

Modelo de Riesgo para la Planificación de Mediano Plazo

Enrique Rubio, Ph.D.
Director ejecutivo

Joaquin Jimenez, Ing. Minas
Ingeniero de Minas

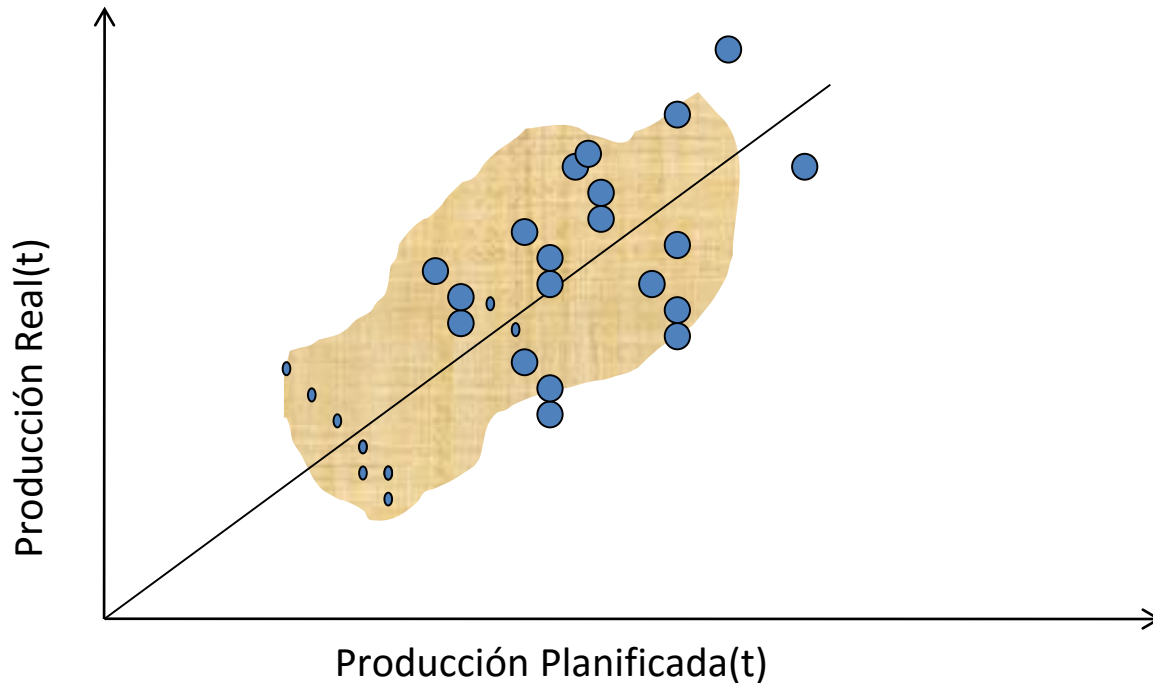
REDCO
Mining Consultants

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.**



Desviaciones Operacionales



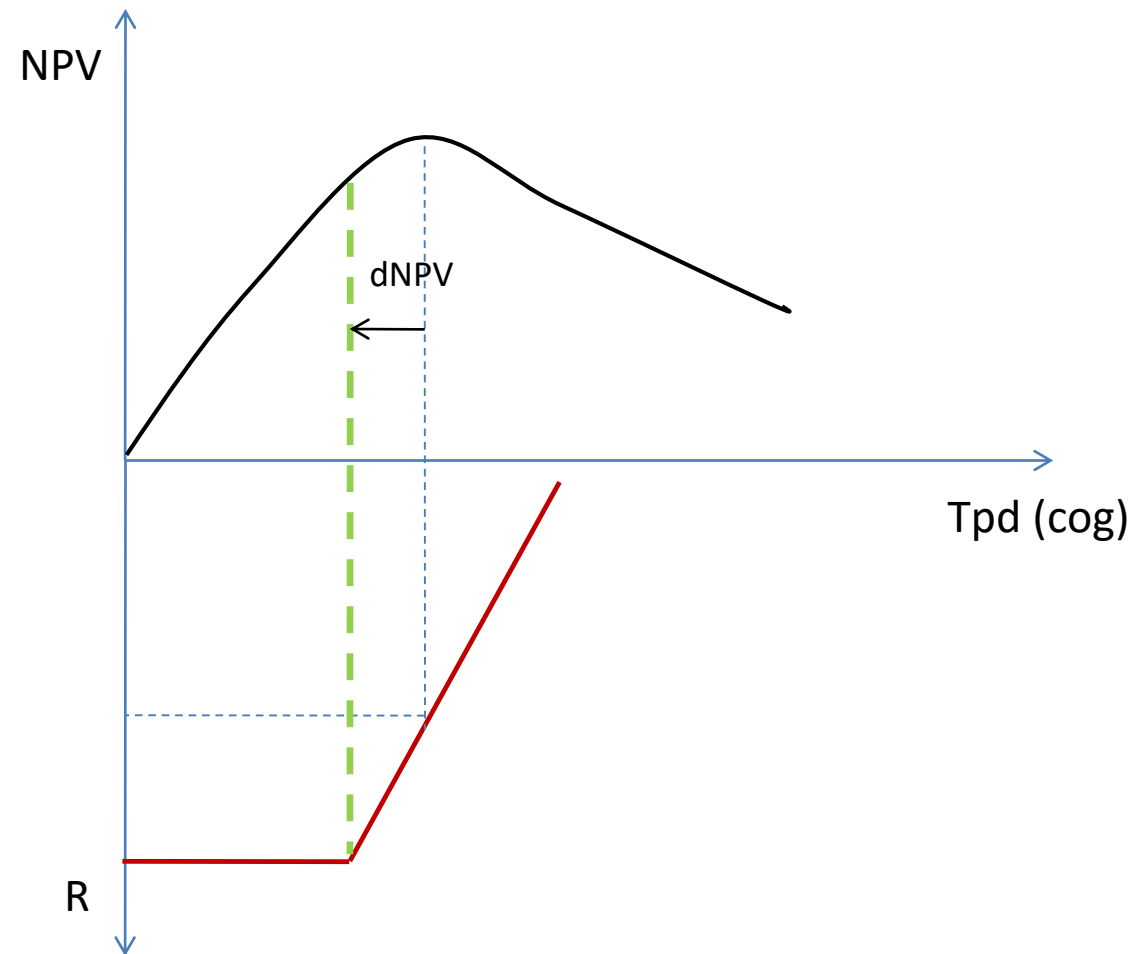
Desviaciones

□ Vida de la mina

□ Reservas mineras

□ **Costo de operación**

Metodología Tradicional para Cálculo de Capacidad de Producción



- ❑ Falta de entendimiento del comportamiento variable de los factores productivos
- ❑ Falta de integración de Diseño Minero<>Sistema de Manejo de Materiales<>Filosofía Operacional<>Programa de producción
- ❑ Falta de entendimiento del negocio minero
 - ❑ Altas tasas de producción
 - ❑ Bajos ramp ups
 - ❑ Fuertes inversiones de capital

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

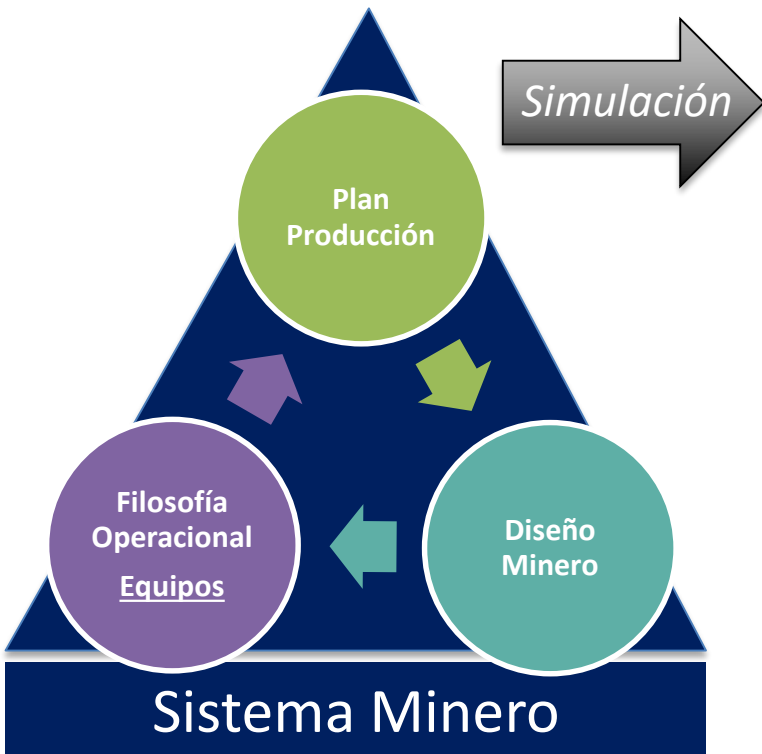
Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”



