



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**POLITÉCNICA**

"Ingeniamos el futuro"

# Universidad Politécnica de Madrid

## LA PLANIFICACIÓN MINERA COMO FACTOR DE VIABILIDAD

Juan Herrera Herbert – Jorge Castilla Gómez

Department of Mining and Underground Excavations.  
Madrid School of Mines  
Technical University of Madrid

Feb - 2013





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

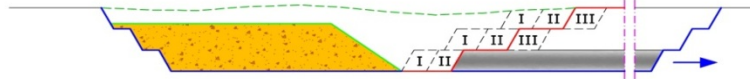
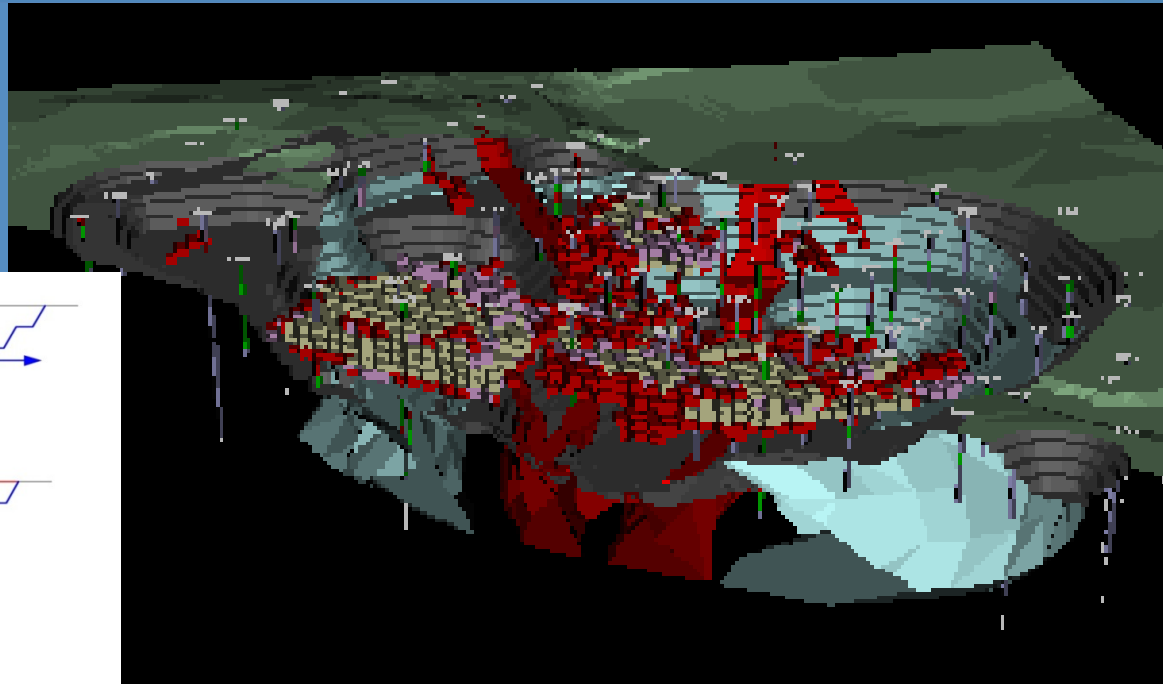
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

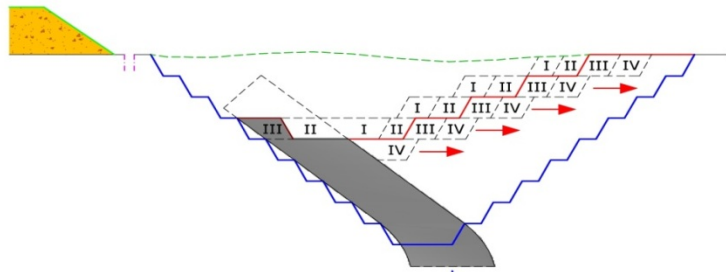


Universidad Politécnica de Madrid

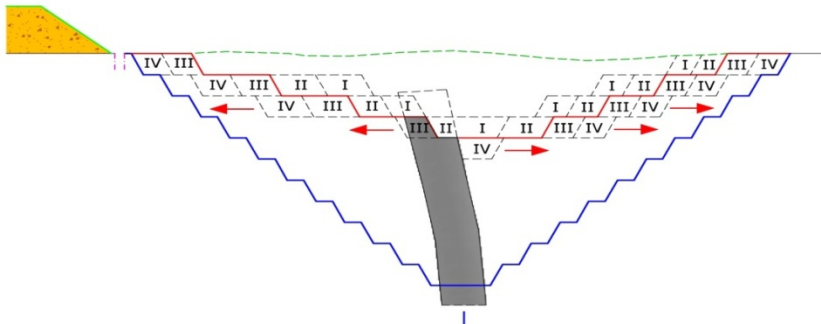




A) YACIMIENTO HORIZONTAL



B) YACIMIENTO INCLINADO



C) YACIMIENTO VERTICAL



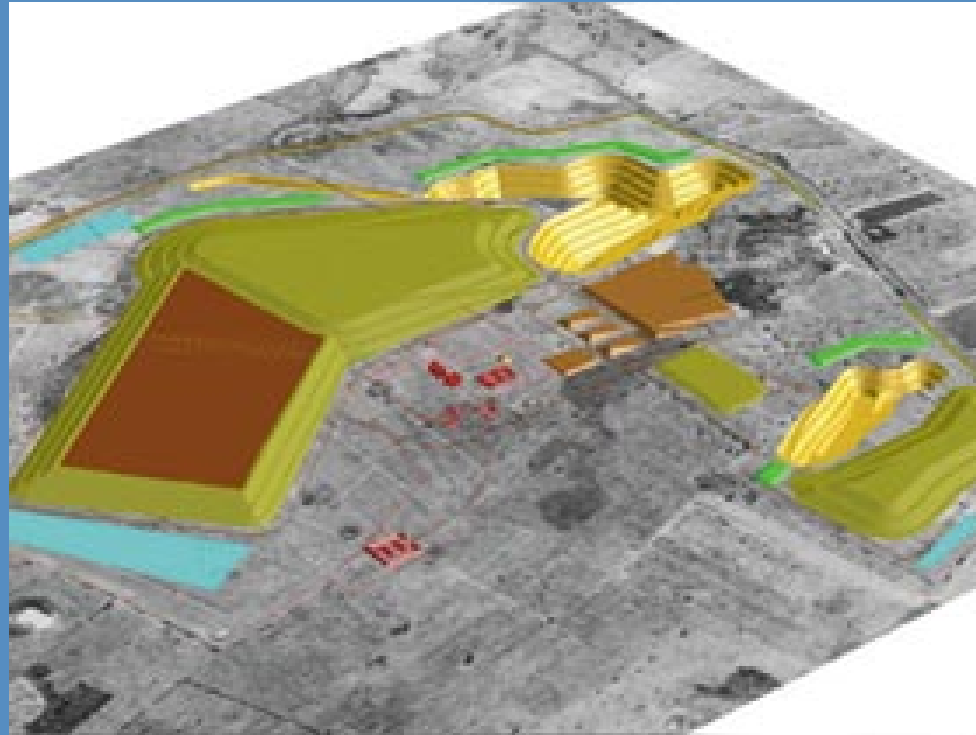
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

