

OPTIMIZACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS A CIELO ABIERTO



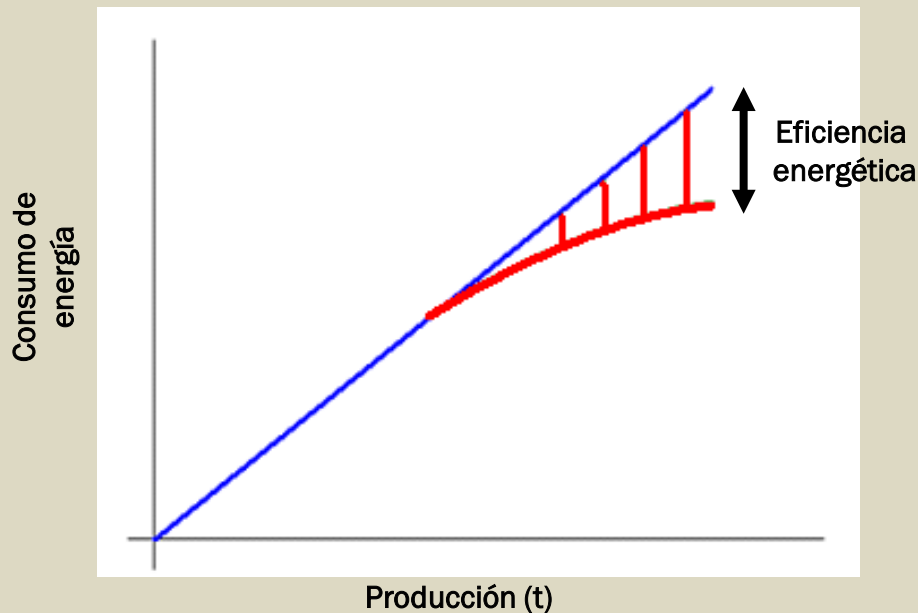
Carlos López Jimeno
Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático
E.T.S. Ing. Minas y Energía - U.P.M.

Madrid, 18 de Enero de 2017

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONCEPTO

Todas las definiciones de EE recogen dos variables relacionadas entre sí: los **bienes y servicios** producidos o consumidos y la **energía necesaria** para dicha producción o consumo.

La mejora de la EE implica la reducción del consumo de energía necesario para la generación de unos determinados productos y servicios, o bien, el incremento o la mejora de los productos y servicios generados manteniendo un nivel dado de energía.



"La mejora de la Eficiencia Energética es un término genérico que este libro verde define como, en primer lugar, el mejor aprovechamiento de la energía y, en segundo lugar, el ahorro de energía mediante cambios en el comportamiento de los usuarios"

Comisión Europea - Libro verde- 2005



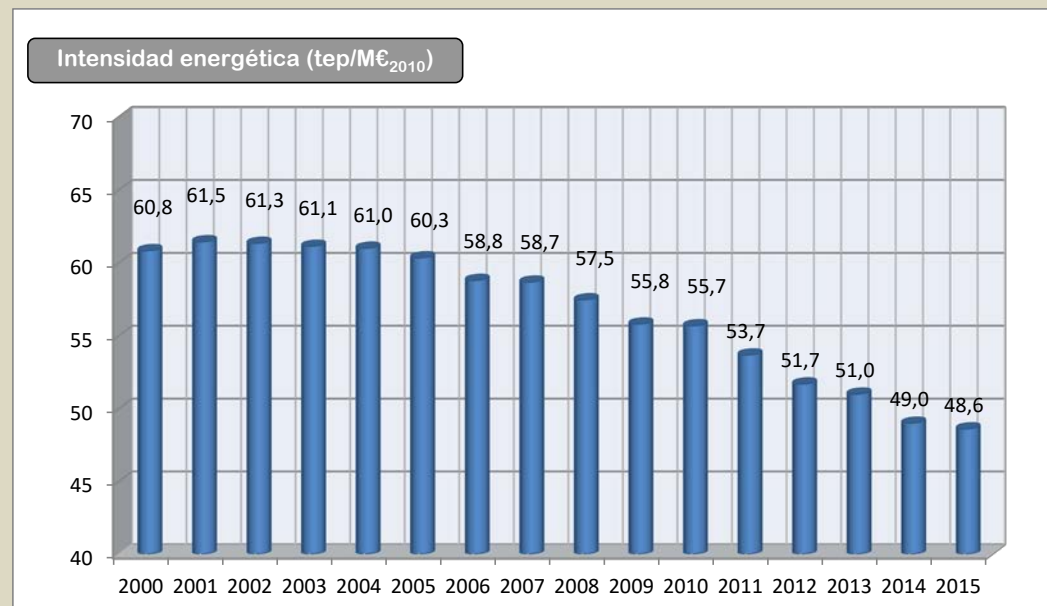
"Cuando se reduce la energía necesaria para prestar un servicio o cuando se mejora dicho servicio producido con el mismo input de energía"