Sistemas Mineros

Beneficios de Simular



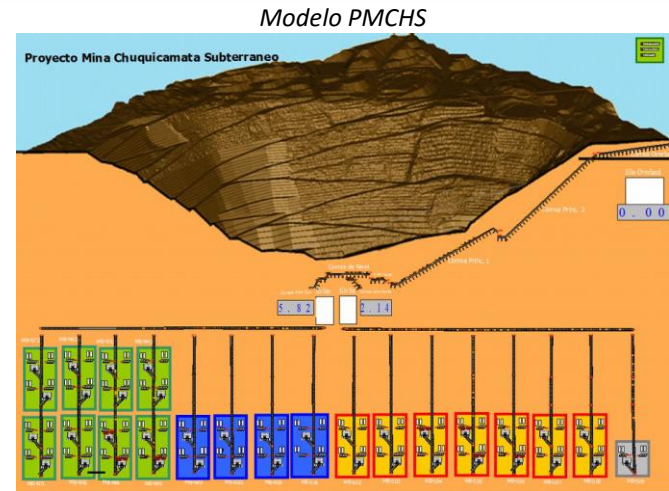
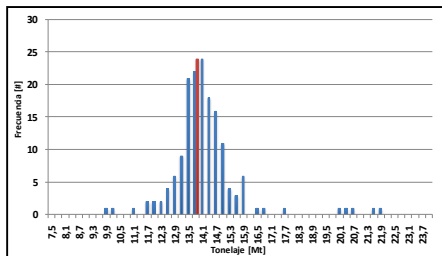
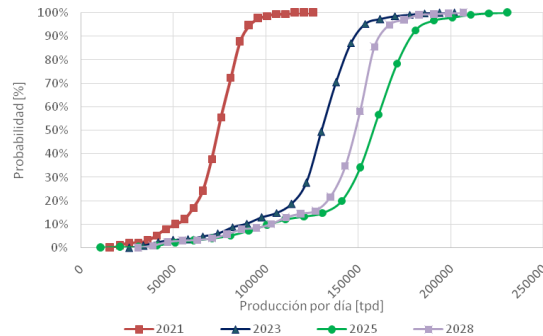
- Identificación de **cuellos de botella y congestión**.
- Análisis de **escenarios productivos**.
- Visualización de **oportunidades** de mejoras.

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

Sistemas Mineros

Sensibilidad de Inputs para la Planificación Minera

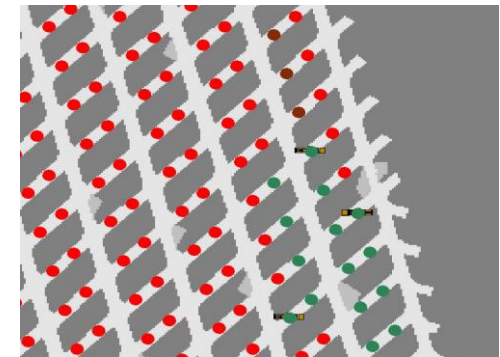
- ❑ *Capacidad de Producción/Confiabilidad*
- ❑ *Diseño de Sistemas Mineros*
- ❑ *Tráfico y Congestión*
- ❑ *Truckshop e Instalaciones a fines*