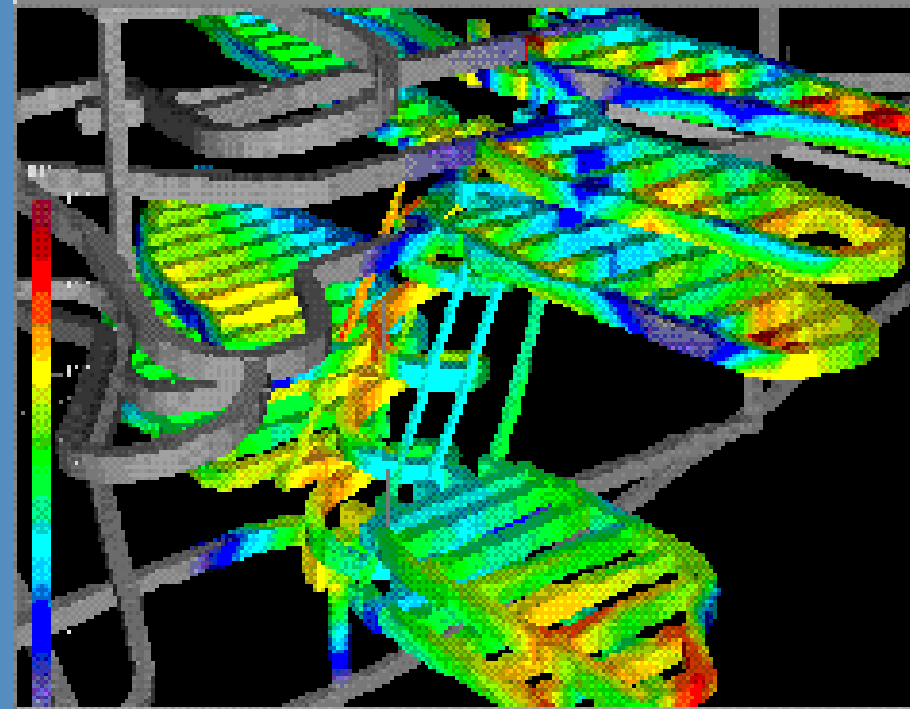


Universidad Politécnica de Madrid



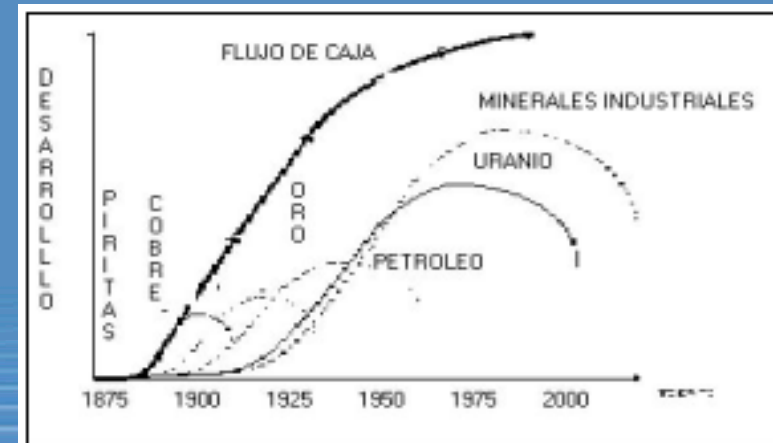
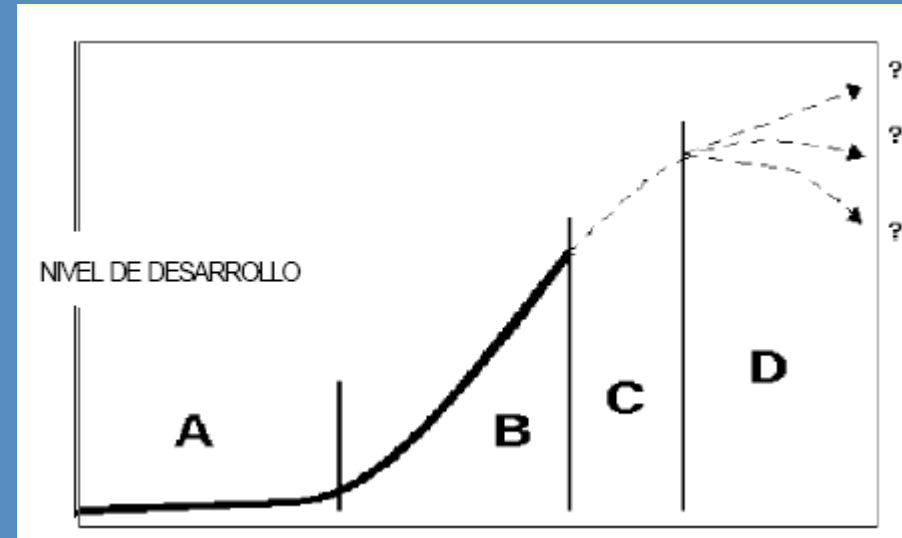
- Conocer el concepto de Curva en "S".
- Comprender el concepto de planificación en Minería.
- Conocer las diferencias entre los tipos de planificación:
  - Operativa
  - Administrativa
  - Estratégica.
- Saber qué es una planificación a largo plazo.
- Saber qué es una planificación a corto plazo.
- Comprender la importancia que tiene la planificación en el mundo de la empresa.
- Conocer las particularidades de la planificación minera.
- Conocer los criterios de planificación y diseño en minería
- Conocer las técnicas de planificación.

## OBJETIVOS DEL TEMA

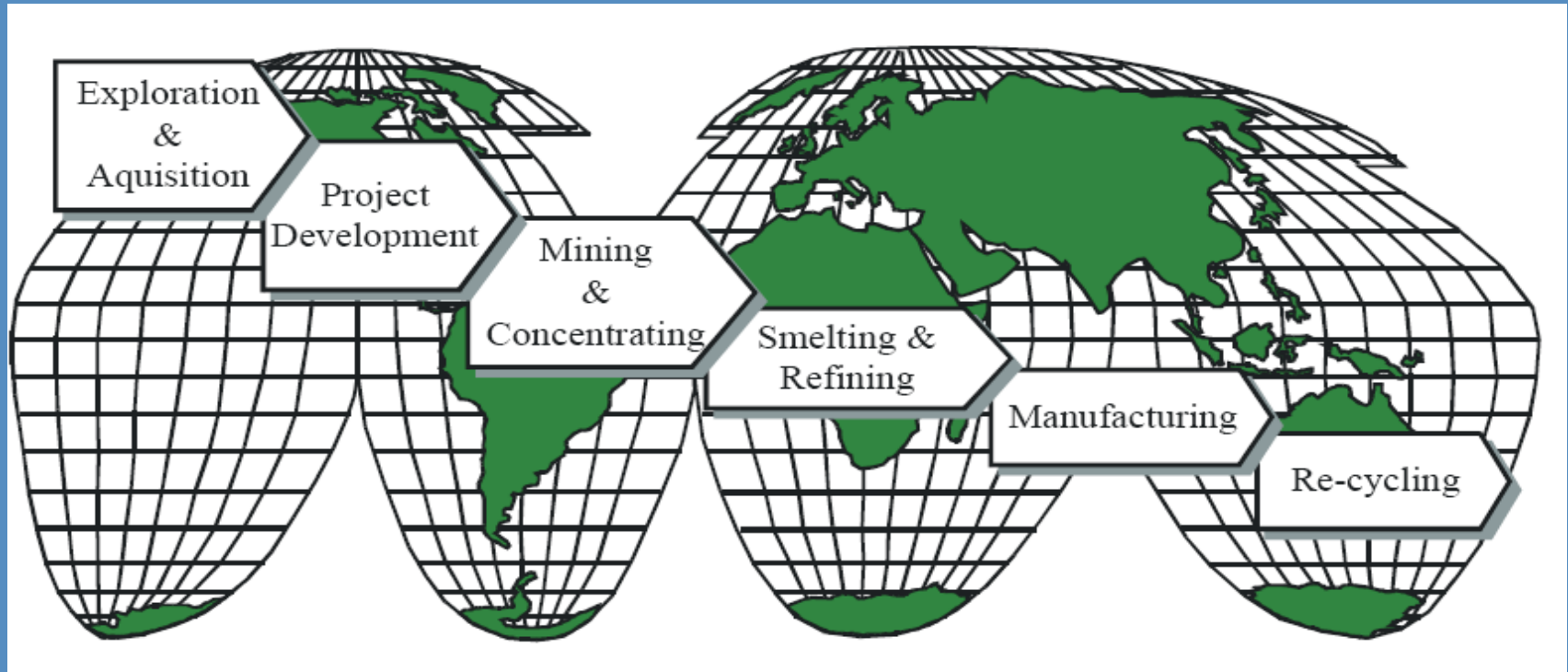


## Concepto de Curva en "S".

- Se divide en los 4 tramos siguientes:
  - A - Exploración o Introducción
  - B - Crecimiento o Explotación
  - C - Madurez o Saturación
  - D - Declive o última saturación
- Su forma y división corresponden al normal desarrollo de:
  - Cualquier empresa humana,
  - Un individuo,
  - Un producto,
  - Una idea,
  - Una sociedad.
- La propia utilización de las materias primas minerales e incluso de la misma explotación de los yacimientos mineros puede representarse con una curva en "S"