Energy Information Administration
Glosario de la EIA

La EE también es un instrumento de primer orden para preservar la calidad medioambiental y contribuir al desarrollo sostenible

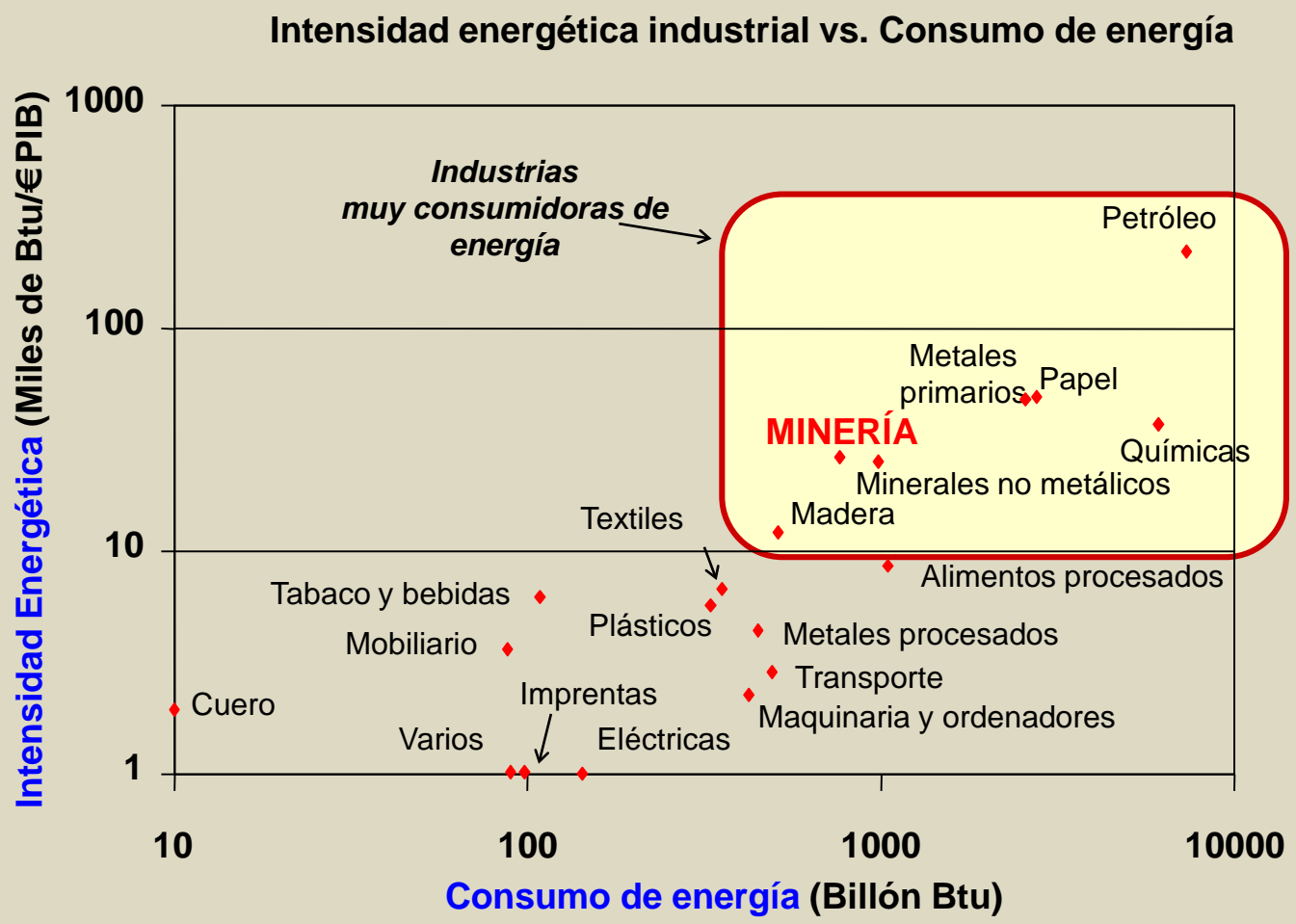
LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONCEPTO

**AHORRO \neq
EFICIENCIA
ENERGÉTICA**



(Fuente: Comunidad de Madrid)

LA MINERÍA COMO SECTOR CONSUMIDOR DE ENERGÍA



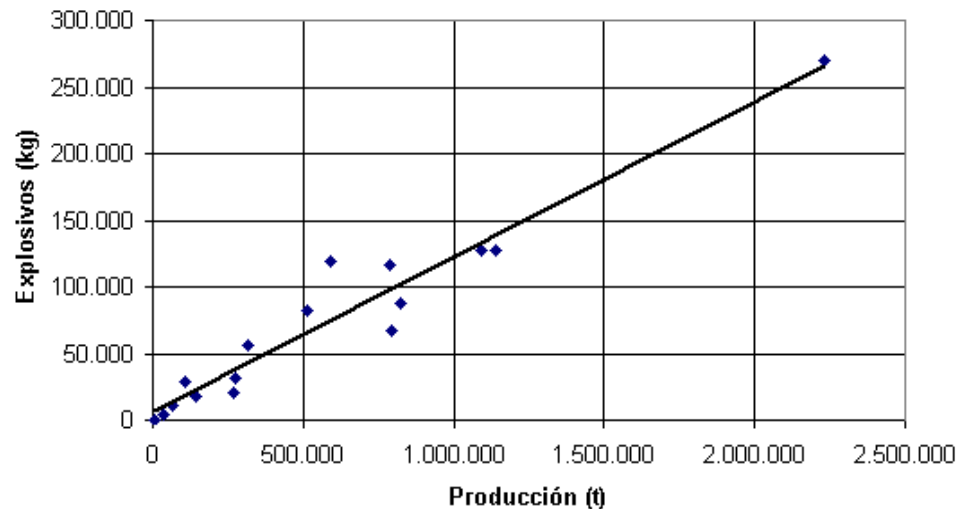
Fuentes: EIA 2001, 1998 Manufacturing Energy Consumption Survey; U.S. DOE 2002, Energy and Environmental Profile of the U.S. Mining Industry