Modelo MEL Estimación Congestión

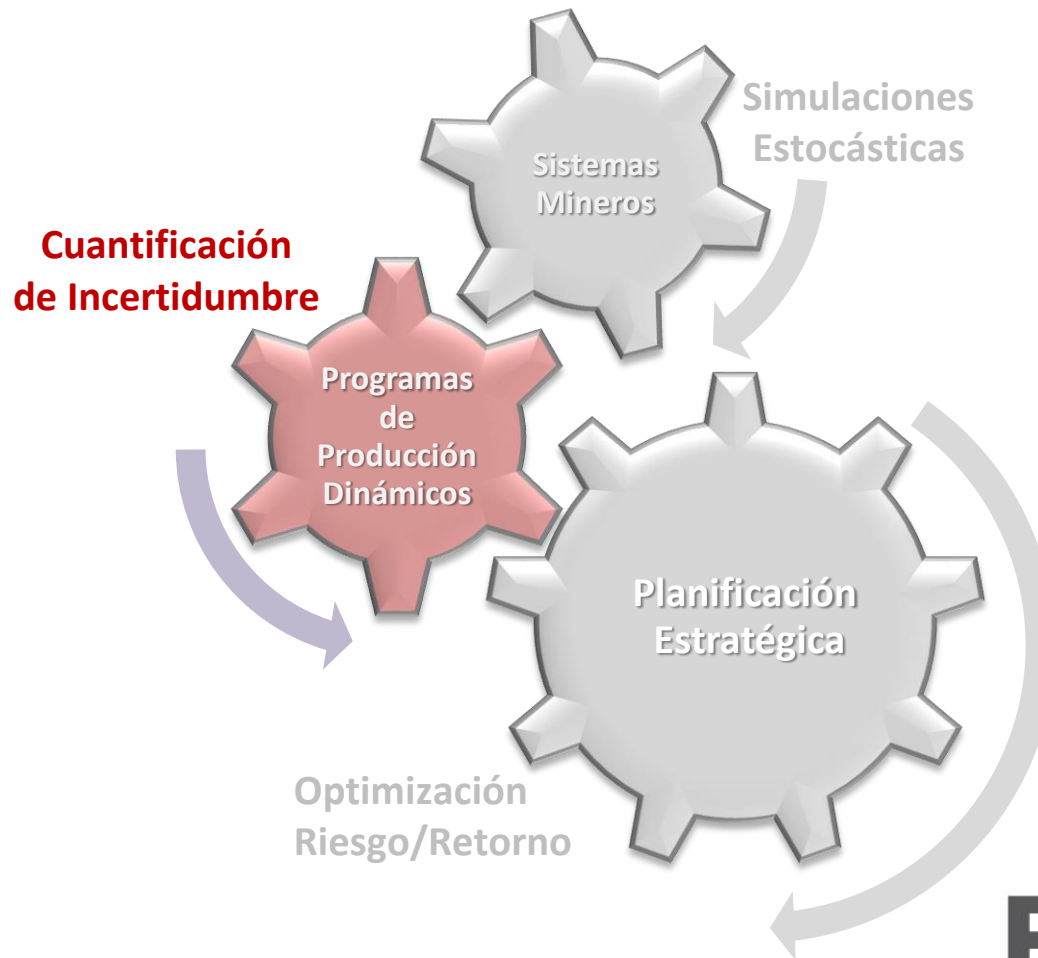


Simulación productiva Dacita DET



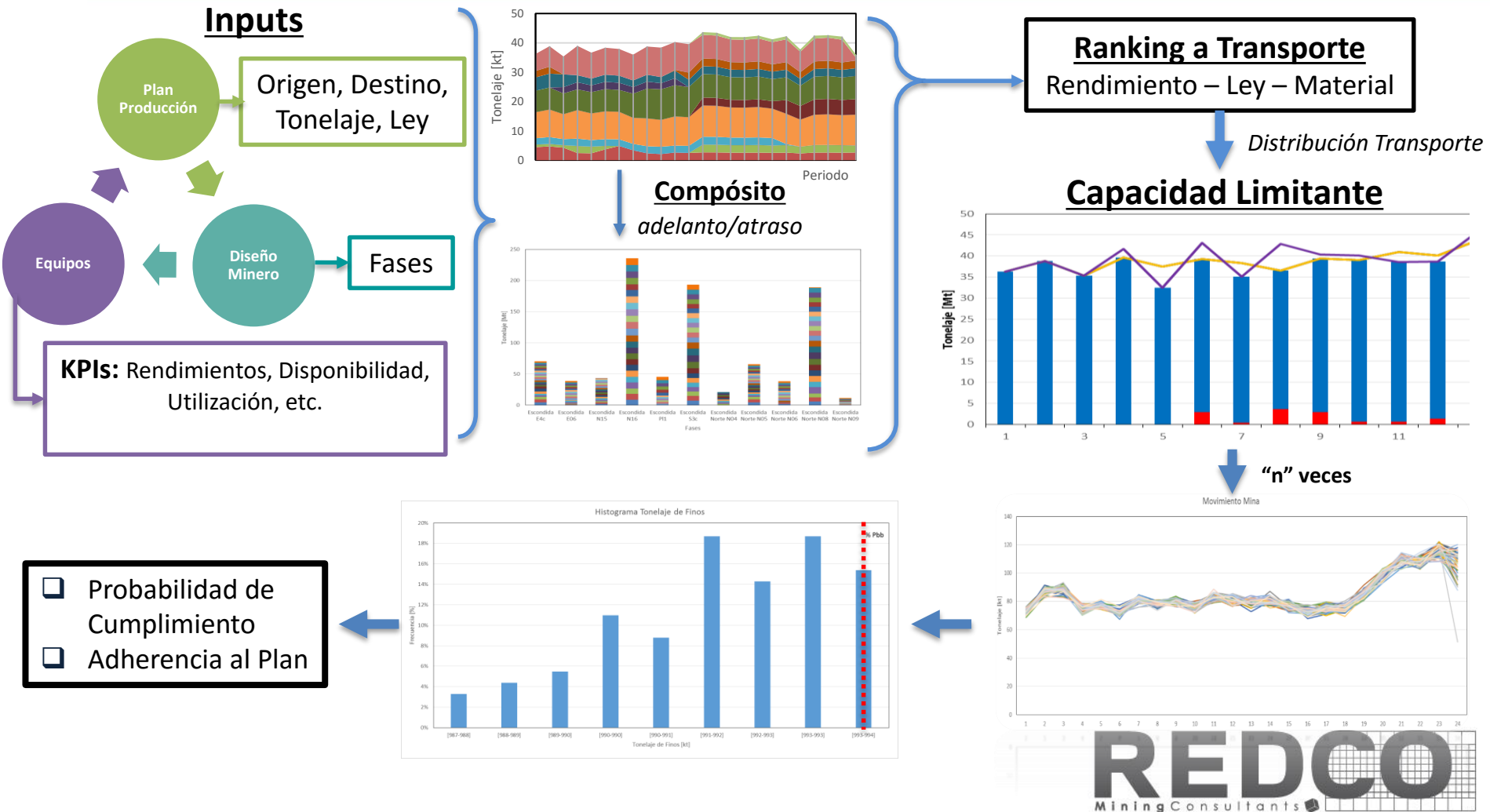
Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”



Programas de Producción Dinámicos

Metodología



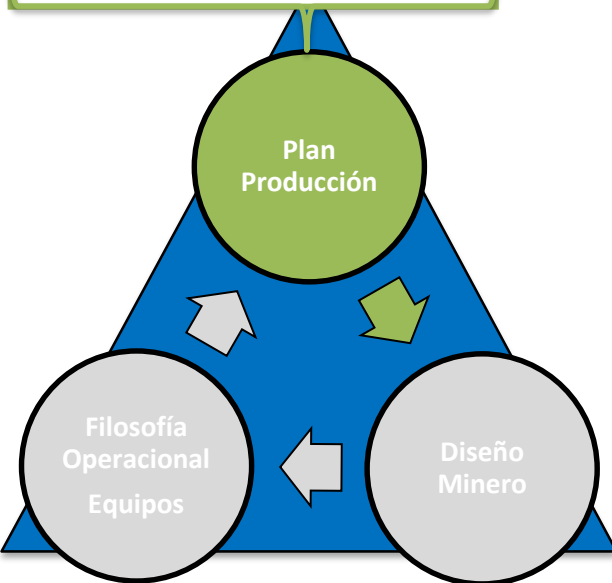
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Programa de Producción

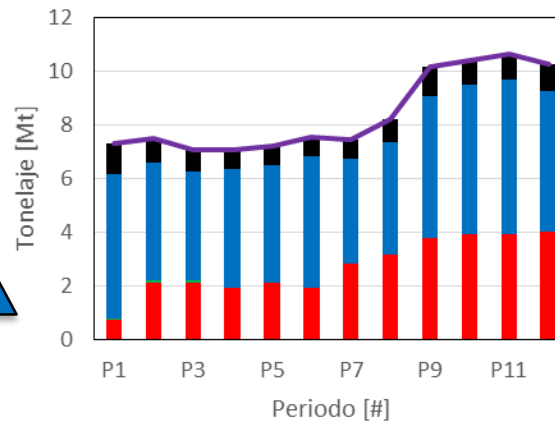
- Periodo de análisis.
- Fase/banco por periodo.
- Un escenario.

Programa de producción:

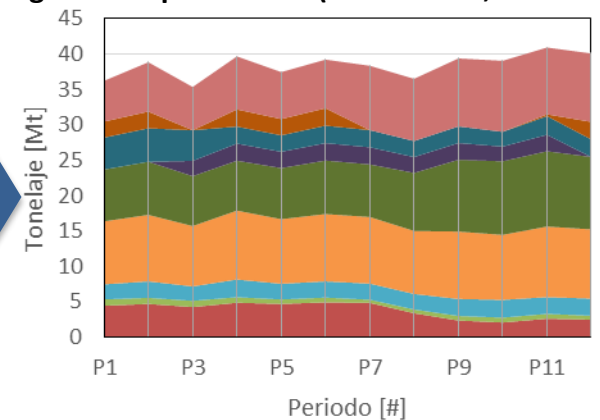
- Fase/Banco/Destino.
- Tipo de material.
- Tonelaje y ley de Cu por periodo.



Plan Fase 1



Programa de producción (12 Periodos, 11 Fases)

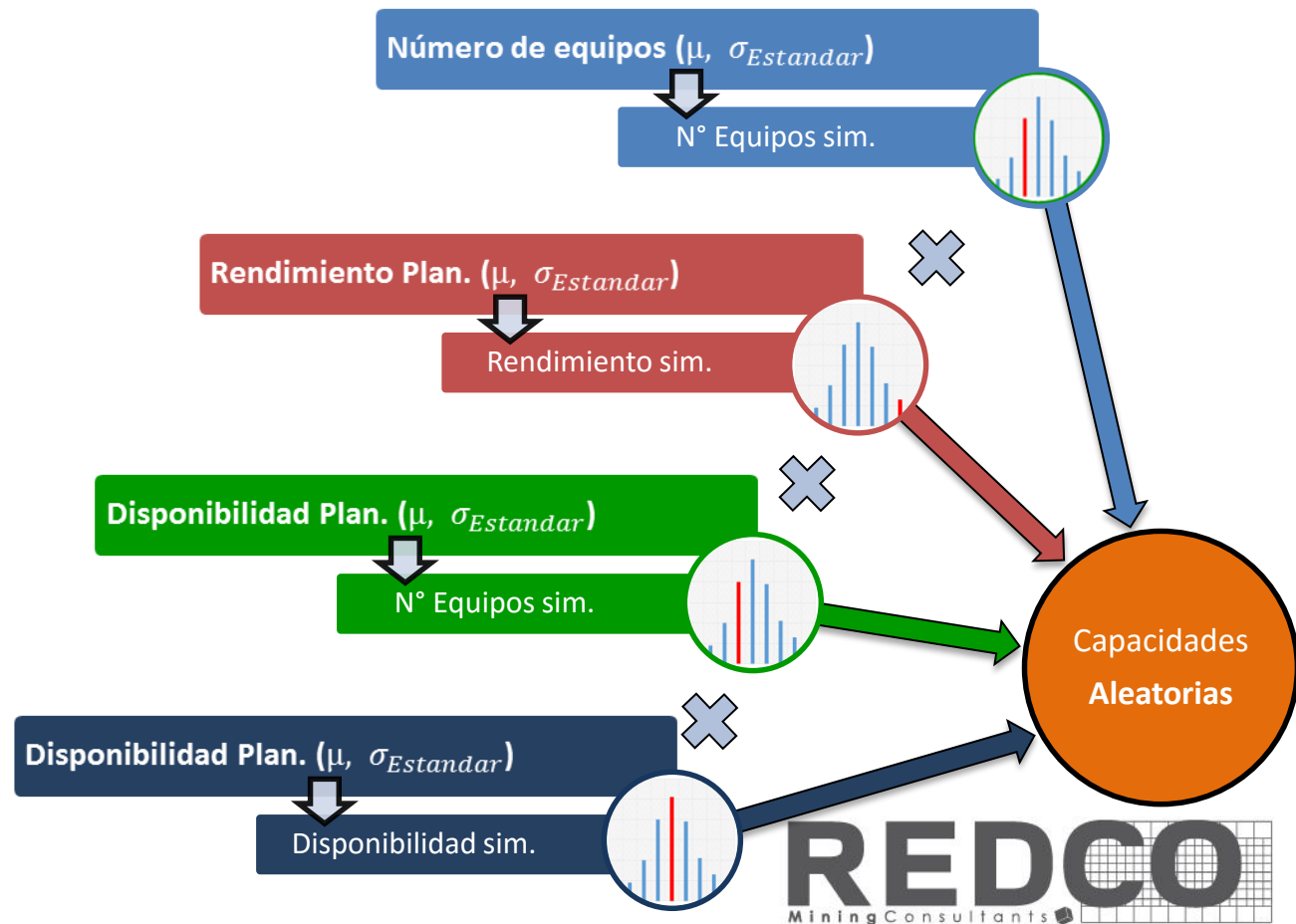
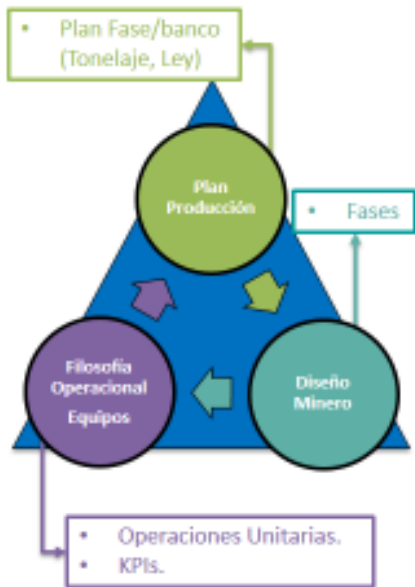