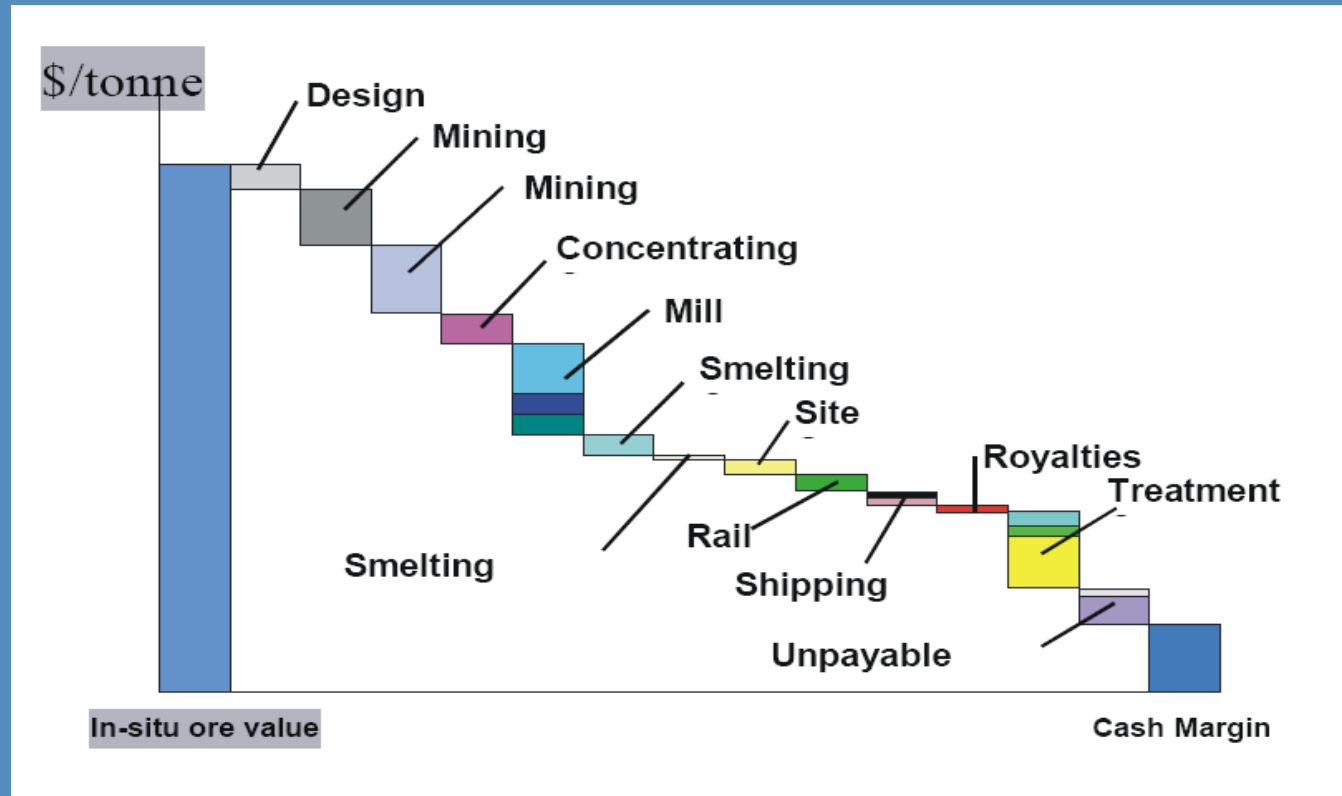
# El Negocio Minero



El Negocio Minero  
=  
De la Exploración al Reciclaje

*Horsley, T P, 2002. Dollar Driven Mine Planning: The Corporate Perspective to Operational Mine Planning. AMC Reference Material*

## Cada paso en el proceso minero....



Lo que recibe el dueño

Los procesos productivos mineros consumen valor

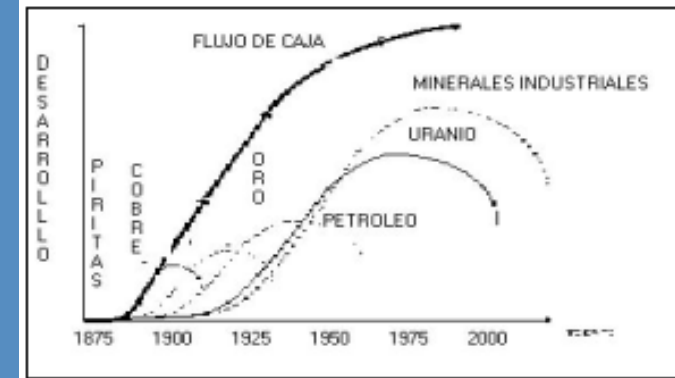
*Hall, B E, 2003. How Mining Companies Improve Share Price by Destroying Shareholder Value. Presented at the CIM Mining Conference and Exhibition – Montreal 2003 – Paper 1194.*

## Restricciones del Problema

- Este negocio está sujeto a restricciones derivadas del recurso mineral además de restricciones derivadas de:
  - El mercado.
  - Recursos humanos y capital.
  - Tecnológicos.
  - Entorno social y medio ambiental.

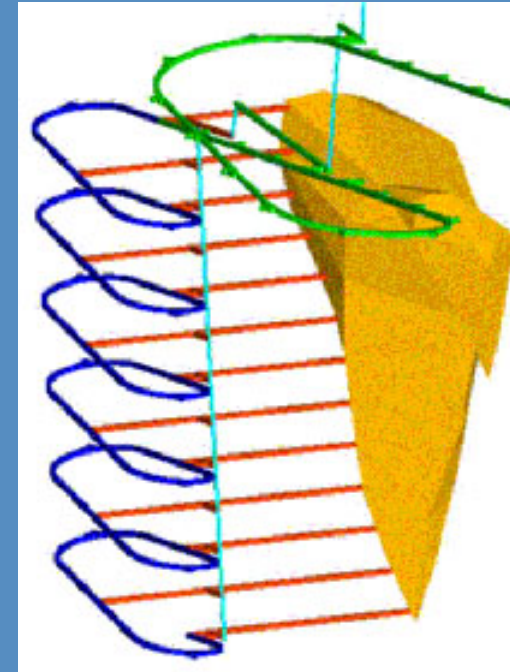
# Importancia de la planificación en la empresa minera

- Una correcta planificación estratégica y una adecuada programación del desarrollo de una compañía es aquella que:
  - Sabe aprovechar las fases de los fuertes beneficios (fase de explotación) de los productos ya consolidados y existentes para investigar o introducir otros nuevos productos.
  - Busca nuevos mercados que tengan precios más satisfactorios.
  - Logra una diversificación de productos, mercados o sustancias que irán compensando el decrecimiento inevitable que se presentará en la fase de saturación del producto o del mineral en agotamiento.



