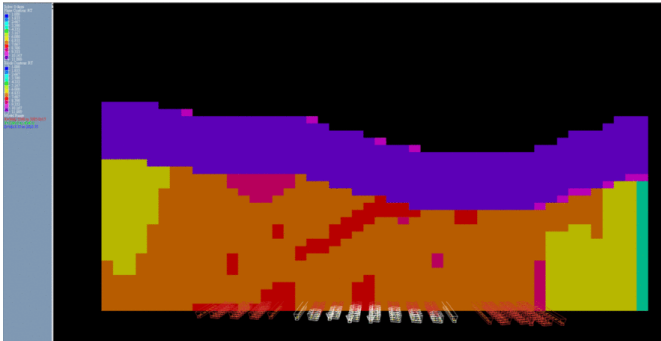
Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”

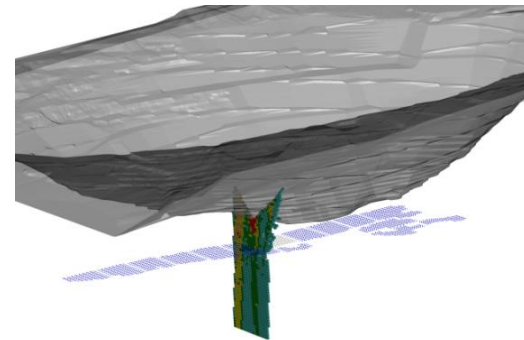


Modelos Constitutivos Integrados en el Proceso de Diseño y Planificación Minera

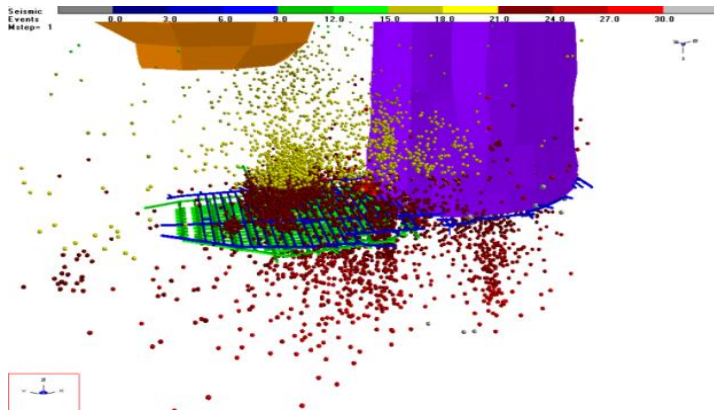
Fragmentación y Flujo



Modelo de Leyes

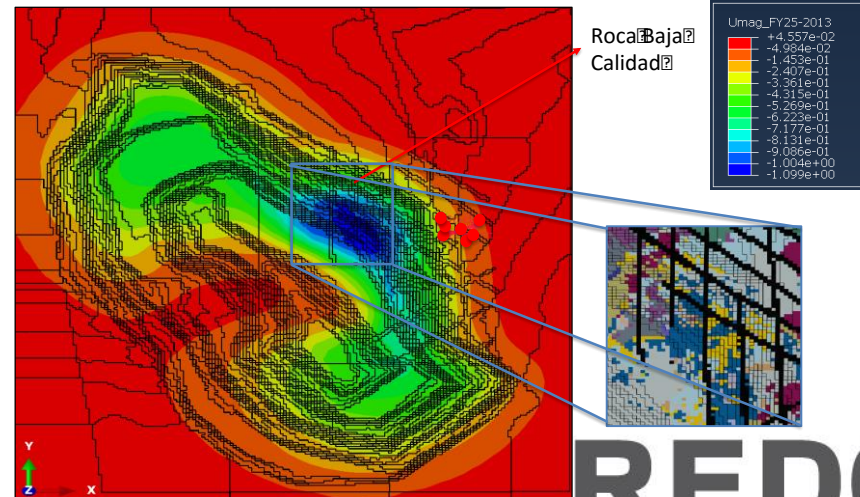


Sísmico

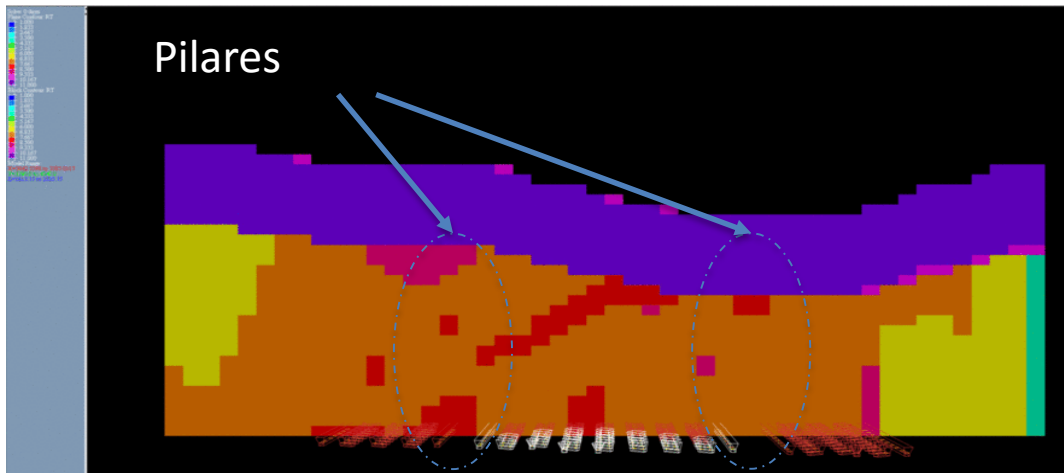
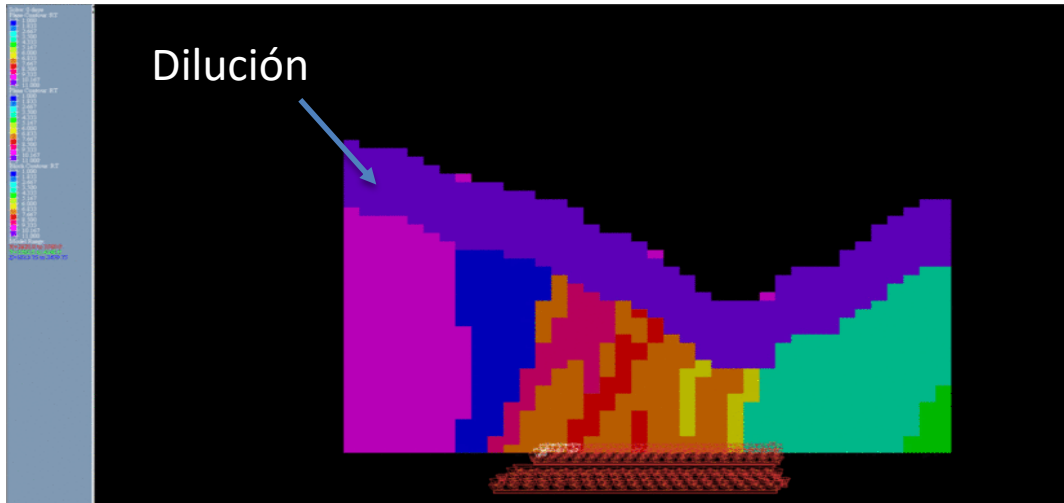


MAP3D, DOZ integración microsismicidad

Deformaciones Plásticas en Superficie



SIMULACIÓN DE FLUJO GRAVITACIONAL



Diferentes ejemplos muestran la importancia del modelar el flujo gravitacional, permitiendo evaluar:

- La entrada de dilución en las diferentes etapas de tiraje.
- Secuencia de extracción.
- Espaciamiento óptimo entre puntos de extracción.
- Recuperación para diferentes layout de producción.

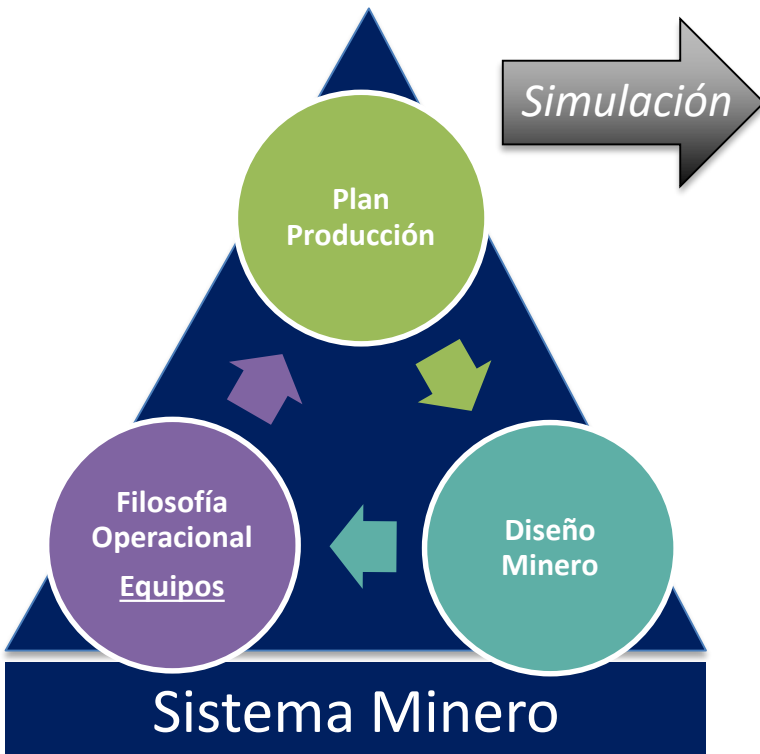
Planificación Minera Orientada a los Sistemas Mineros