CONSUMOS MEDIOS DE ENERGÍA EN CANTERAS

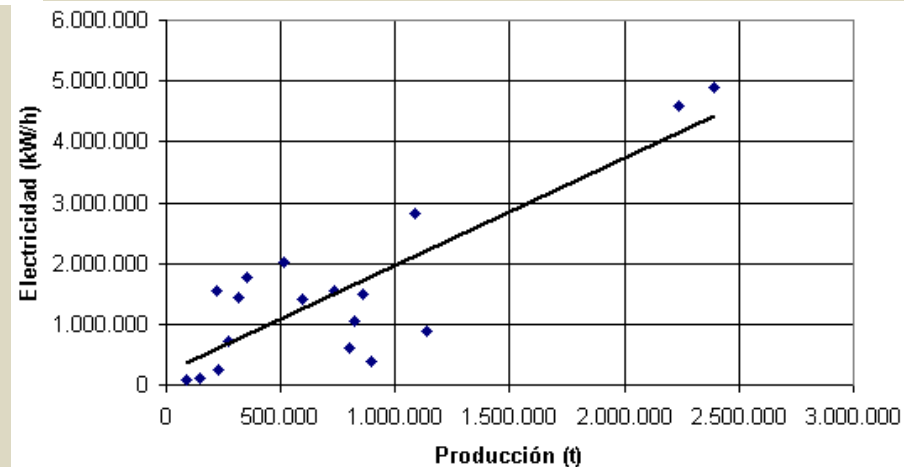
Consumo de explosivo.....117 g/t

Consumo de gasóleo.....0,28 l/t

Consumo de energía eléctrica.....1,76 kWh/t



(Fuente: Comunidad de Madrid)



ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CANTERAS IE2C

$$IE2C = K_1 \cdot CEx + K_2 \cdot CGO + K_3 \cdot CEE$$

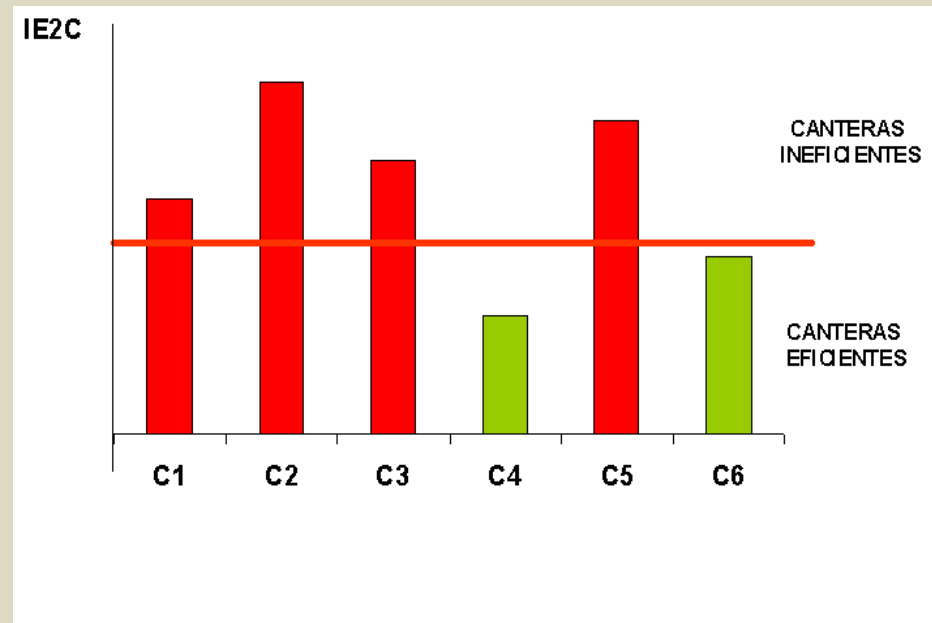
donde:

CEx = Consumo de explosivo (g/t)

CGO = Consumo de gasóleo (l/t)

CEE = Consumo de energía eléctrica (kWh/t)

K_1, K_2, K_3 = Factores de conversión.



POLÍTICAS PÚBLICAS DIRIGIDAS A LA MEJORA DE LA E.E.