- Waste
- Ore from Mine to Oxide Leaching
- Ore from Mine to Mill
- Total

- F1 ■ F2 ■ F3 ■ F4 ■ F5 ■ F6 ■ F7 ■ F8 ■ F9 ■ F10 ■ F11

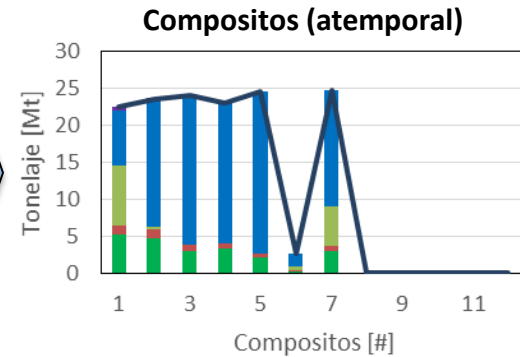
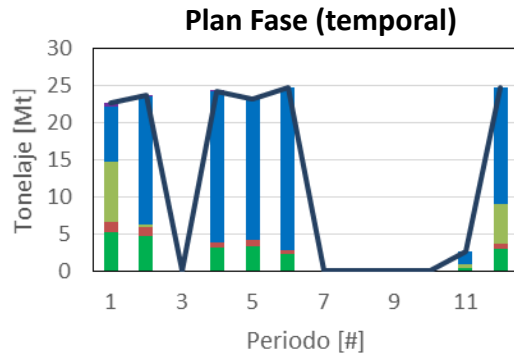
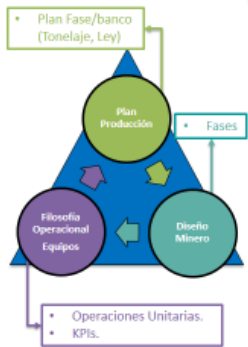
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Variabilidad en las Capacidades Productivas



PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Redistribución de las Capacidades de Carguío

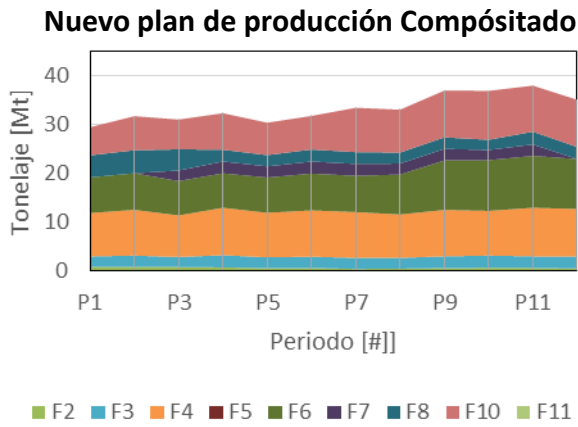


Composito:

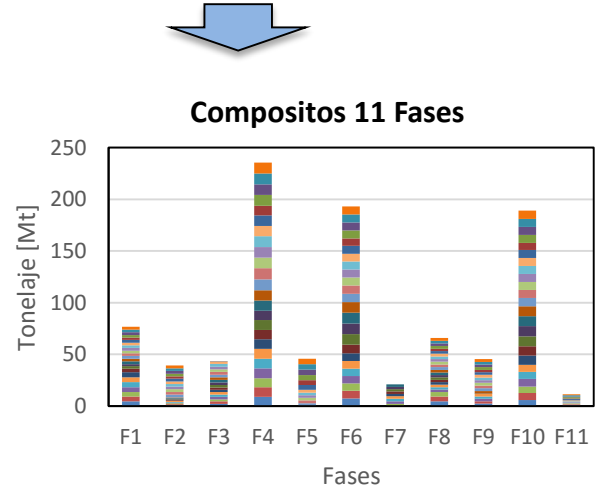
- Tonelaje
- Ley
- Destinos



Adelantos/Atrasos



Capacidad de carguío por Fase



PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Ranking de Asignación de Materiales a Procesos

Criterios ranking/intensidad

- Tipo de Material.
- Destinos del plan.
- Rendimientos.
- Finos por hora.

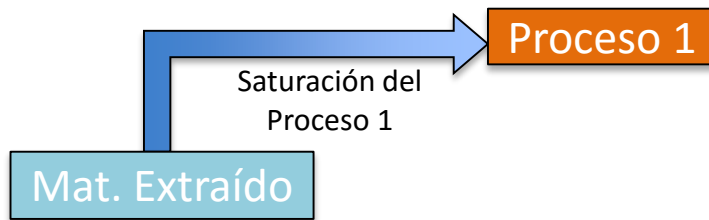
¿Qué extraer? ¿Prioridad en la asignación a proceso?



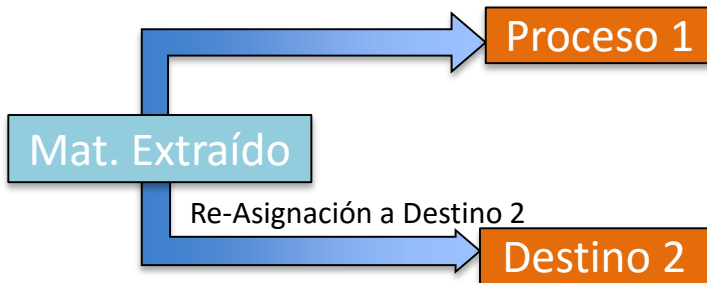
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Re-distribución de Transporte a Proceso