- Visión holística del sistema de producción
- Se mide en función de su habilidad para cumplir la producción definida
- Cada uno de los equipos mineros posee igual relevancia que la infraestructura minera de producción



Sistemas Mineros

Beneficios de Simular



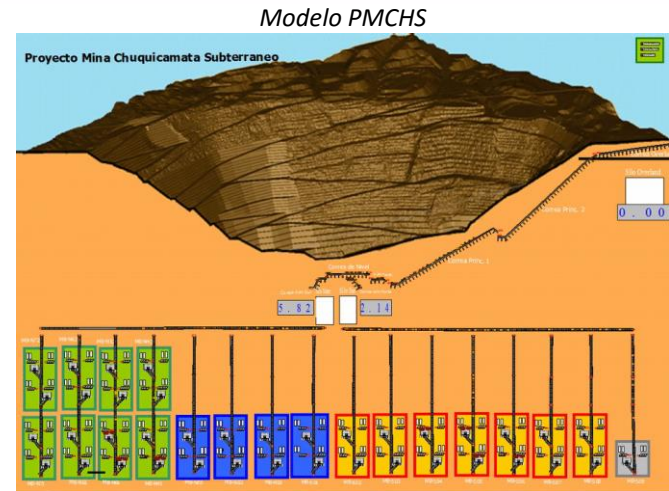
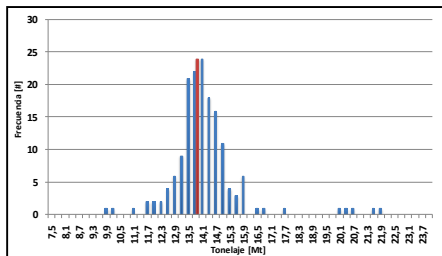
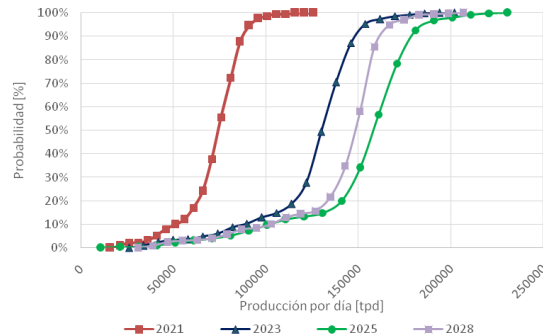
- Identificación de **cuellos de botella y congestión**.
- Análisis de **escenarios productivos**.
- Visualización de **oportunidades** de mejoras.

- Mayor **Adherencia** al Plan de Producción.
- Menor **Riesgo**.
- Sistema Minero **Robusto**.

Sistemas Mineros

Sensibilidad de Inputs para la Planificación Minera

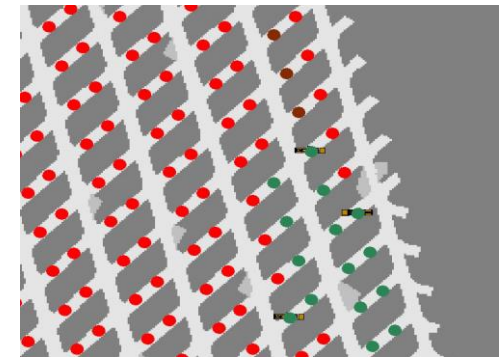
- ❑ *Capacidad de Producción/Confiabilidad*
- ❑ *Diseño de Sistemas Mineros*
- ❑ *Tráfico y Congestión*
- ❑ *Truckshop e Instalaciones a fines*



Modelo MEL Estimación Congestión



Simulación productiva Dacita DET

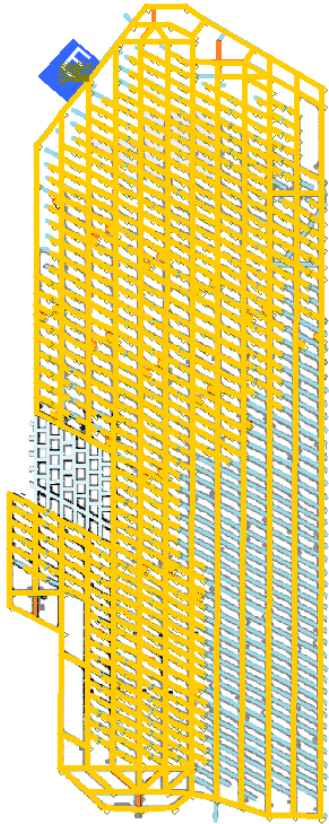


SIMULACIÓN DE SISTEMAS MINEROS SUBTERRÁNEOS (REDSU): MODELO 3D

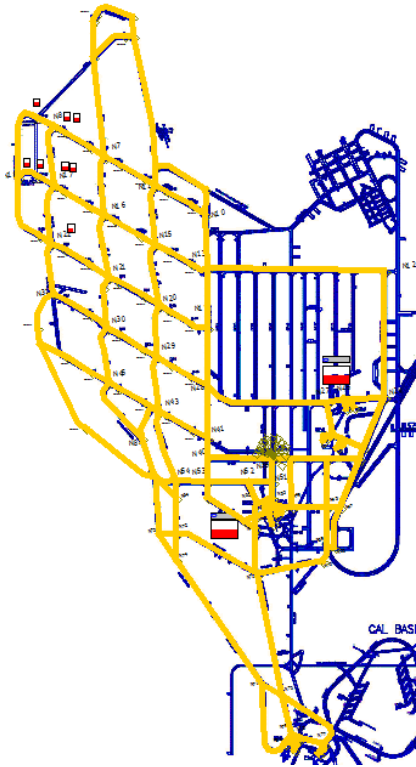


Simulación de Sistemas Mineros

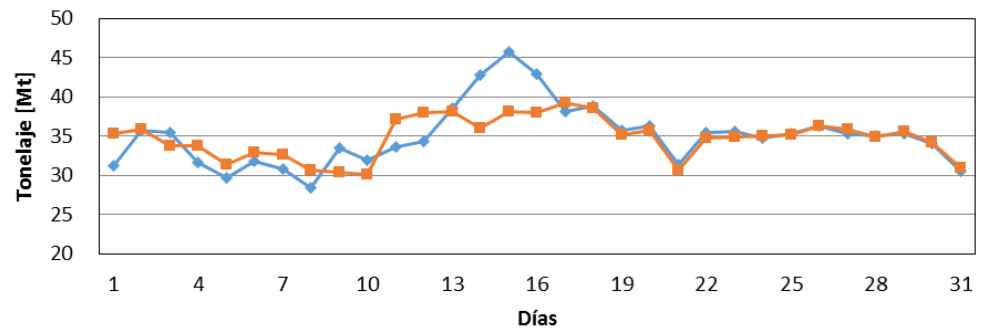
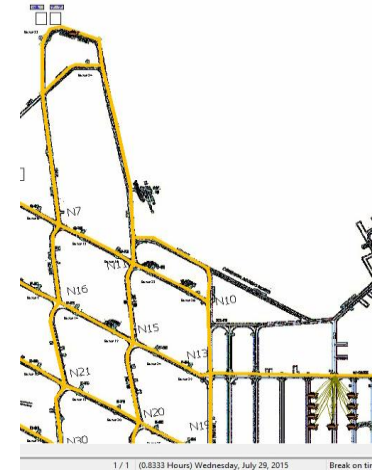
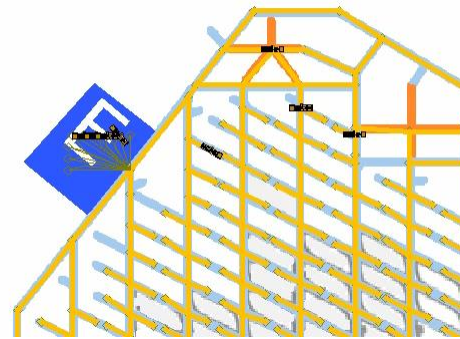
Simulación de Producción Subterránea