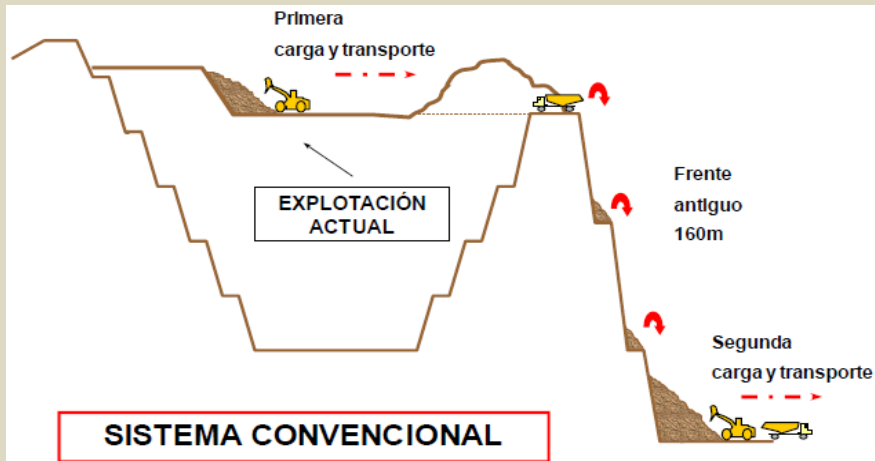
- Directiva de eficiencia energética de edificios (2010/31/EU).
 - RD 314/2006 Código Técnico de Edificación.
 - RD 47/2007 Certificación Energética de edificios nuevos.
 - RD 1027/2007 Instalaciones térmicas de edificios.
- Directiva de indicación del consumo energético (2010/30/EU).
 - RD 1390/2011 Regula el etiquetado energético.
- Directiva de ecodiseño (2009/125/EC).
 - RD 187/2011 Establecimiento de requisitos de Diseño Ecológico.
- (*) Directiva de eficiencia en servicios (2006/32/EC) .
 - Realizada a través del Plan Ahorro y Eficiencia Energética 2011 – 2020
- (*) Directiva de promoción de la cogeneración (2004/8/EC).
 - RD 661/2007 Actividad de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.
- (*) Derogadas por la Directiva de eficiencia energética (2012/27/EU), transpuesta parcialmente al ordenamiento jurídico español (plazo 5/6/2014)