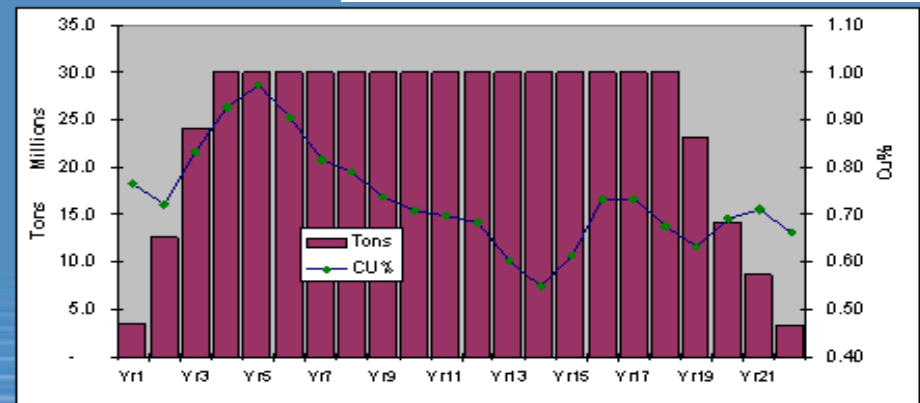
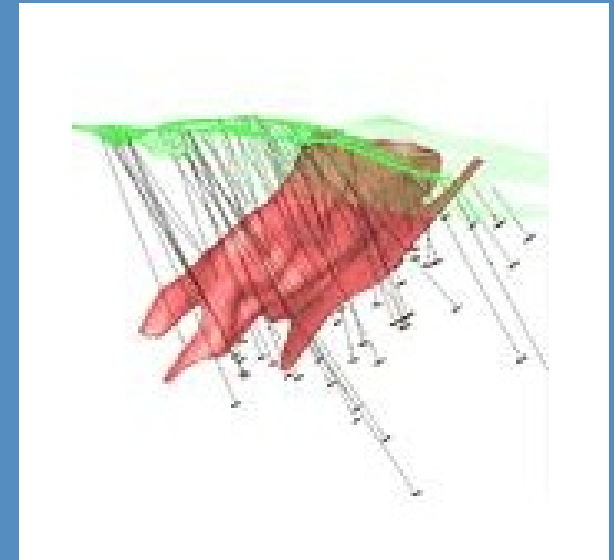
## Concepto de planificación en Minería.

- Planificar una empresa es organizarla conforme a un plan determinado.
- La planificación será un proceso de adaptación a los inevitables cambios o ciclos.
- La planificación será anticipar el posible futuro.
- Planificación será un estilo de dirección. Será una actitud mental y laboral más que una técnica.
- Planificación será una decisión o elección previa.
- Planificación es creer y desear hacer algo que sucederá.
- Planificación será no confundir el deseo con la realidad.
- Planificar significa, literalmente, hacer planes.
- Si los planes se documentan adecuadamente, se denominarán proyectos.
- Por ello, también se puede definir un proyecto como un conjunto de planos, procedimientos y documentos que permiten realizar una acción, de tal manera que esta acción sea llevada a cabo por un equipo de personas diferentes al que la ha planificado.



## Planificación Minera

- Proceso de ingeniería minera que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo.
- Define una promesa productiva.
- Es un documento bancable.





## Subsistema de Planificación

- Se definen de manera precisa los resultados deseados y se programan las actividades a realizar con sus tiempos y recursos asociados, todo ello en la dirección de / hacia la misión empresarial



## ¿Por qué planificar?

- Adam Smith 1776 (Camus, 2000)
  - “La minería como negocio es aquel que involucra la mayor cantidad de capital y posee los más altos niveles de incertidumbre”
  - “La minería es uno de los negocios que ha llevado a la bancarrota a la mayor cantidad de inversores”
  - “Típicamente los proyectos mineros en vez de pagar el capital, consumen el capital y los beneficios”



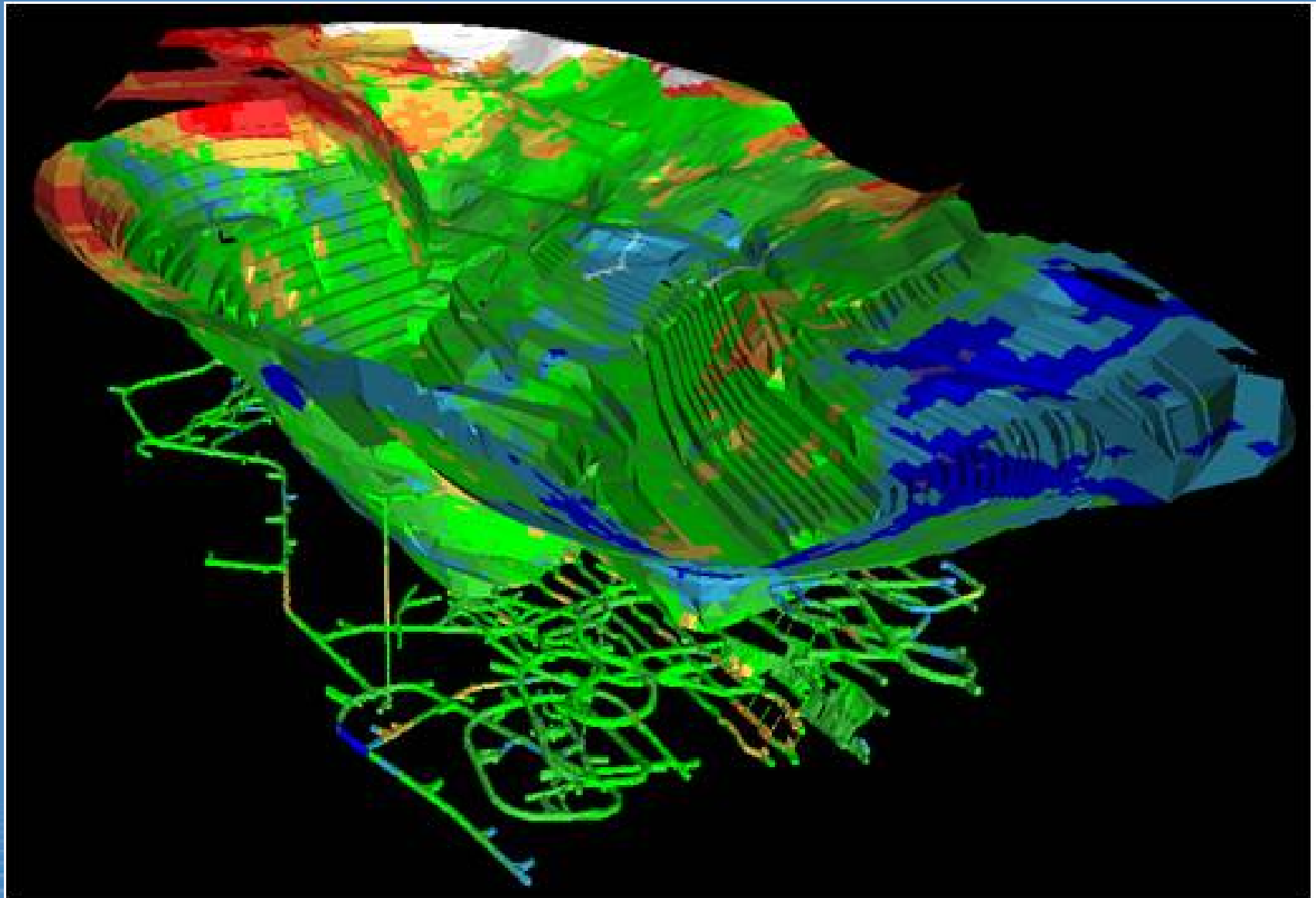
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Tipos de planificación

- Operativa:
  - Corto plazo
  - Medio plazo
  - Largo plazo
- Administrativa.
- Estratégica.





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



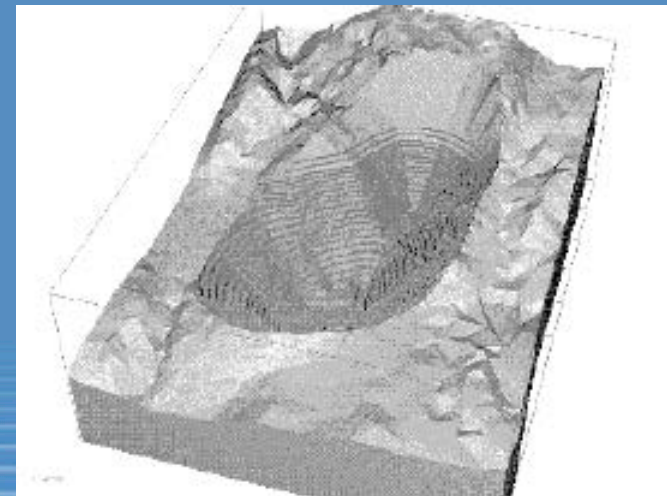
- Actúa sobre los factores de:
  - Suministro,
  - Conversión,
  - Producción y
  - Comercialización
  
- Su finalidad es lograr los productos requeridos en el tiempo, lugar y precio, así como para su promoción y distribución.
  