Nivel
Producción



Nivel
Transporte



—●— Simulación —■— Plan

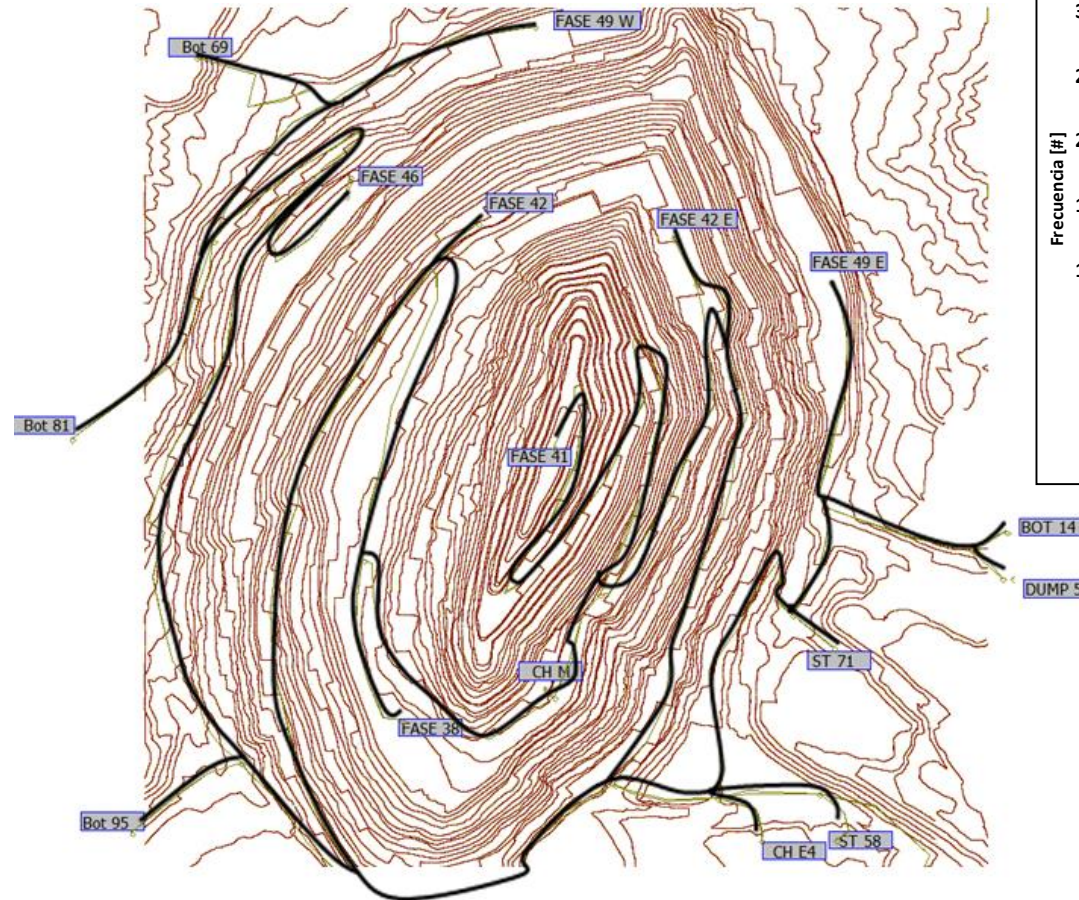
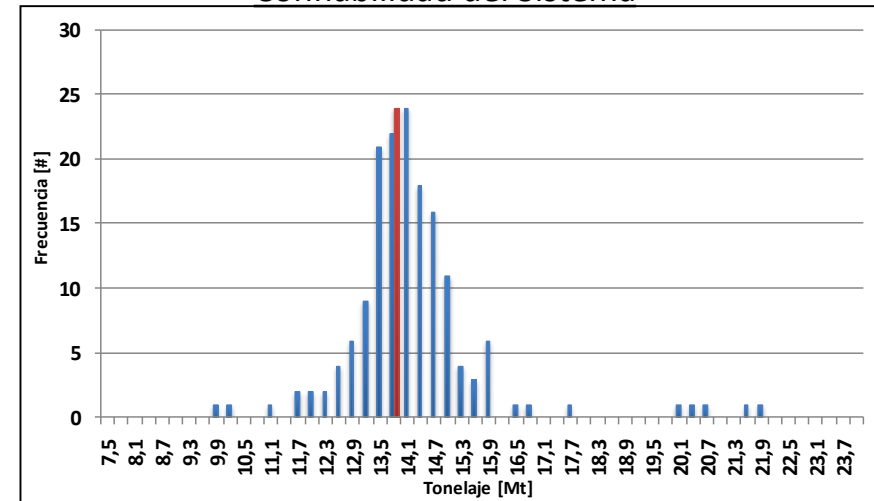
Arena[®]
Simulation Software

REDCO
Mining Consultants

Simulación de Sistemas Mineros

Estimación de Capacidad de Movimiento de Materiales

Confiabilidad del Sistema

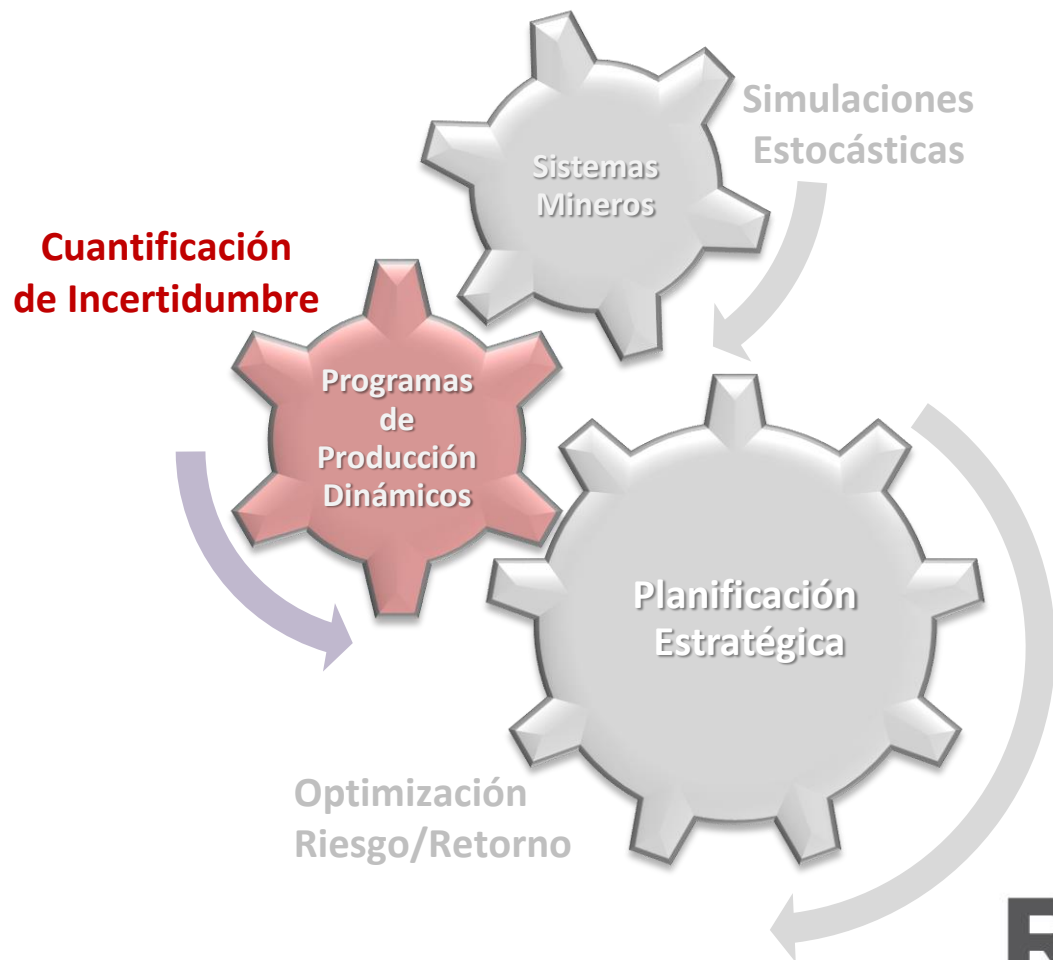


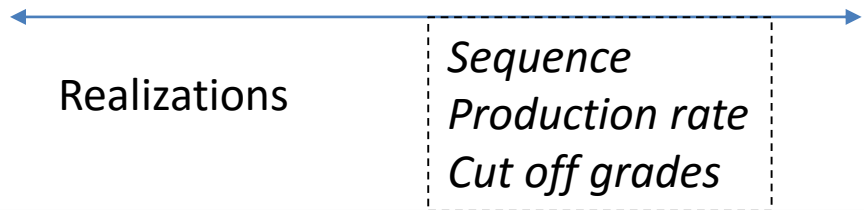
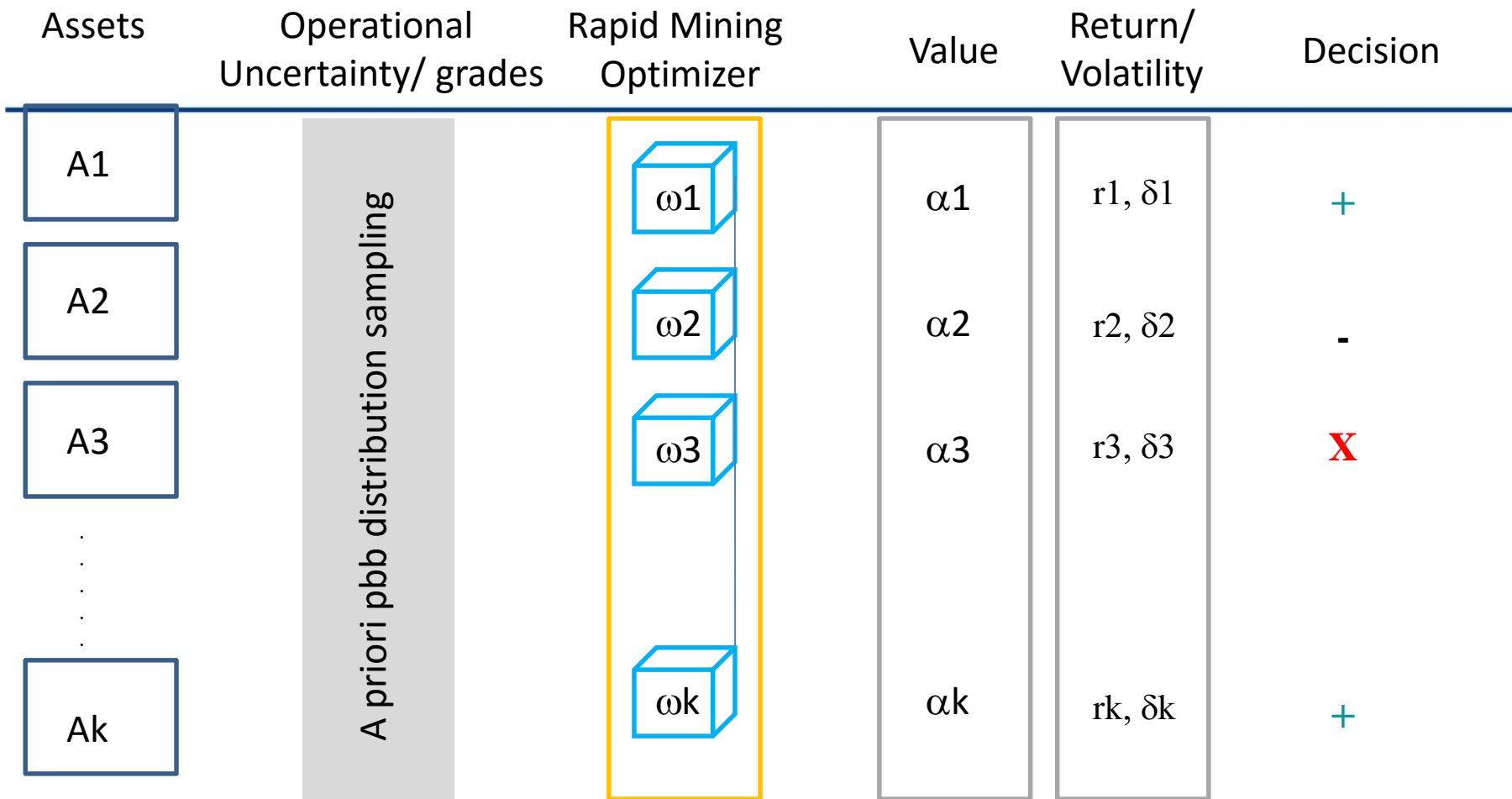
Arena[®]
Simulation Software