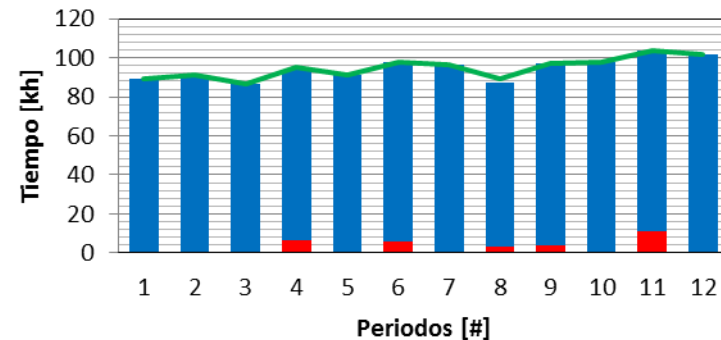
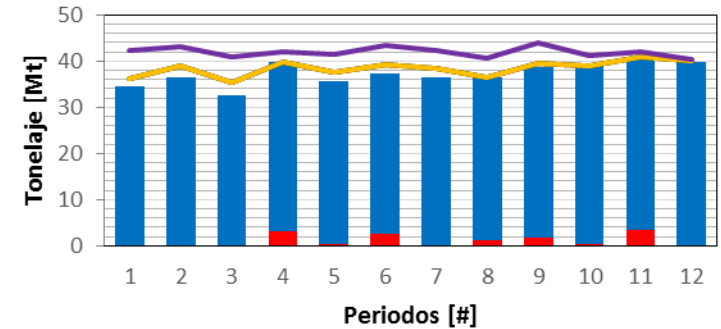
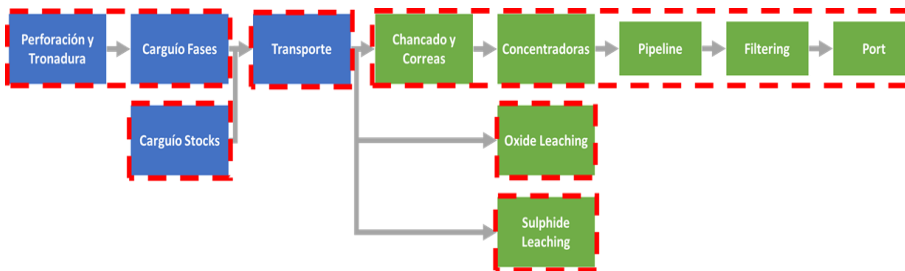
- Asignado a Proceso 1 saturado



- Re-asignado a su Destino 2



- Identificación de los cuellos de botella



PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Resultados – Situación por Fases



PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DINÁMICO

Validación

Caso Base

KVD/KPHYSICAL

			FY16			FY17		
			BASE CASE	SIMULATION	%	BASE CASE	SIMULATION	%
Mine	Expit	Mt	461	461	100%	505	505	100%
	Rehandling	Mt	37	37	100%	41	41	100%
	Movement	Mt	498	498	100%	546	546	100%
Shovels	Availability	%	83%	83%	100%	83%	83%	100%
	Utilization	%	76%	76%	100%	76%	76%	100%
	Performance	t/h	5,119	5,119	100%	5,552	5,552	100%
Trucks	Availability	%	82%	82%	100%	83%	83%	100%
	Utilization	%	84%	84%	100%	83%	83%	100%
	Performance	t/h	437	437	100%	422	422	100%
Mill	Throughput	Mt	87	87	100%	105	105	100%
	Grade	%CuT	0.98%	0.98%	100%	0.99%	0.99%	100%
	Recovery	%Rec	82.0%	82.0%	100%	82.1%	82.1%	100%
OL	Throughput	Mt	21	21	100%	22	22	100%
	Grade	%CuT	0.80%	0.80%	100%	1.02%	1.02%	100%
SL	Throughput	Mt	107	107	100%	108	108	100%
	Grade	%CuT	0.52%	0.52%	100%	0.56%	0.56%	100%
Production	Mill	kt	695	695	100%	855	855	100%
	Cathodes	kt	296	296	100%	323	323	100%
	Total	kt	990	990	100%	1,177	1,177	100%

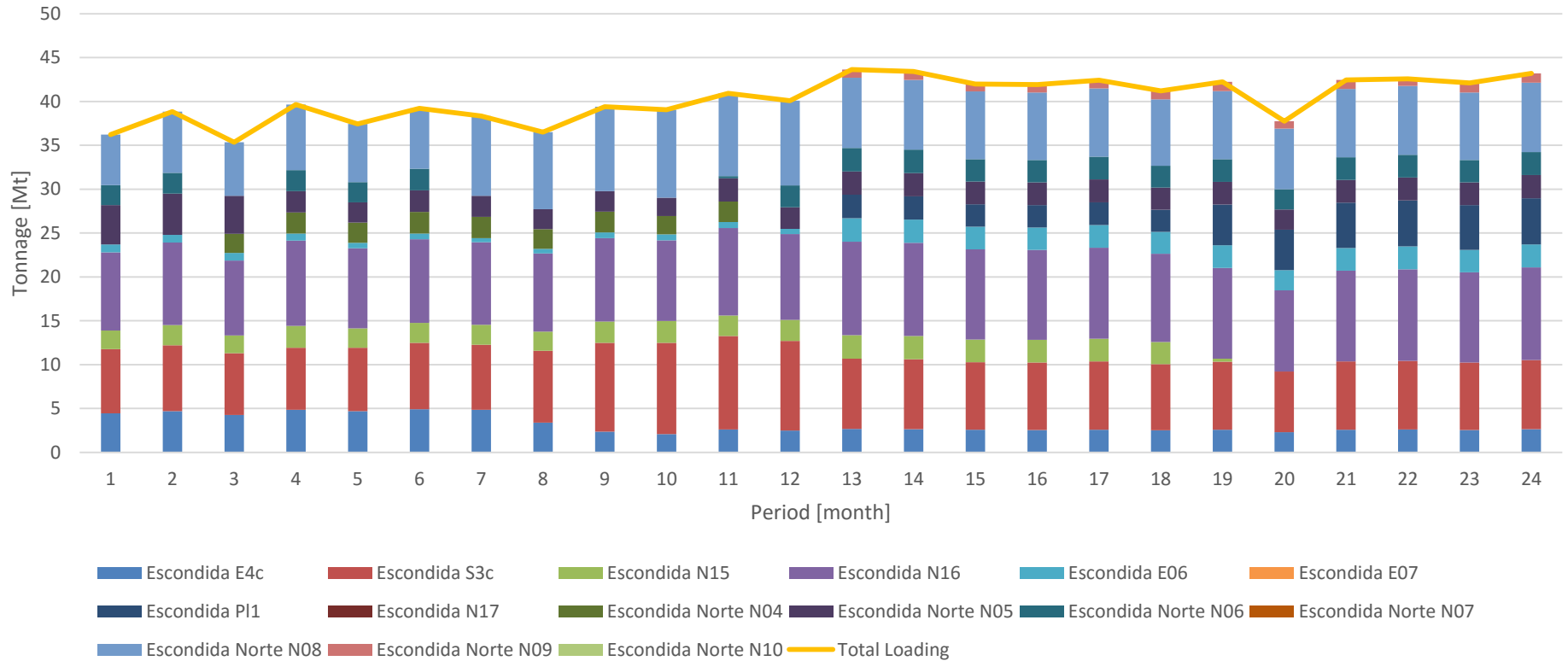
Sensibilidad 1

KVD/KPHYSICAL

			FY16			FY17		
			LCFEB16	SIMULATION	%	LCFEB16	SIMULATION	%
Mine	Expit	Mt	461	461	100%	505	505	100%
	Rehandling	Mt	38	38	100%	41	41	100%
	Movement	Mt	499	499	100%	546	546	100%
Shovels	Availability	%	0%	83%	0%	0%	83%	0%
	Utilization	%	0%	76%	0%	0%	76%	0%
	Performance	t/h	-	5,119	0%	-	5,552	0%
Trucks	Availability	%	0%	82%	0%	0%	83%	0%
	Utilization	%	0%	84%	0%	0%	83%	0%
	Performance	t/h	-	438	0%	-	422	0%
Mill	Throughput	Mt	94	94	100%	105	105	100%
	Grade	%CuT	0.95%	0.94%	99%	0.99%	0.99%	100%
	Recovery	%Rec	81.7%	82.0%	100%	82.1%	82.1%	100%
OL	Throughput	Mt	21	21	100%	22	22	100%
	Grade	%CuT	0.80%	0.80%	100%	1.02%	1.02%	100%
SL	Throughput	Mt	107	107	100%	108	108	100%
	Grade	%CuT	0.51%	0.52%	102%	0.56%	0.56%	100%
Production	Mill	kt	734	729	99%	855	855	100%
	Cathodes	kt	293	292	100%	322	322	100%
	Total	kt	1,027	1,021	99%	1,177	1,177	100%