- Suele dividirse:
  - En función del tiempo (corto, medio y largo plazo),
  - En función del espacio (áreas, niveles, secciones, zonas geográficas, etc.) o
  - En función del valor comercial (calidad, densidad económica de los productos, primarios, secundarios, etc.)

## Planificación Operativa



## Planificación Administrativa

- Es la que relaciona **las entradas (inputs) de la empresa**, los famosos "M" americanos:
  - *MEN*,
  - *MATERIALS*,
  - *MACHINES*,
  - *MONEY*,
  - *MANAGEMENT*
- Estudia sus necesidades y sus distribuciones relativas para lograr el óptimo producto y el equilibrio y armonía entre ellas
- Prepara los programas correspondientes de:
  - Formación de personal,
  - Abastecimiento o disponibilidad de materias primas,
  - Selección y mantenimiento de procesos y maquinaria,
  - Financiación, resultados y tesorería,
  - Selección y captación de personal directivo,
  - Investigación tecnológica y de mercado.



# Administración

- **Administrar implica conducir a un conjunto de recursos a lograr resultados deseados**
  - Recursos:
    - Personas
    - Materiales
    - Energías
    - Metodologías
    - Tecnologías
    - Etc.

# Esquema de Gestión Empresarial



# Planificación Estratégica

- Corresponde a la Alta Dirección de la Empresa.
- **Actúa fundamentalmente sobre las salidas (outputs) de la empresa:** decisiones previas que determinan la naturaleza misma y la dirección del negocio. Determina la naturaleza y dirección de la empresa.
- Debe considerar no solo los grandes objetivos que definen la propia empresa, sino también los planes, la captación de los recursos y los medios para lograrlos.
- No es solamente donde ir, sino también cómo ir y qué debe ser la empresa, de acuerdo con los medios realmente disponibles o factibles.
- **Existe una muy común confusión entre la planificación estratégica y la planificación a largo plazo (operativa).**
- En algunas ocasiones pueden existir decisiones a corto plazo que son estratégicas a causa del impacto tan fuerte que tienen sobre la naturaleza y la dirección del negocio.
- La planificación estratégica tiene que ver más con el entorno (cambio de las condiciones ambientales) en que se desarrolla la vida de la empresa, uno de los cuales es, naturalmente, el tiempo.



## Misión o Sistema de Valores

- Hacia donde ir, que se quiere conseguir con el negocio
- Energía interna, potenciales inherentes del negocio
- Superar deficiencias constitutivas

## Objetivos Estratégicos

- Solidez económico- financiera para la empresa.
- Caracterización de productos y mercados de venta.
- Definir el tamaño absoluto y relativo de la empresa.

## Objetivos estratégicos

- Solidez económico- financiera para la empresa.
- Caracterización de productos y mercados de venta.
- Definir el tamaño absoluto y relativo de la empresa.

# Objetivos estratégicos de las compañías mineras

- Los objetivos estratégicos tienden a maximizar el beneficio a los accionistas a través de diferentes funciones:
  - Maximizar recuperación del recurso.
  - Posicionamiento en la curva de costes.
  - Posicionamiento en la curva de productores.
  - Maximización del valor actualizado neto.
  - Maximización del retorno sobre el capital.



## Planificación estratégica

- Su principal objetivo es sincronizar el mercado con los recursos disponibles y la misión del dueño
- Existen 5 funciones principales de la planificación estratégica
  - **Reconocimiento constante del recurso mineral**
  - Métodos de extracción
  - Ritmos de explotación
  - Secuencia de producción
  - Leyes de corte

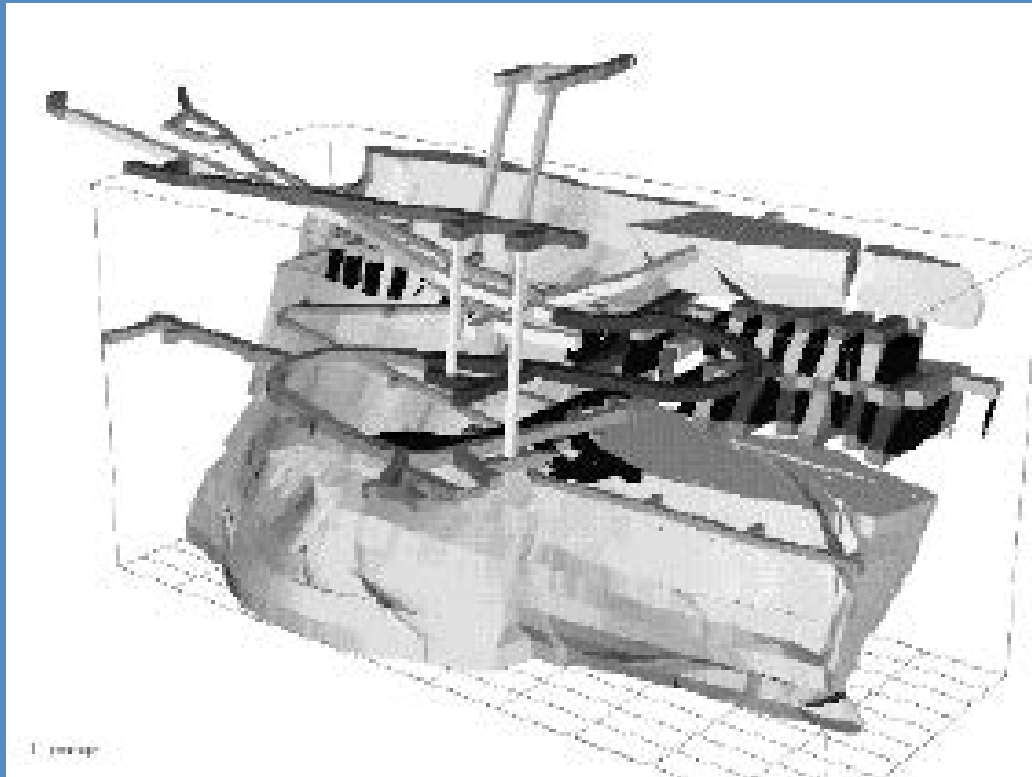
## Diferencias entre planificación a largo plazo y estratégica

CARACTERÍSTICAS	ESTRATEGICA	LARGO PLAZO
Del problema u objetivo	Problemas nuevos, no estructurales	Problemas con alguna estructura
Importancia de la experiencia previa	Poca	Algo a mucho
Naturaleza de la información base	Cualitativa	Más cuantitativa y datos conocidos
Énfasis	En la efectividad (en el qué del negocio)	En la eficiencia (en el cómo del negocio)
Perspectiva en el tiempo	Del futuro hacia hoy	De hoy hacia el futuro
Horizonte	15 a 20 años	3 a 5 años
Enfoque	Proyectar	Organizar
Ejecutores	Alta Dirección (Pocas Personas)	Direcciones operativas (Muchas personas)
Sistema	Falta la sistemática pero dominará el contenido	Forma y con dominio del procedimiento
Técnicas o herramientas.	Pocos números, aunque útiles.	Muchos números y muy útiles.
Usos principales	Identifica los cambios y adapta y expande la Compañía en función de ellos.	Coloca y coordina los recursos. Integra las comunicaciones y crea equipo.

## Dimensiones de la planificación. El concepto PIPOS.

<b>Phylosophy</b>	<b>Filosofía</b>	<i>La Planificación como una filosofía, una forma o estilo de trabajo</i>
<b>Inputs</b>	<b>Entradas o Información</b>	<i>Las entradas o la Información para Planificar. Datos necesarios</i>
<b>Process</b>	<b>Proceso</b>	<i>La Planificación como un proceso</i>
<b>Outputs</b>	<b>Salidas o resultados</b>	<i>Las Salidas o los Resultados de la Planificación</i>
<b>System</b>	<b>Sistema o control</b>	<i>La planificación como un sistema</i>

## Particularidades de la planificación minera



## Etapas del proceso de una planificación minera

- La planificación debe ser una herramienta para tomar decisiones.
- Las etapas o pasos que se deben seguir son básicamente:
  - 1º. Determinación de los objetivos mineros a conseguir.
  - 2º. Desglose de los objetivos en subobjetivos específicos en tiempo y dimensión.
  - 3º. Desarrollo de las alternativas posibles.
  - 4º. Comparación entre las diferentes alternativas
    - MUST = DEBER
    - WANT = QUERER
  - 5º. Valoración de las alternativas en tiempo.
  - 6º. Valoración de las alternativas en presupuesto.
  - 7º. Elección provisional de la alternativa más conveniente.
  - 8º. Medición de las consecuencias adversas de esta alternativa.
  - 9º. Toma de la decisión final.
- Entre las alternativas posibles no se debe confundir lo que debe ser con lo que queremos que sea, esto significa claramente no confundir el deseo con la realidad.