REDCO
Mining Consultants

Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

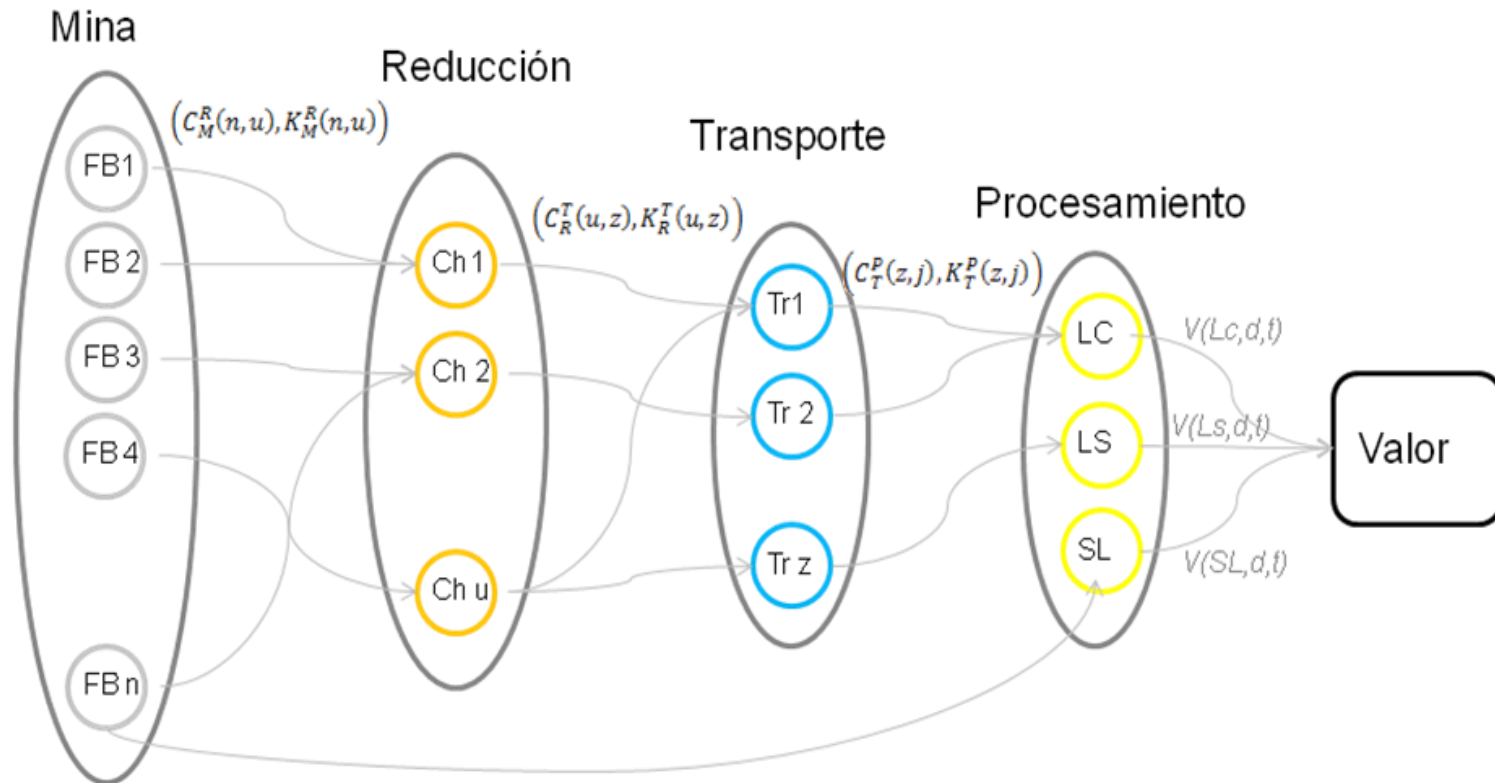
“Maximización de la Adherencia al Plan”





VIRTUAL MINING MACHINE (VMM)

Red de Flujo



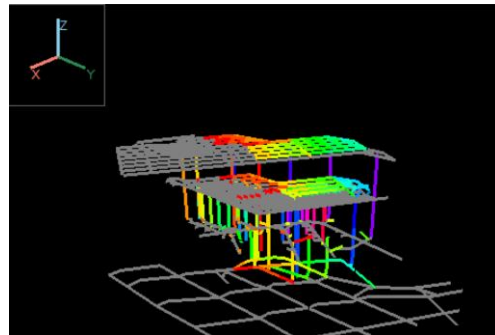
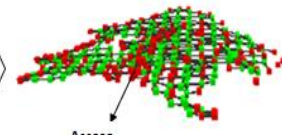
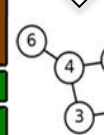
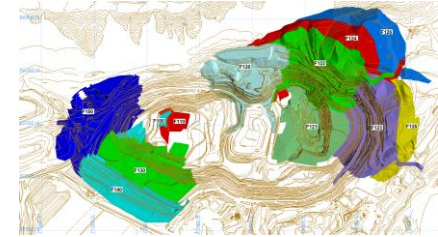
Programas de Producción Dinámicos

Optimización de Programas de Producción (VMM-MPS)

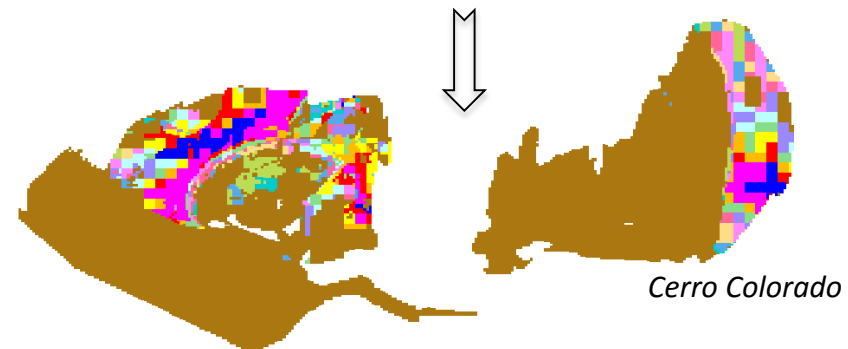
Virtual Mining Machine: Software de desarrollo propio

- ❑ Integración de variables GMM en la Planificación de Rajos
 - ❑ Secuenciamiento capacitado bajo restricciones operacionales
 - ❑ Mezclas óptimas de producción
 - ❑ Algoritmo de leyes de corte