APROXIMACIÓN A LA E.E. EN LAS CANTERAS

PIRÁMIDE DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA



SISTEMA DE EXPLOTACIÓN GALERÍA-CHIMENEA



SISTEMA DE EXPLOTACIÓN GALERÍA-CHIMENEA



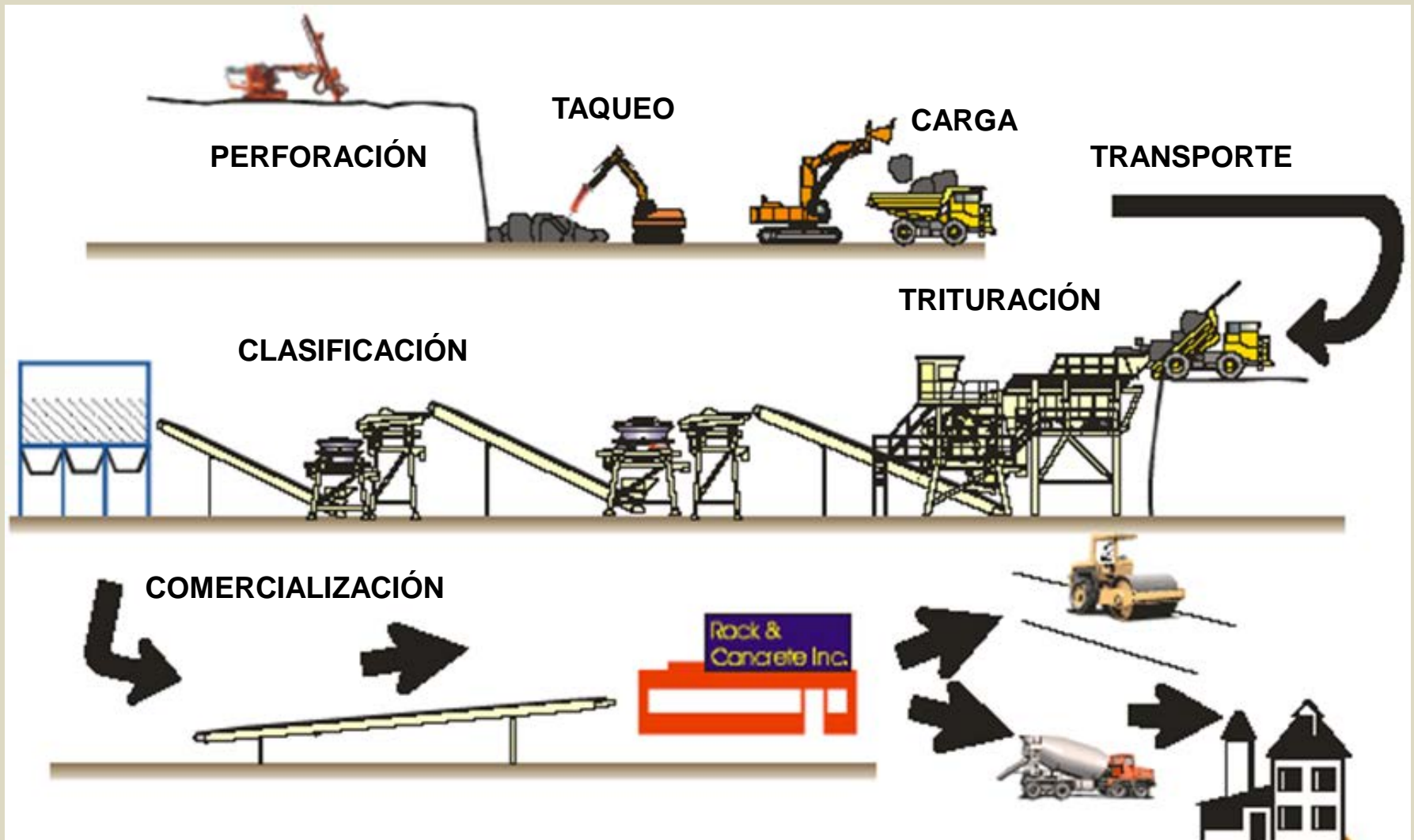
OPERACIONES DEL CICLO BÁSICO DE EXPLOTACIÓN



**CICLO
MINERO**



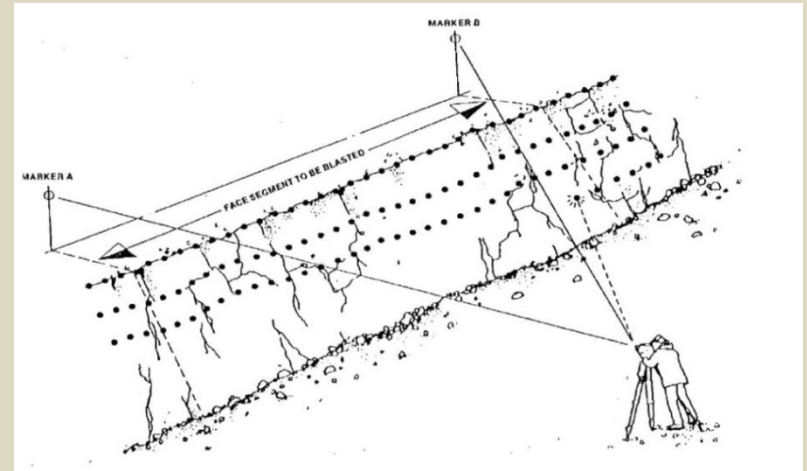
SISTEMA CONVENCIONAL CÍCLICO



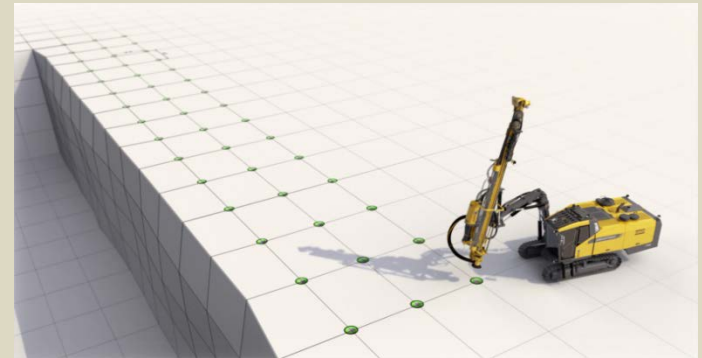
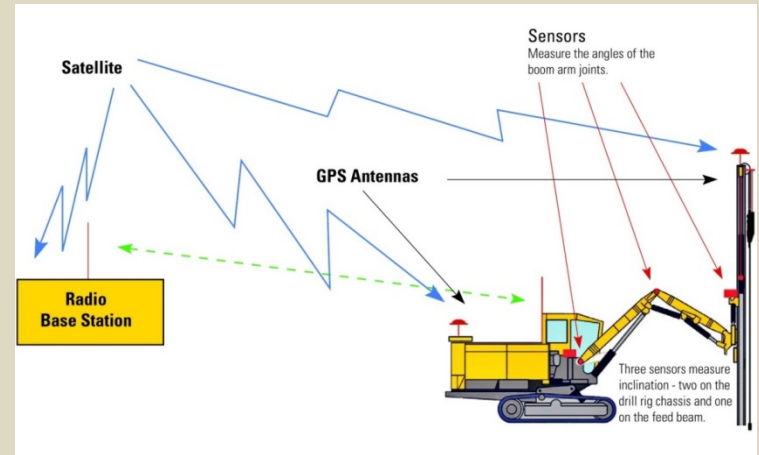
CANTERAS EXPLOTADAS CON EL SISTEMA CONVENCIONAL