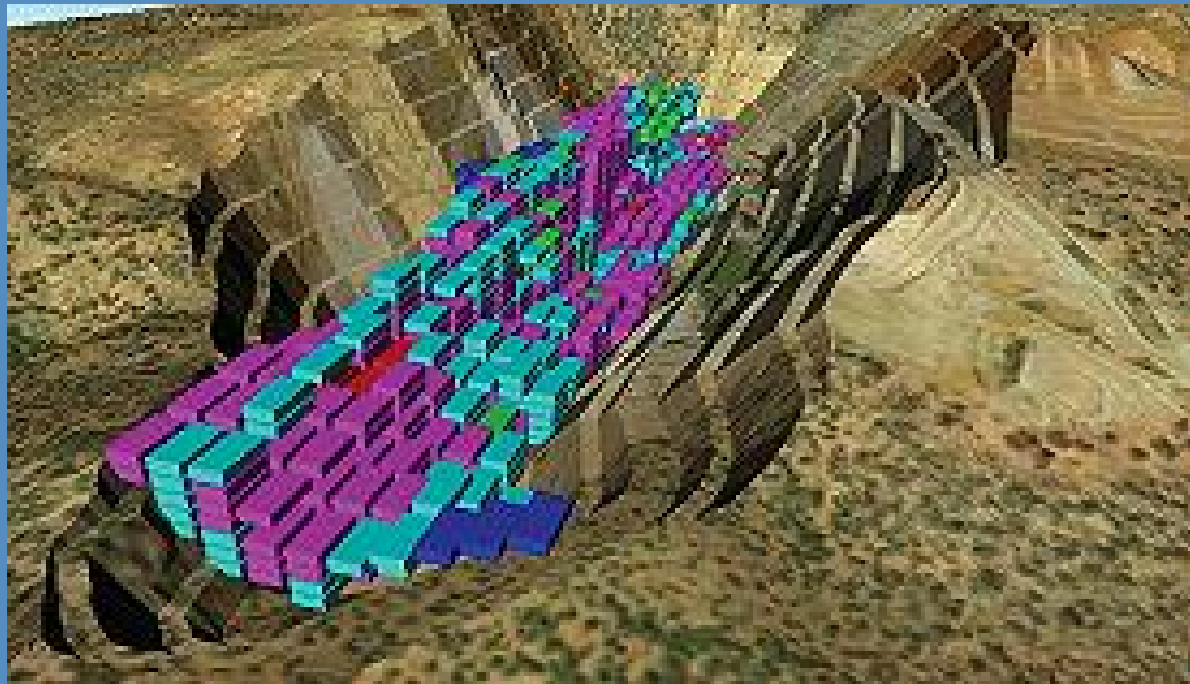
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

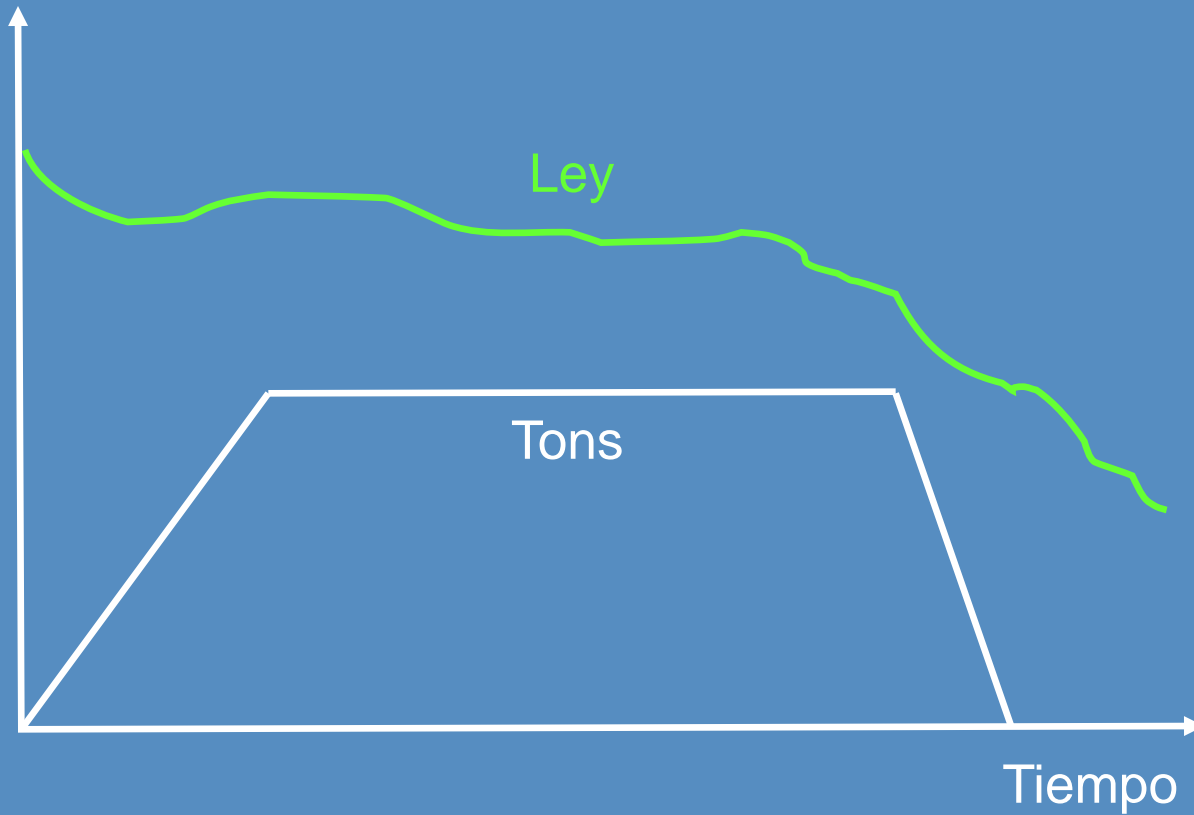
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