- ❑ NO existe ley de corte
- ❑ No existe pre definición de origen destino

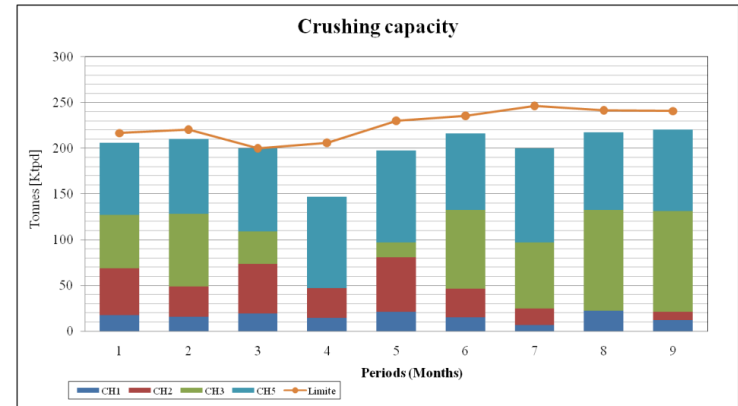
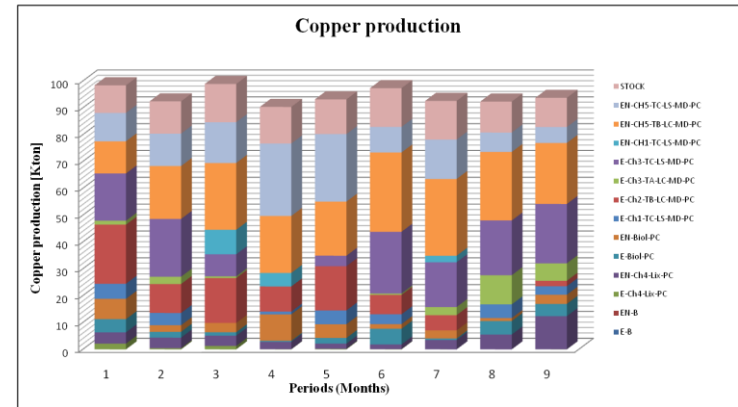
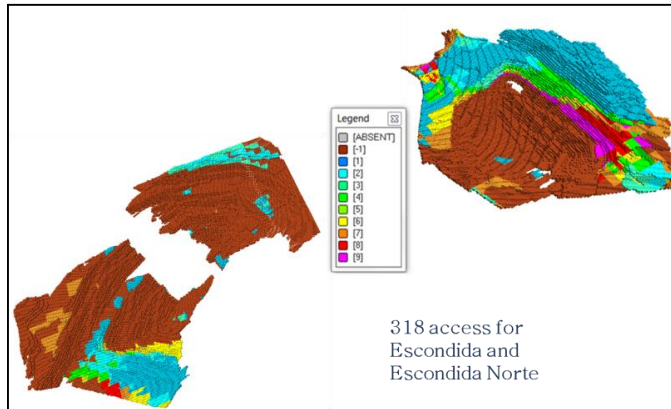
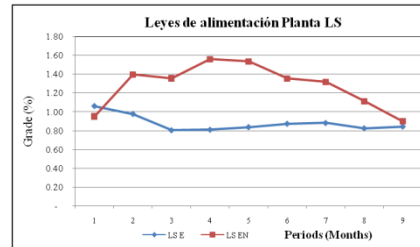
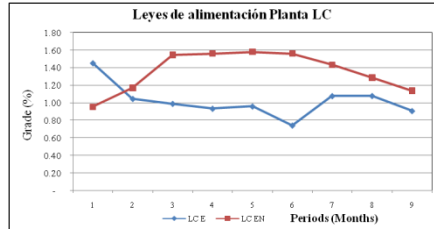


Modelo MPS Andina, 2014



VIRTUAL MINING MACHINE (VMM)