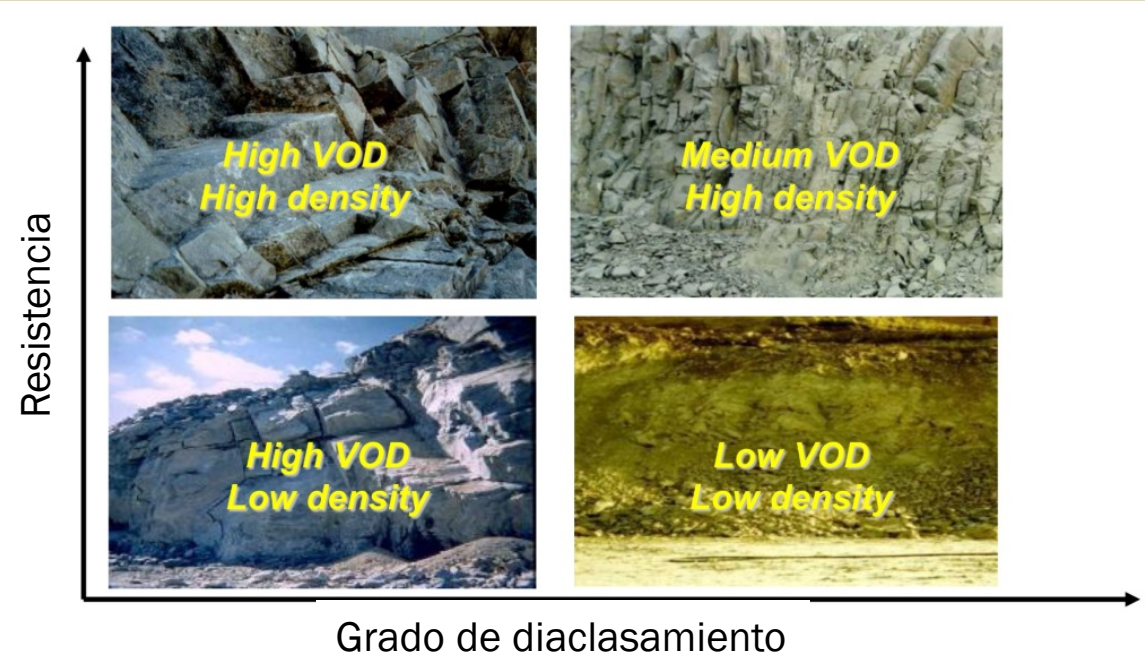
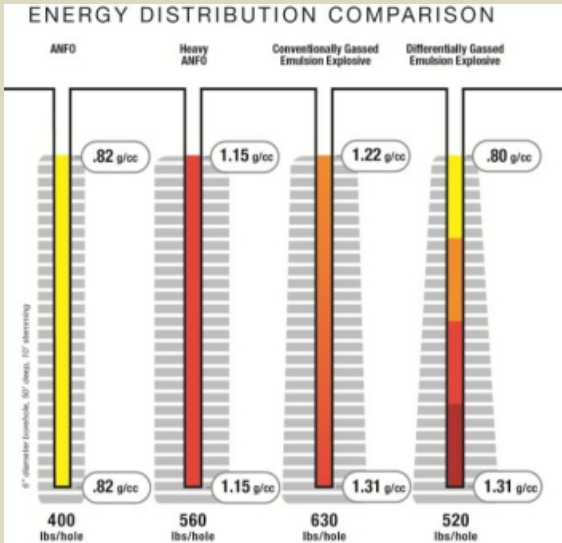
LEVANTAMIENTO DEL FRENTE