EJEMPLO APLICADO

Carguío por Fases



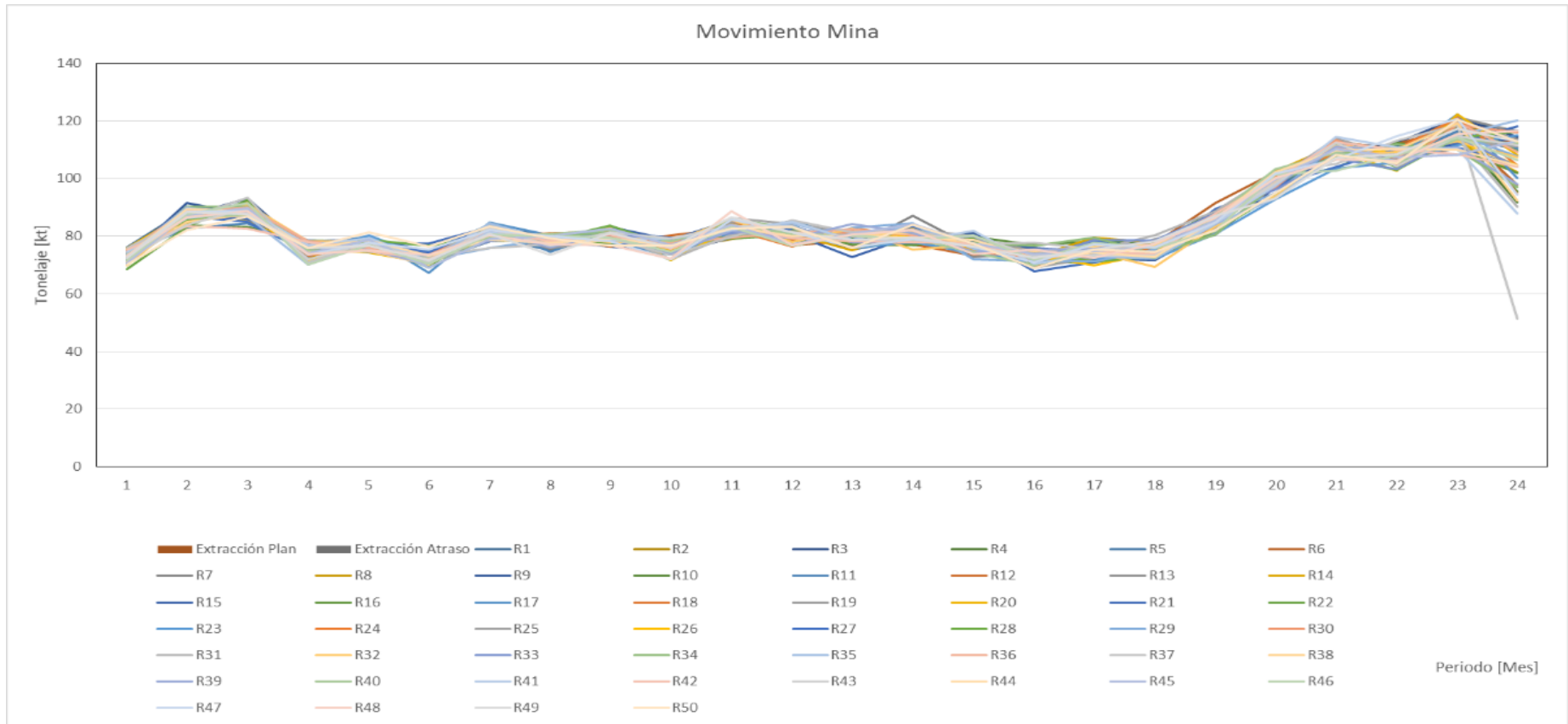
EJEMPLO APLICADO

Movimiento Mina: 6 Replicaciones



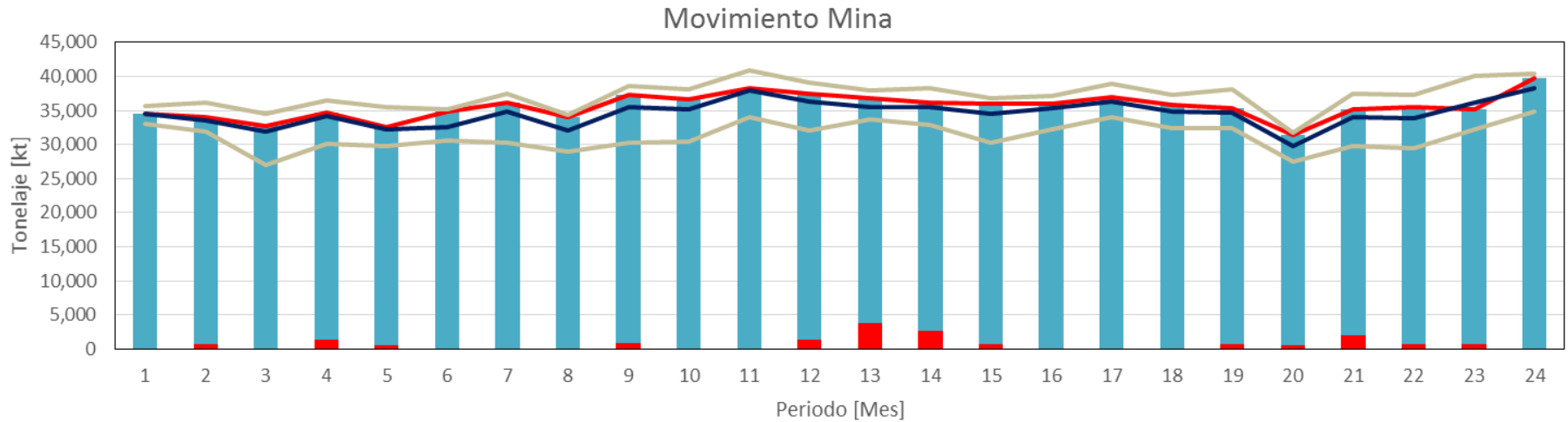
EJEMPLO APLICADO

Movimiento Mina: 50 Replicaciones

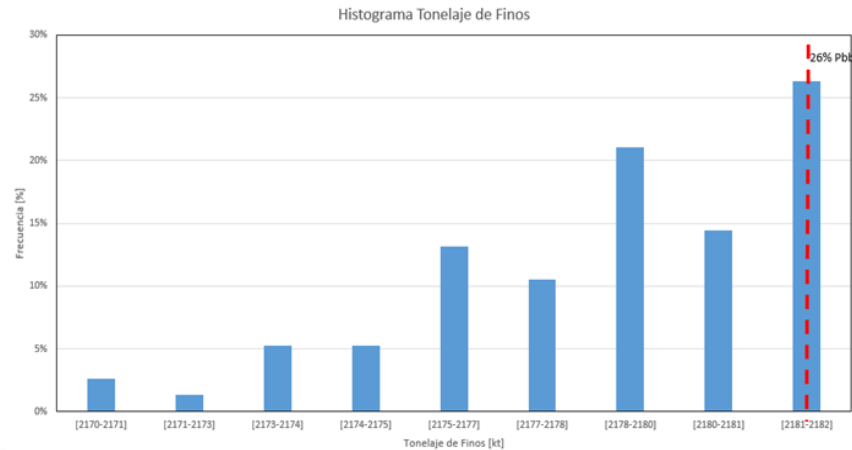


EJEMPLO APLICADO

Resultados – 50 Replicaciones: Movimientos Mina



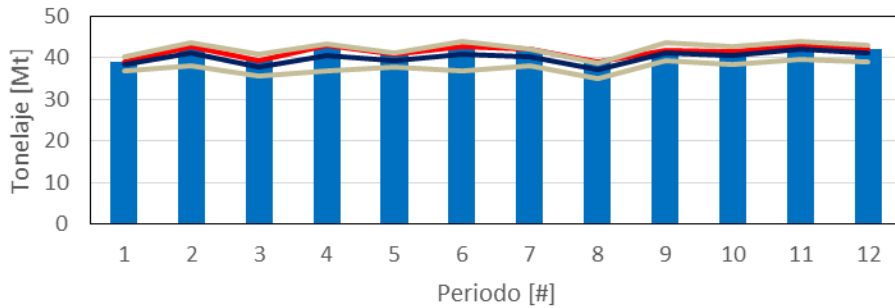
■ Extracción Atraso
 ■ Extracción Plan
 — Base
 — MIN
 — MAX
 — MEAN