Reporte Leyes de Corte

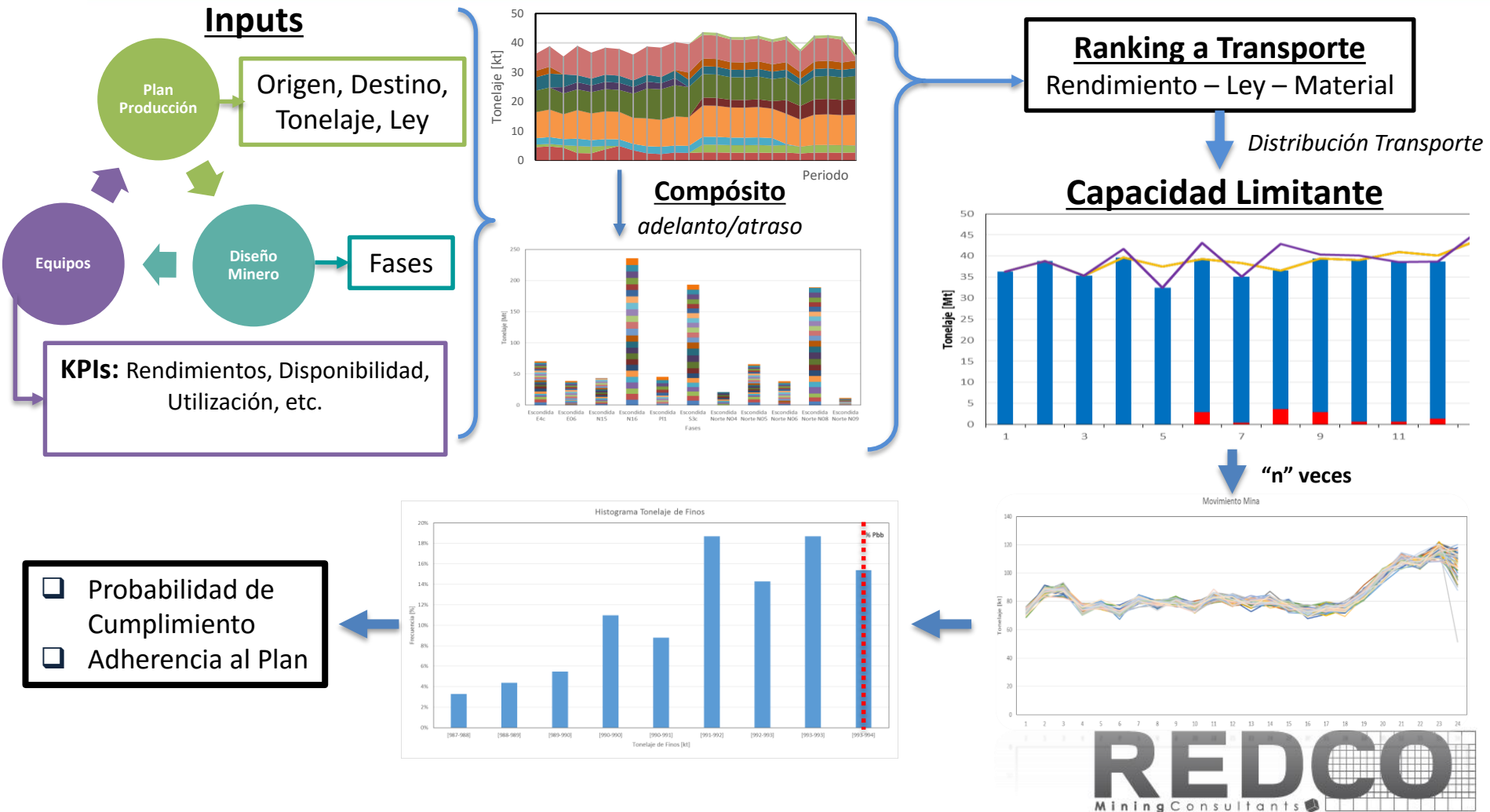


$Valor = F(\text{Secuencia-Leyes de Corte-Sistema Minero})$

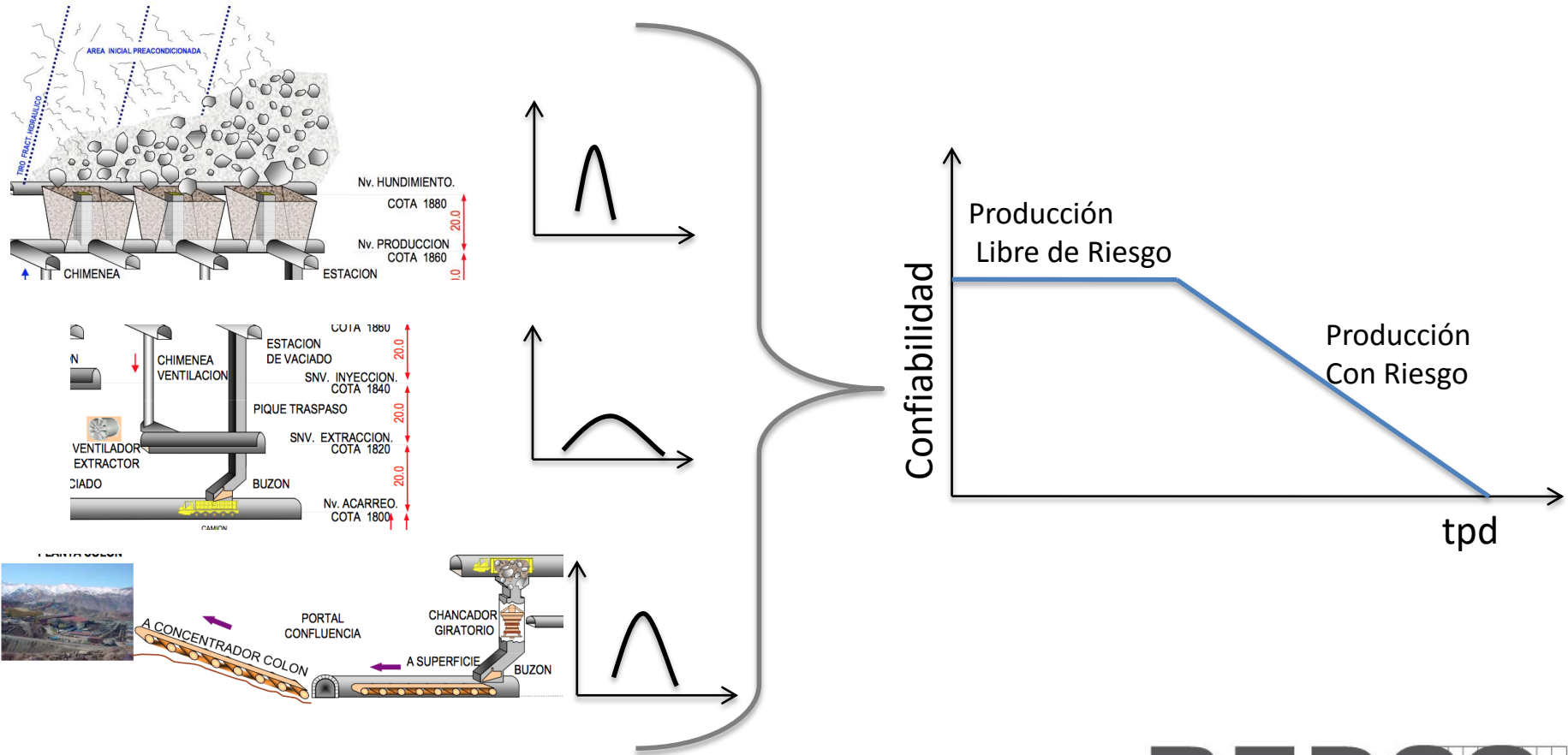


Programas de Producción Dinámicos

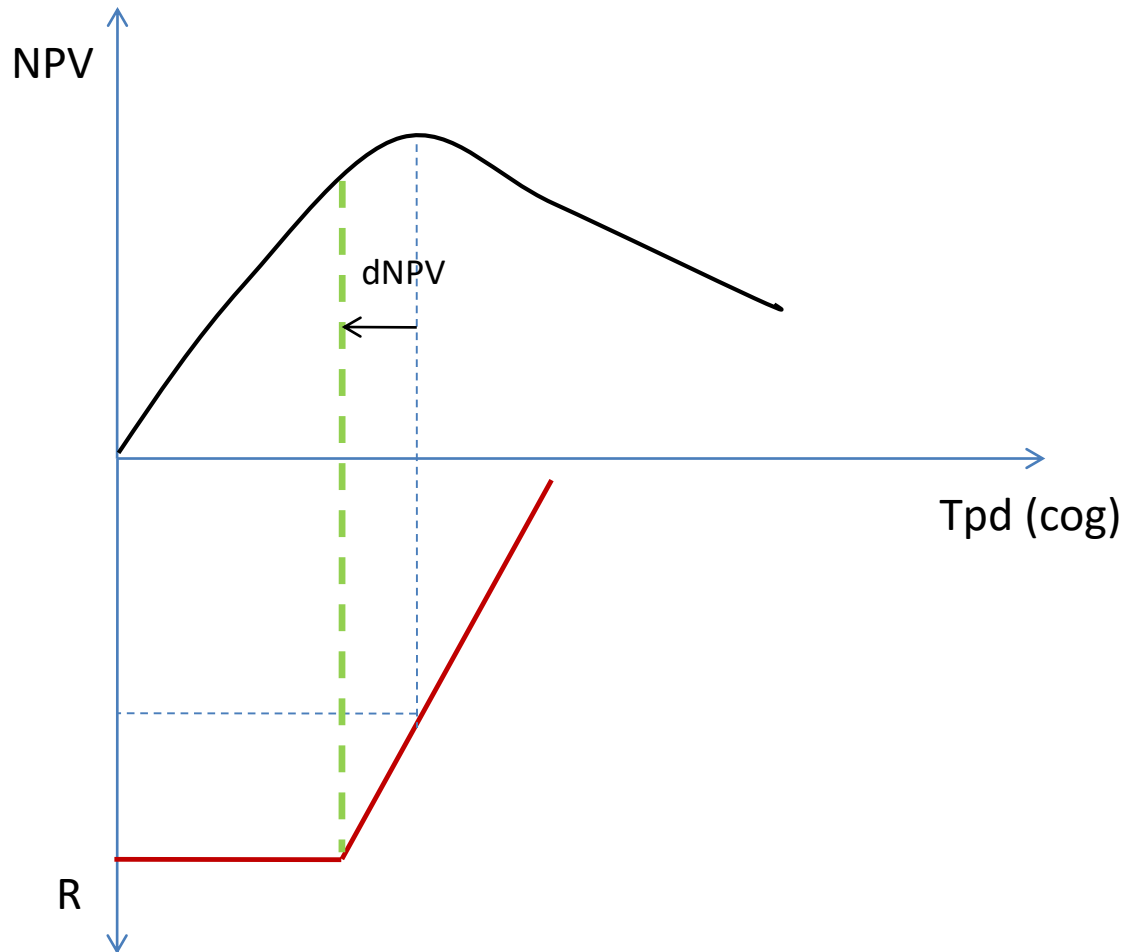
Metodología



Integración Sistémica del Diseño y Plan Minero



Metodología Capacidad de Producción y Confiabilidad

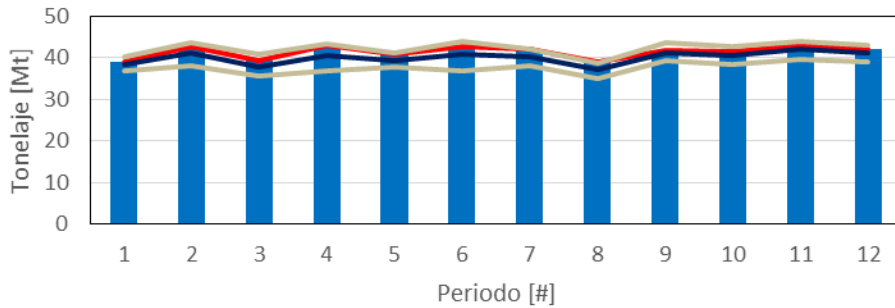


- Entendimiento del comportamiento variable de los factores productivos
- Integración de Diseño Minero<>Sistema de Manejo de Materiales<>Filosofía Operacional<>Programa de producción

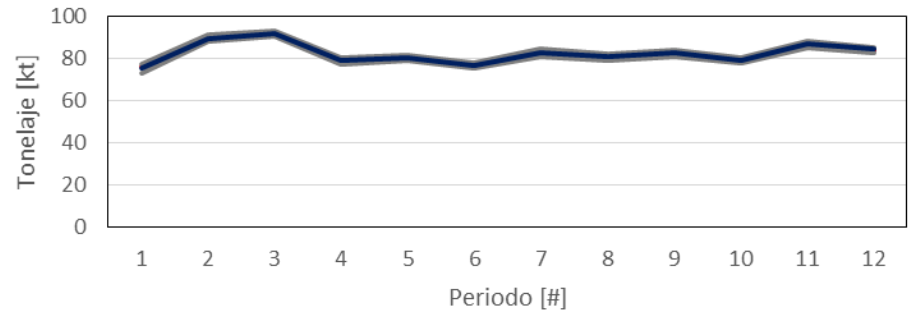
EJEMPLO APLICADO

Reporte Extractivo 50 Replicaciones

Movimiento Mina: Banda mín. y máx

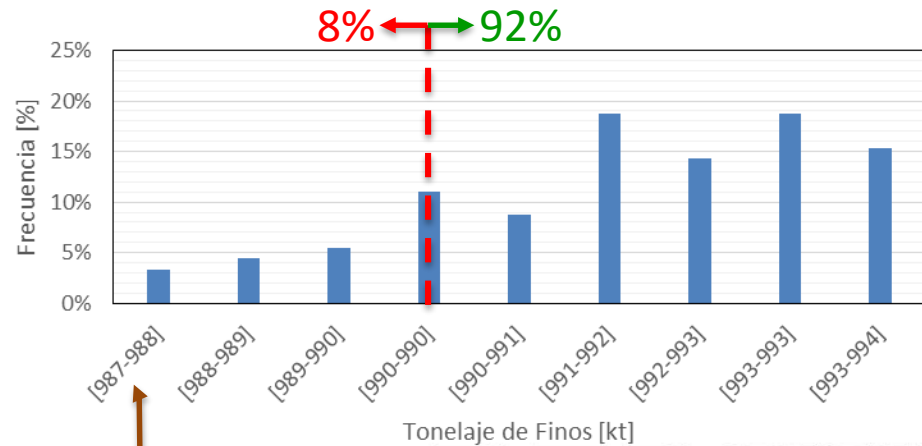
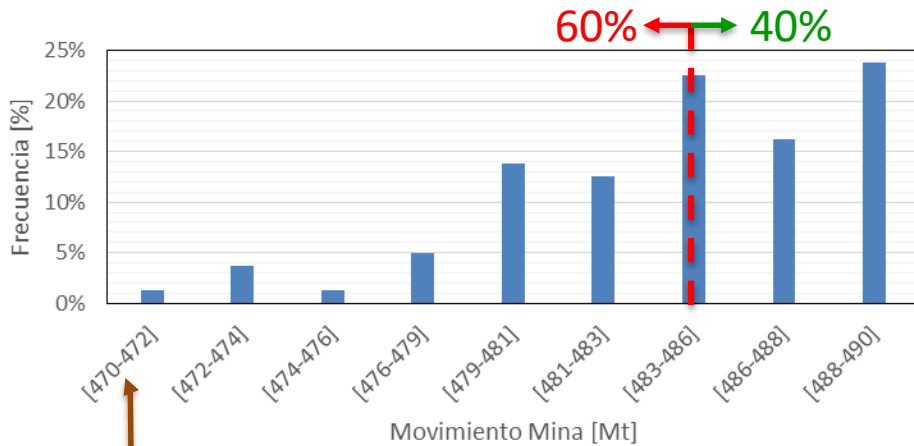


Tonelaje de Finos: Banda mín. y máx.