# Plan de Producción





## Fuentes de rentabilidad económica de un proyecto minero

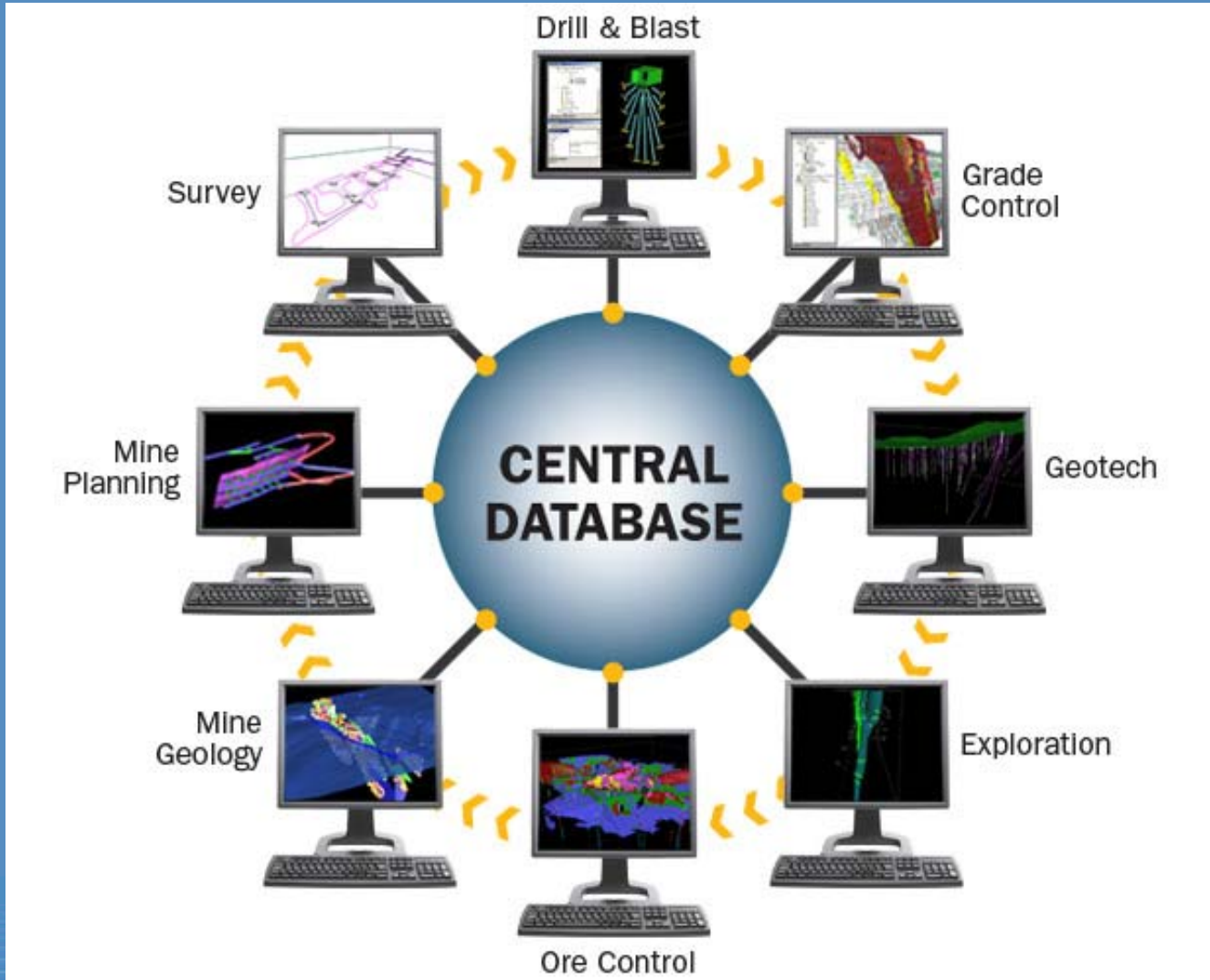
1. Tamaño.
2. Ley del mineral contenido.
3. Calidad metalúrgica.
4. Ubicación.
5. Calidad de la gestión de largo plazo.
6. Poder de mercado.

## Contexto de la planificación minera

- La planificación minera tenderá a maximizar la rentabilidad del negocio minero activando cada una de sus fuentes, integrando las restricciones impuestas por el recurso mineral, el mercado y el entorno.

## Particularidades de la planificación minera

- **PROGRAMA DE RESERVAS EXPLOTABLES:** inventario detallado de las toneladas, con sus leyes y posición (nivel o bloque). Grado de certidumbre o probabilidad de desviación.
- **PROGRAMA DE MAQUINARIA Y MEDIOS:** inventario detallado del número y clase de las unidades, tanto de las nuevas máquinas como de las sustituidas por obsolescencia, con sus capacidades, consumos principales, repuestos previsibles y rendimientos.
- **PROGRAMA DE EXPLOSIVOS Y VOLADURAS**
- **PROGRAMA DE PERSONAL:** Listado de los técnicos, supervisores, operadores, obreros y del personal de mantenimiento, administrativos, tanto propio como subcontratado.
- **PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURAS:** Necesidades de terrenos, agua, energía, y almacenamiento.
- **PROGRAMA DE PRODUCCION:**
  - *Productos vendibles o minerales*, según las calidades y los precios de venta.
  - *Productos no vendibles*, estériles, residuos sólidos y líquidos.
- **PRESUPUESTOS** mensuales de las ventas, de los gastos y de la tesorería.
- **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:** Descomposición en meses o semanas de cada una de las actividades programadas.



## Los criterios de planificación y diseño en minería

- Criterios iniciales para comenzar a trabajar en un proyecto de explotación de un yacimiento descubierto o en la ampliación de una mina existente:
- **RESERVAS** = Función de: Precio, Costes, Beneficios y Rendimientos
- **RITMO** = Reservas / Vida = Tonelaje / Año      es el tonelaje anual que se va a extraer.
- **VIDA** = Los años de explotación de las reservas medidas y demostradas o para el periodo considerado como plan.
- **RATIO LIMITE ECONOMICO** ( $R_{LE}$ ) = Relación máxima de  $m^3$  de estéril por tonelada de mineral que es función de la geometría del yacimiento y de los parámetros geomecánicos que determinan la seguridad de la operación.
- **PROFUNDIDAD** final, a la que se pretende llegar con la mina, base del diseño de la explotación.
- **LA SECUENCIA DE EXPLOTACION**, es el camino o los pasos que se deben seguir para llegar al final de la mina.



## Características de la planificación minera

- Debe ser coherente y alineada con objetivos estratégicos
- Debe ser sistémica y, por tanto incluye diferentes áreas de ingeniería y otras
- Debe ser dinámica
- Debe analizar el comportamiento operacional.
- Debe cambiar de acuerdo a este análisis

# La planificación estratégica minera



## Ritmo de Producción

- Una envoltura de recurso económico da origen a un potencial productivo
- Se define en función de las capacidades de la mina, planta y mercado
- Parámetros a considerar
  - Infraestructura y acceso
  - Disponibilidad de capital
  - costes de operación
  - Distribución de mineral
  - Macizo rocoso