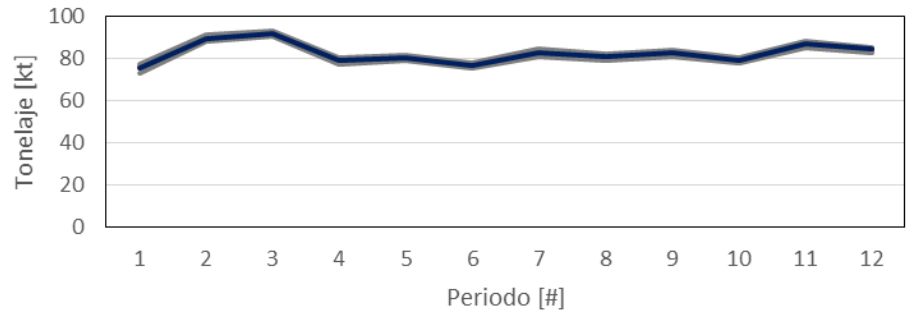
EJEMPLO APLICADO

Reporte Extractivo 50 Replicaciones

Movimiento Mina: Banda mín. y máx

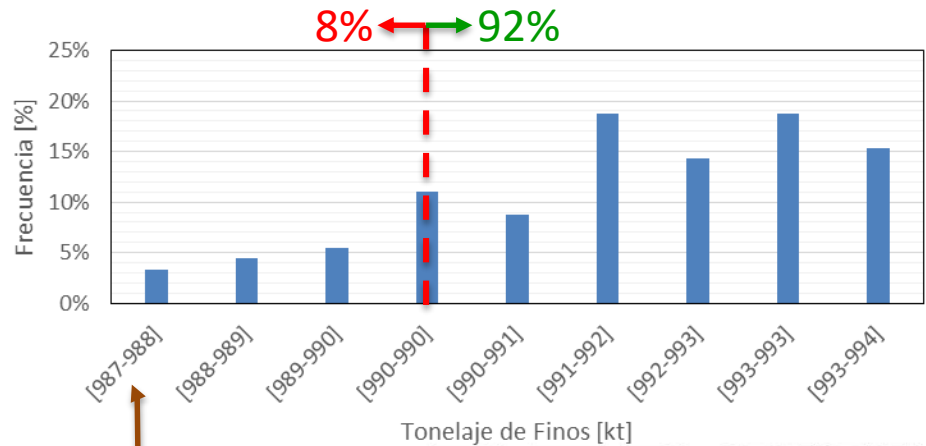
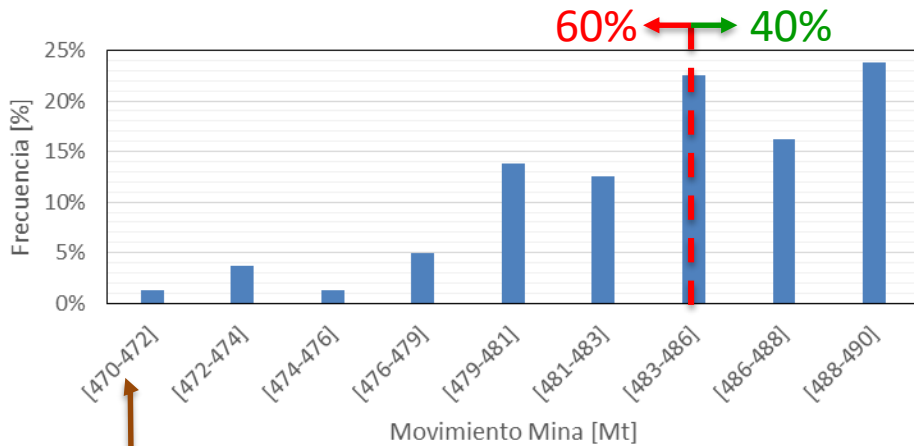


Tonelaje de Finos: Banda mín. y máx.



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

— Base
 — MIN
 — MAX
 — MEAN



Libre de Riesgo

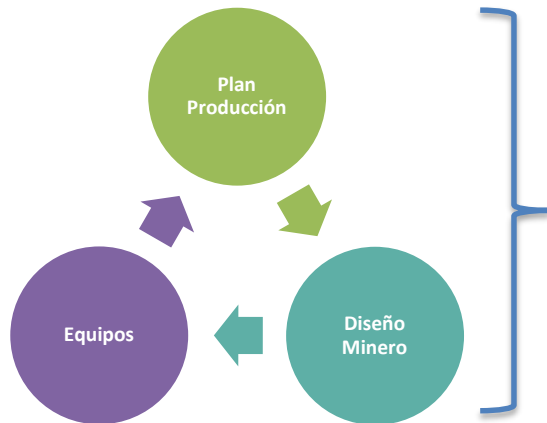
Aproximación Sistémica a la Planificación Minera

“Maximización de la Adherencia al Plan”



Planificación Estratégica

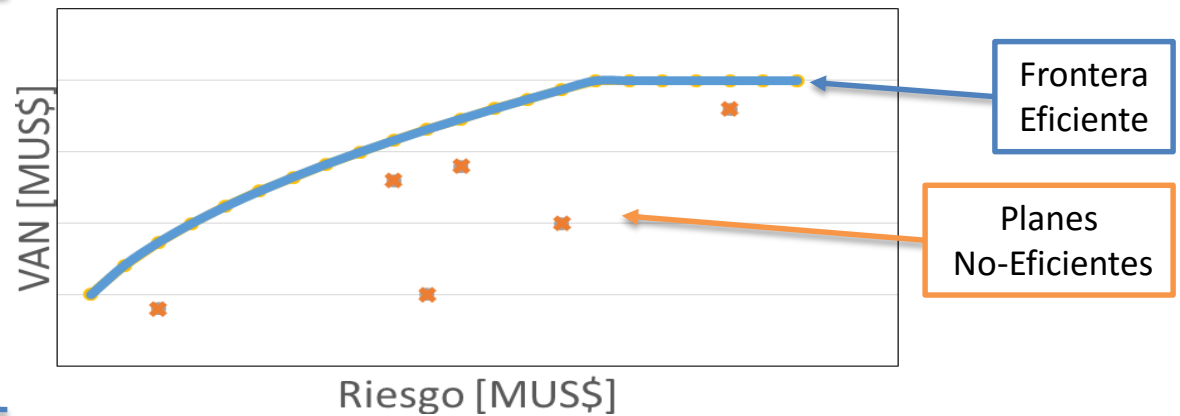
Metodología



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

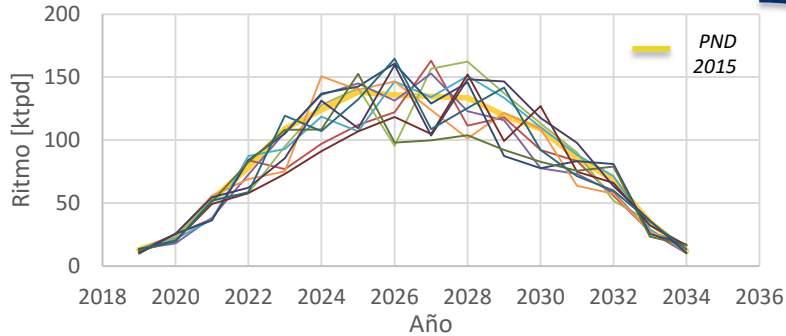
- ❑ Extracción Óptima
- ❑ Planificación Robusta
- ❑ Plan con Riesgo asociado