█ Extracción Atraso █ Extracción Plan — Base
— MIN — MAX — MEAN

— Base — MIN — MAX — MEAN



Libre de Riesgo

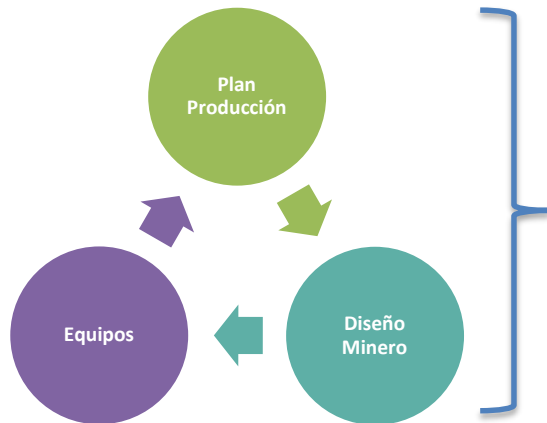
Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”



Planificación Estratégica

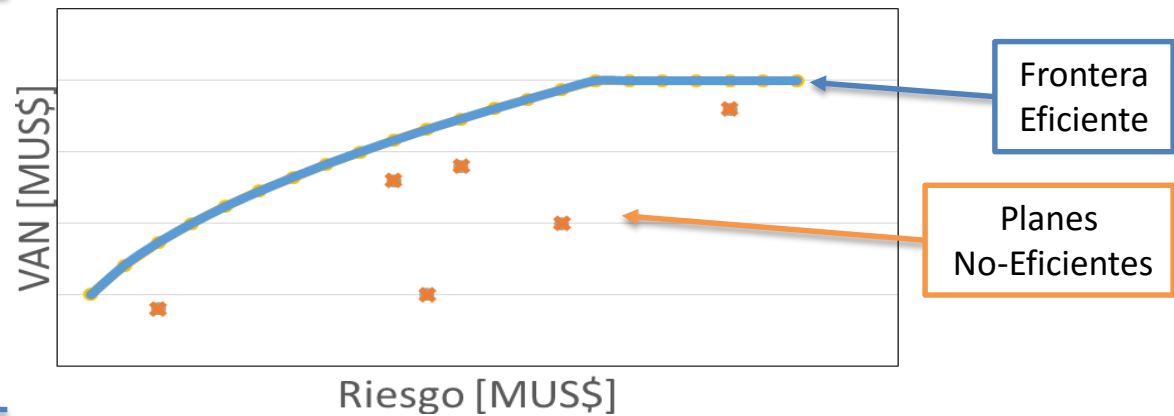
Metodología



Teoría de Portafolios

- ❑ Unidades de Explotación → Acciones
Valor Esperado / Riesgo
- ❑ Planes de Producción → Diferentes Carteras de Inversión
Distintos Retornos / Distintos niveles de Riesgo
- ❑ Planificación estratégica basada en escenarios
Planes Eficientes y Planes No-Eficientes

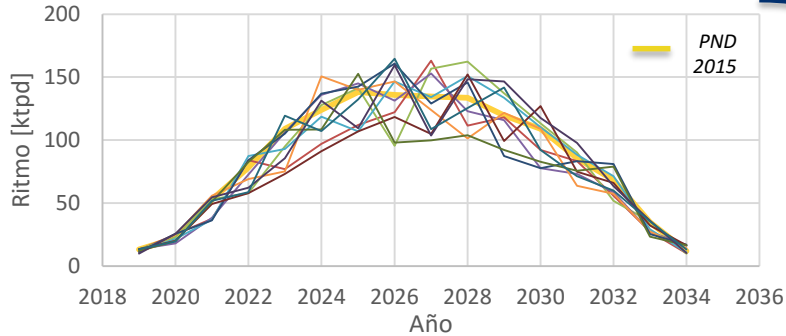
- ❑ Extracción Óptima
- ❑ Planificación Robusta
- ❑ Plan con Riesgo asociado