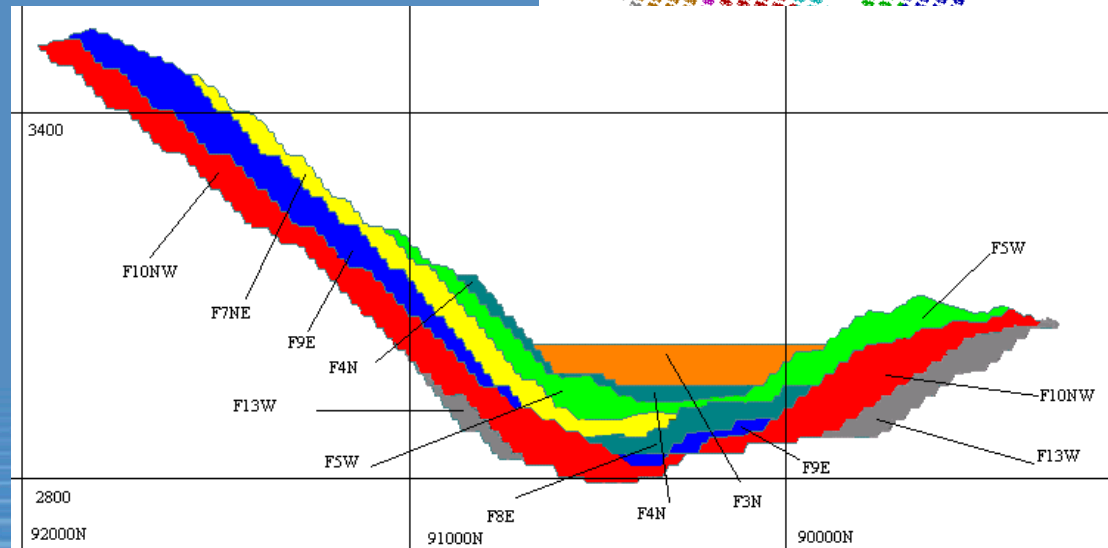


## Ritmos de producción

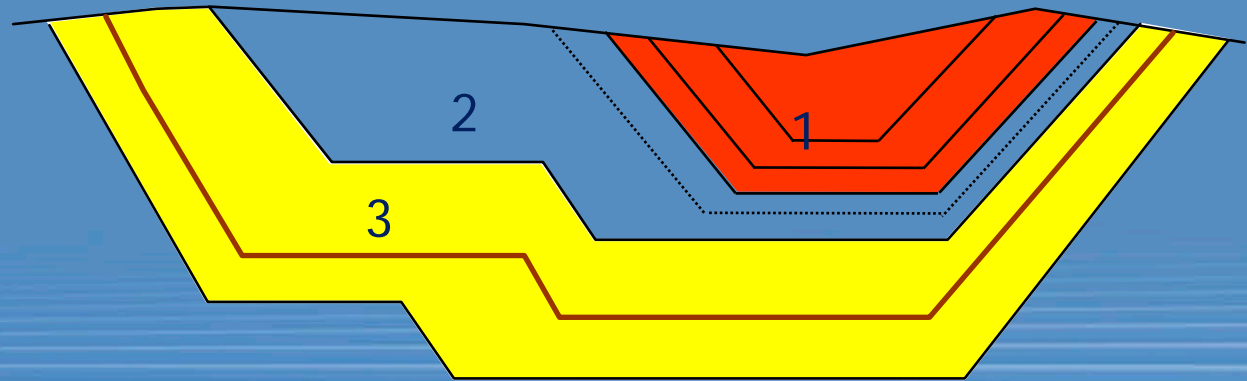
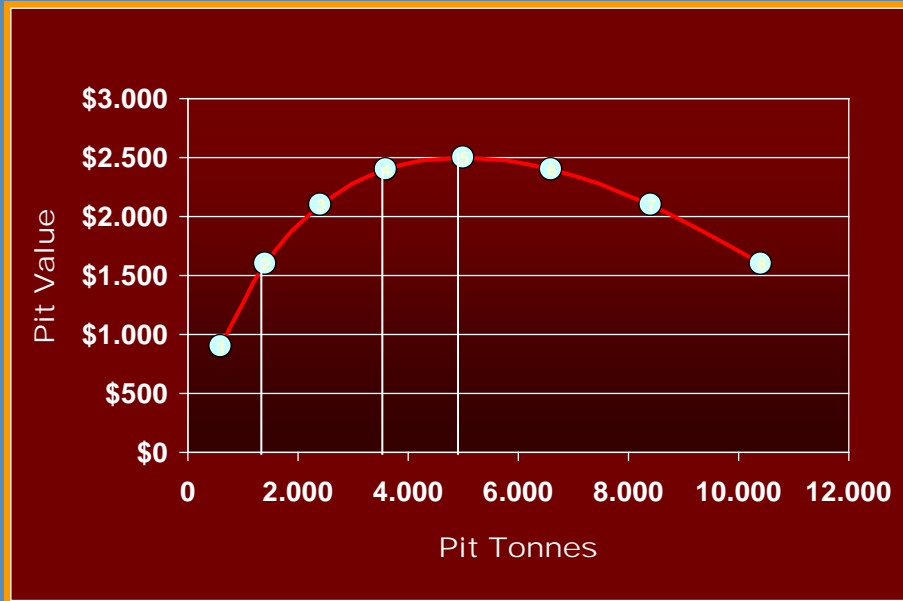
- Considerar todas las operaciones desde la mina hasta la comercialización. No olvidar infraestructura
- A mayor producción menor coste operacional
- A mayor producción mayor capital
- A mayor producción menor tiempo para recuperar la inversión
- Justificar la decisión elaborando un plan minero, utilizando análisis circular

## La Secuencia de Extracción

- Define donde comienza la mina y como progresa en el tiempo.
- Generalmente se diseña pensando en la distribución de ley, no la geomecánica ni la geotécnica.



## Definición de secuencia



## Plan Minero

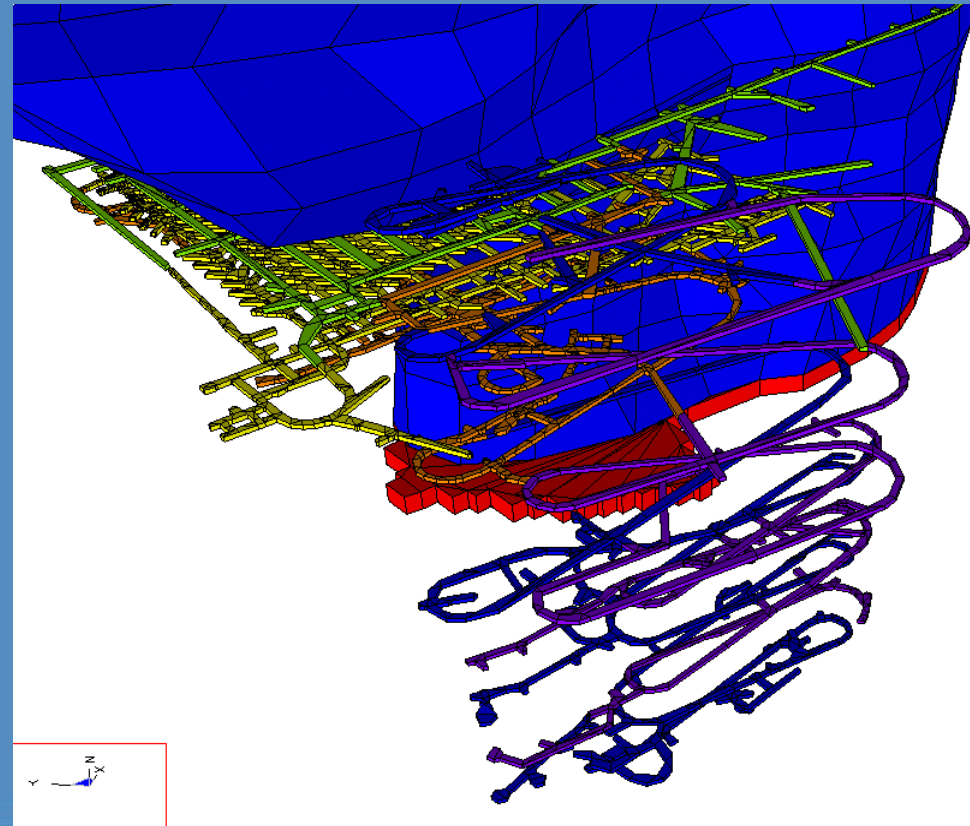
- Define el ¿qué?, ¿cuándo? y ¿cómo? se extraerán los recursos en cada uno de los períodos del negocio minero, Programa de Producción
- Se cuantifican los recursos humanos y materiales a utilizar
- Representa el plan de negocios de la compañía

## Discretización de la envolvente económica

- Gruesa
  - Cámaras y subniveles, cruzados de producción en Hundimiento por Paneles, Fases de cortas
- Fina
  - Anillos de perforación, Puntos de extracción, Intersección fase banco (o banco)
- A mayor discretización mayor será el tiempo en resolver la secuencia operativa a utilizar
- Debe ser elegida en función de la selectividad del método de explotación

## Plan Minero

- Programa de preparación
- Programa de producción
- Flujo de Recursos
  - Equipos.
  - Servicios.
  - Personal.



# Programa de Producción

- Objetivo:
  - Máximo VAN.
  - Máxima vida de la mina.
  - Máxima calidad recuperada / producto final.
  - Mínimo Coste.
  - Mínima Desviación.
  - Etc.

## Programa de producción de corta

- Maximizar el VAN enviando a planta las leyes altas primero, política de leyes de corte
- Proveer un balance en el tiempo de los productos, cobre, hierro, etc.
- Proveer un balance en el movimiento de estéril y mineral en el tiempo y que sea acorde a las flotas de equipo
- Definir las fases de modo de utilizar al máximo la infraestructura minera definida
- Definir el ancho de explotación lo suficientemente amplio para cumplir con la meta de producción y los equipos que la sostienen
- Identificar las aperturas de banco en el plan de producción de modo de cuantificar confiablemente la meta de producción
- Gestión de múltiples pilas de stock y cortas de manera a maximizar la utilización de la envolvente económica.



## Programas de producción utilizando programación matemática

- Función objetivo
  - Parámetros económicos
  - Parámetros no deseados
  - Variables reales, como tonelaje
  - Variables enteras, acciones, cuando abrir el caserón, cuando cerrarlo
  
- Restricciones
  - Método de explotación, secuencia
  - Producción por unidades mineras
  - Contaminantes
  - otros



## Restricciones de extracción

- Velocidad del Desarrollo.
- Variables productivas del método de explotación.
- Secuencia.
- Tonelaje de procesamiento.
- Contaminantes.
- Costes.
- Etc.





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Dudas y preguntas