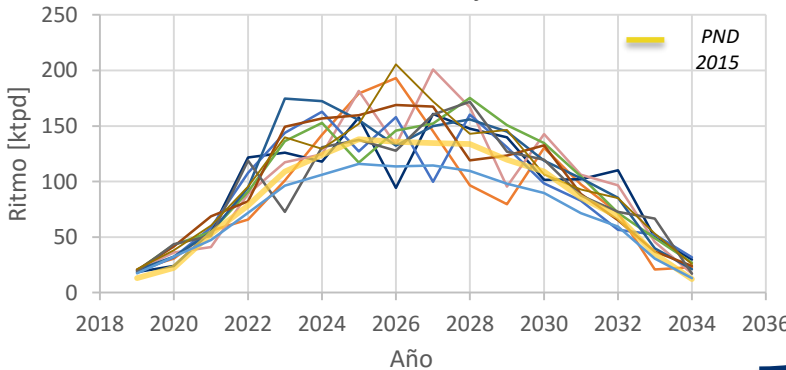
Planificación Estratégica

Aplicación de Frontera Eficiente a Estrategia de Extracción

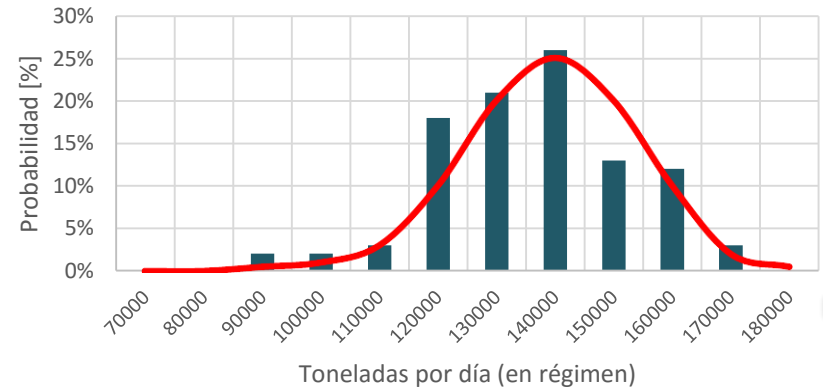
Variabilidad en la extracción



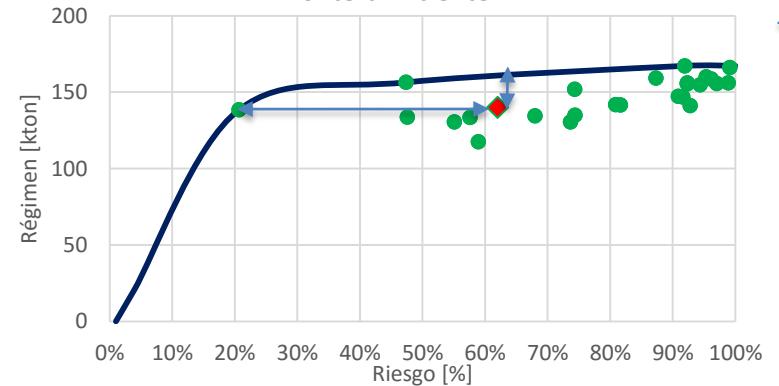
Variabilidad Sist. Manejo de Materiales



Histograma Planes

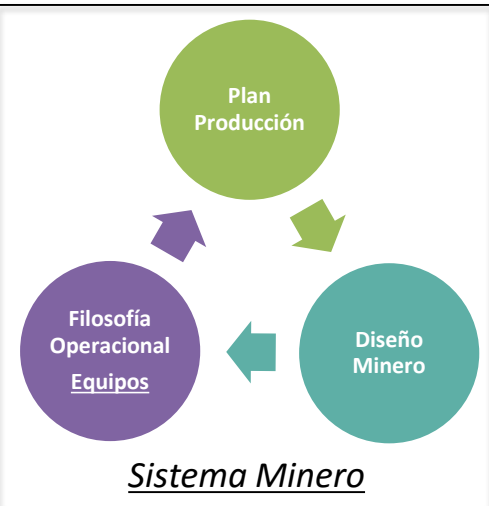


Frontera Eficiente



Visión REDCO del Proceso de Planificación Minera

Modelo Mina



Modelo de Simulación Productiva

Información de Entrada:

- Programa de Extracción
- KPIs Equipos
- Mantenciones y Fallas
- Calendario de Operación
- Propiedades Geotécnicas
- Diseño Minero Layout
- Entre Otros

Filosofía Operacional

- Reglas de Operación
- Interacción entre Equipos
- Escenarios Predefinidos

Modelo Base

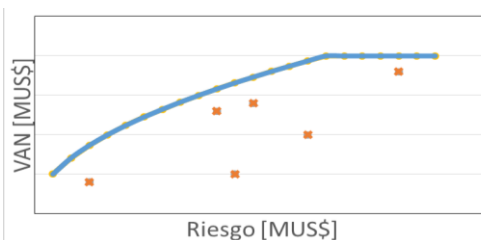
Validación

Error relativo a definir
Validación del Modelo

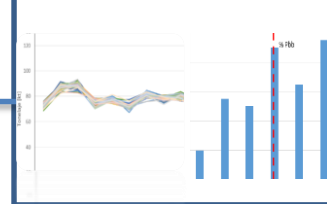
Predicción de Resultados

Modelo de Riesgo

Planificación Robusta



Modelo de Incertidumbre

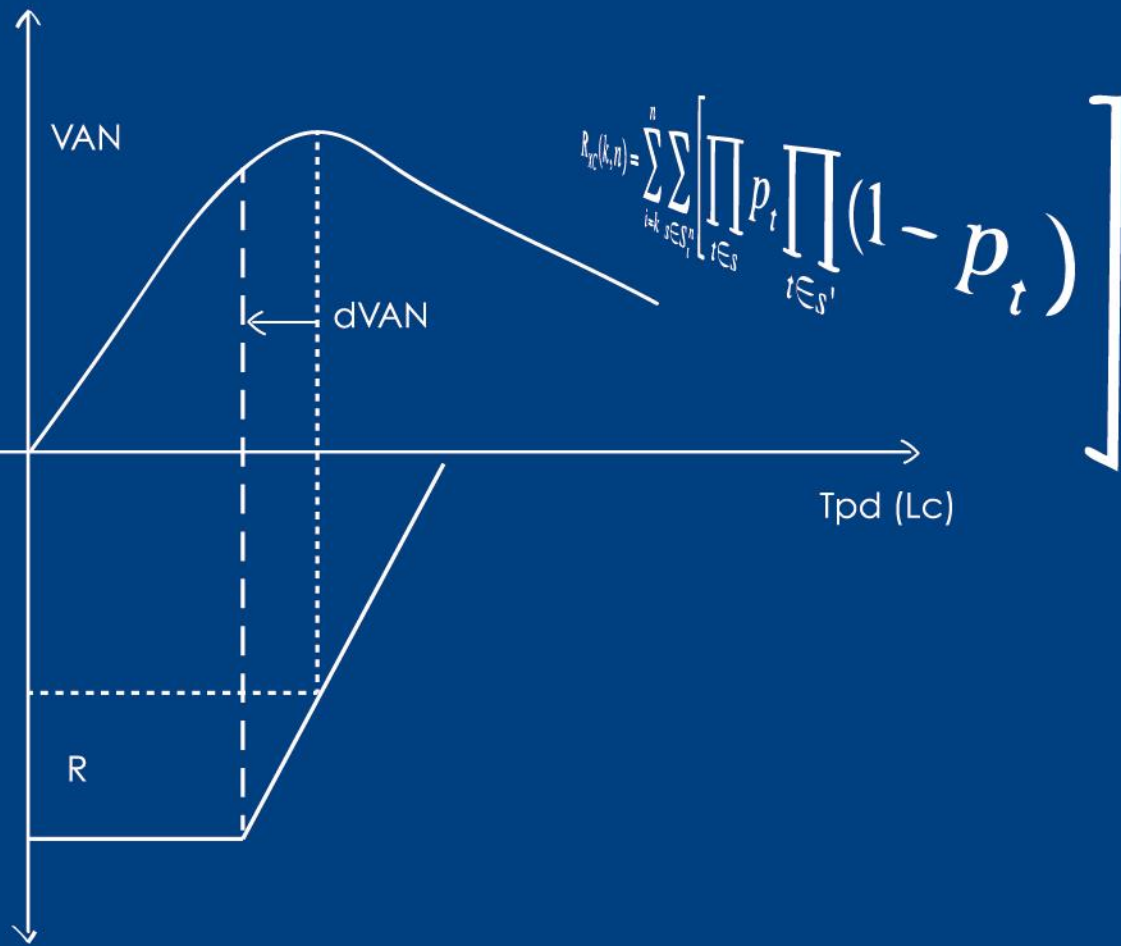


Factor de Adherencia

Motor de Riesgo

REDCO
Mining Consultants

Mayor eficiencia
Mayor productividad
Menor sobre-costos



REDCO
Mining Consultants