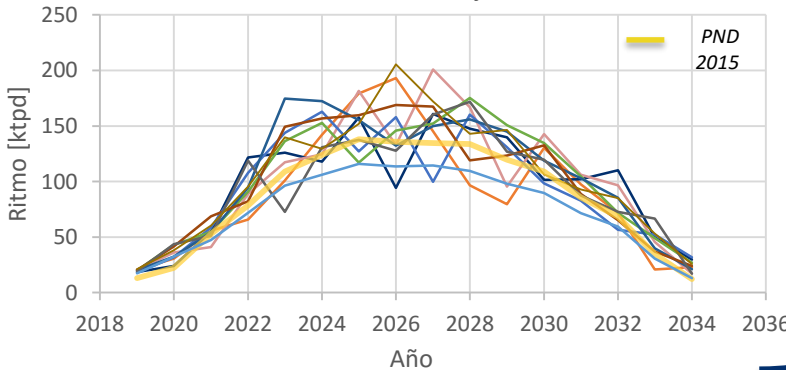
Planificación Estratégica

Aplicación de Frontera Eficiente a Estrategia de Extracción

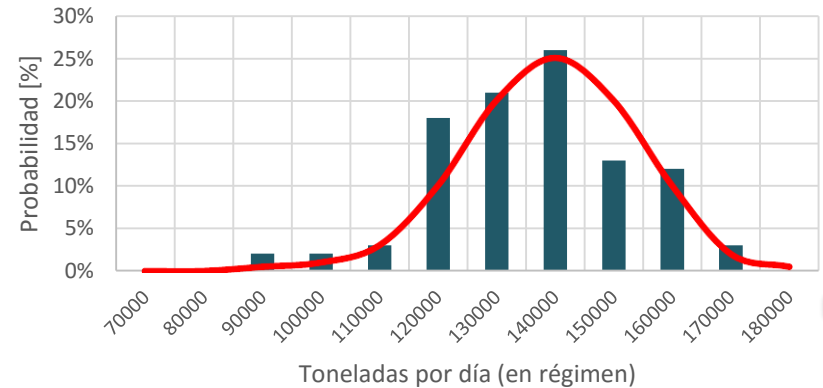
Variabilidad en la extracción



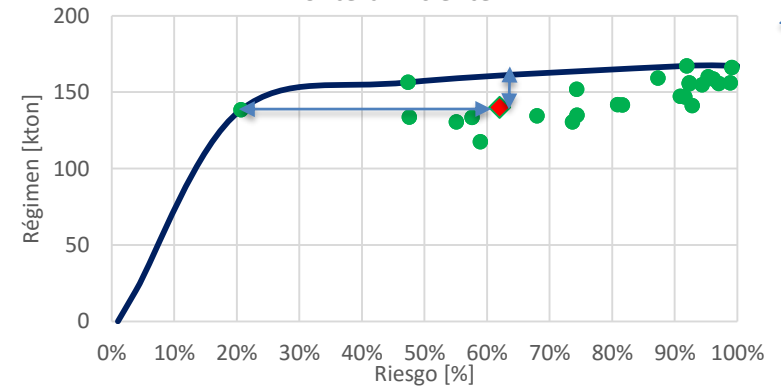
Variabilidad Sist. Manejo de Materiales



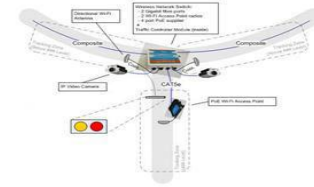
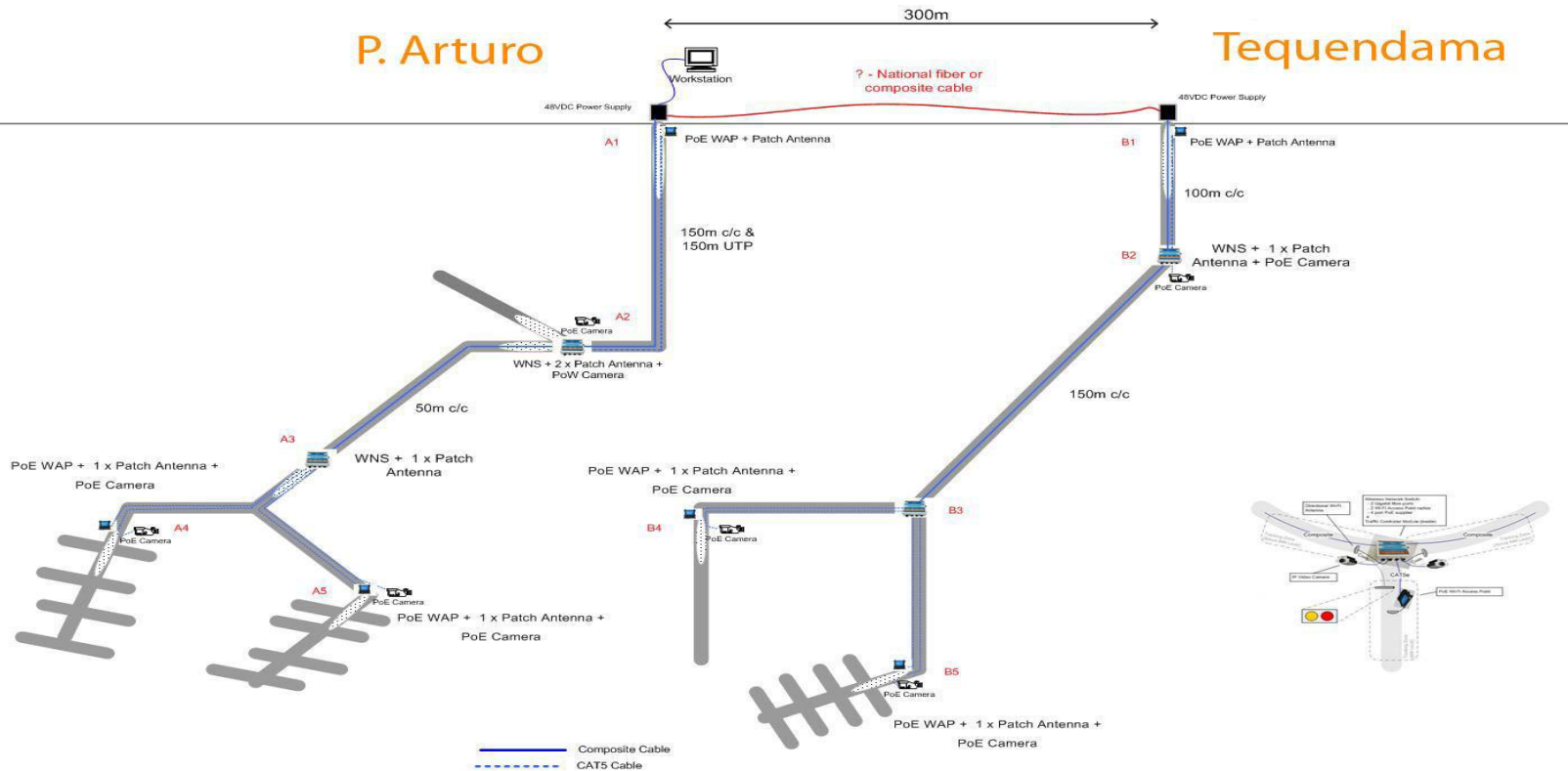
Histograma Planes



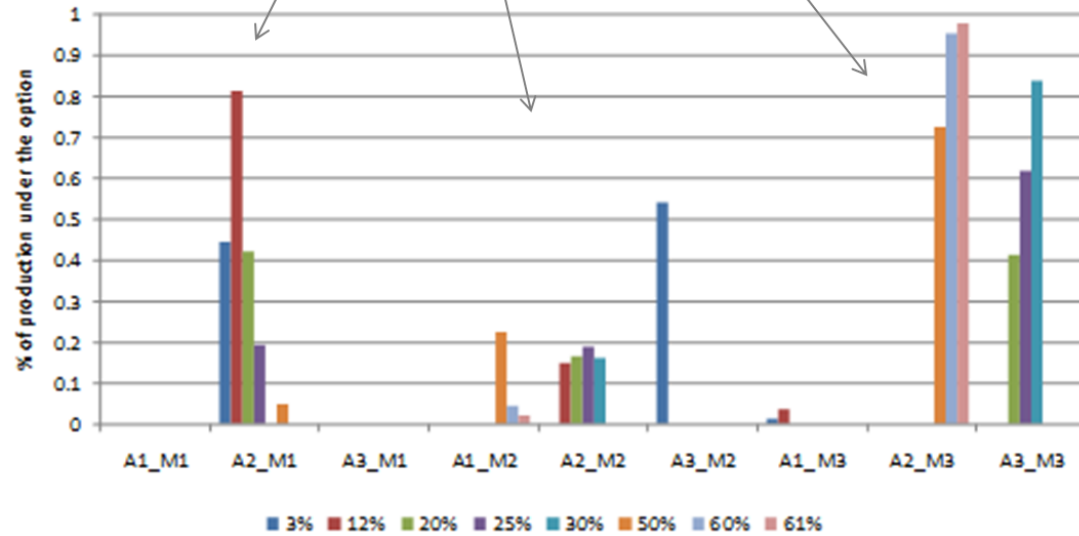
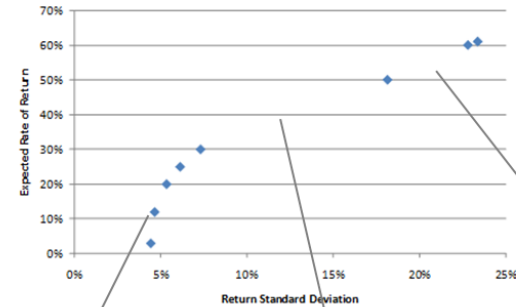
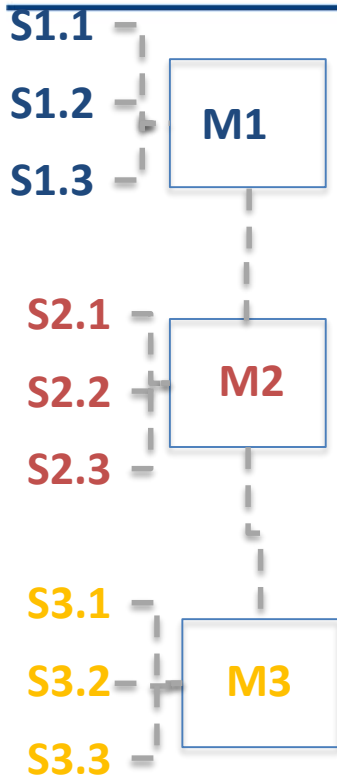
Frontera Eficiente



FE Applied to Selective UG Mining System

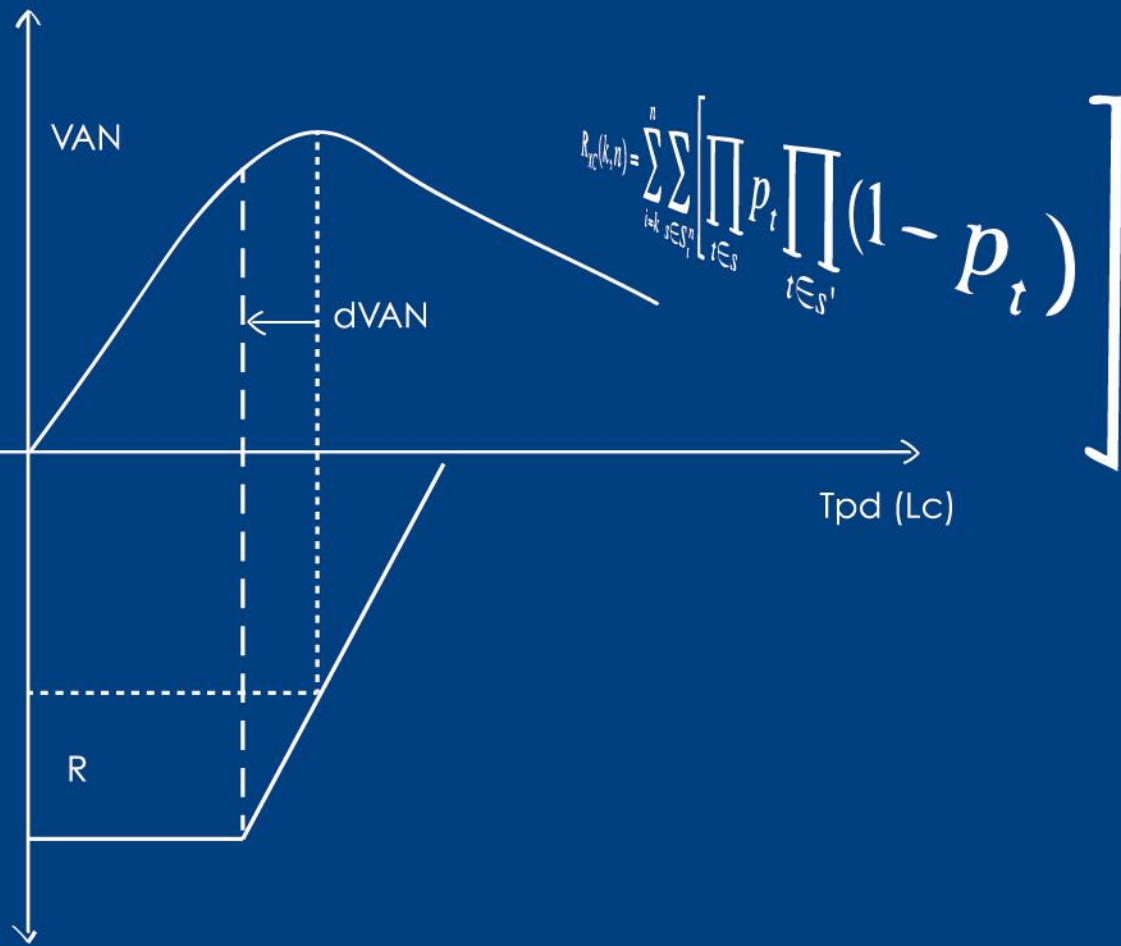


Sequencing and Production Rate as a Result of FE



Recomendaciones

- Variabilidad de indicadores
- Incorporación de variables y restricciones geomet.
- Integración de procesos
- Incorporación de variabilidad



REDCO
Mining Consultants