PERFORACIÓN DE BARRENOS



CARGA DE EXPLOSIVOS



VOLADURA



Iniciación convencional

Iniciación no eléctrica



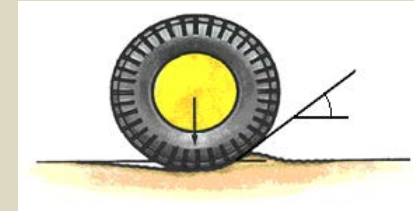
CARGA



- Palas cargadoras
- Excavadoras hidráulicas
 - Frontales
 - Retro



TRANSPORTE



RESISTENCIA A LA RODADURA

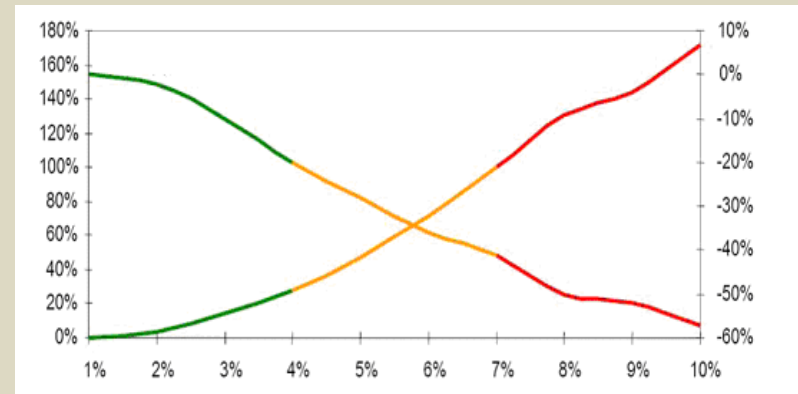
RESISTENCIA TOTAL = RR + RESISTENCIA A LA PENDIENTE

PENDIENTE EFECTIVA (%) = RR (%) + PENDIENTE (%)

$$RR (\%) = 2 \% + 0,6 \text{ por cm de penetración}$$



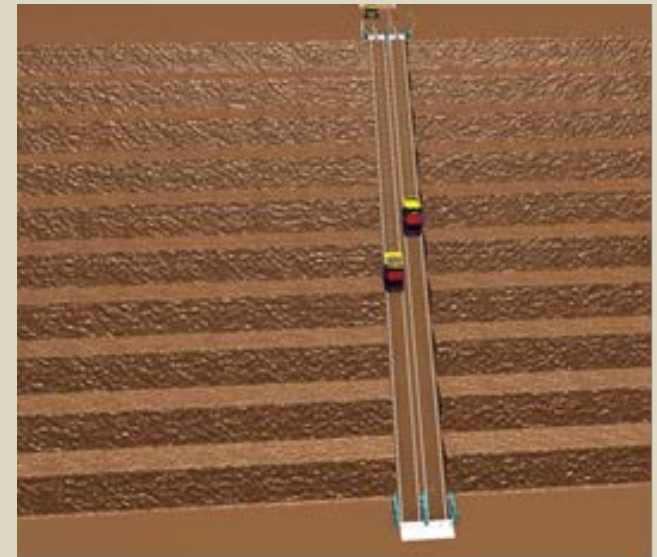
COSTE GASÓLEO



RESISTENCIA A LA RODADURA

PRODUCCIÓN

TRANSPORTE



VOLQUETES AUTÓNOMOS



TRATAMIENTO



- Conminución
- Clasificación

ENERGÍA CONSUMIDA EN UNA CANTERA

$$E = EP + EV + EC + ET + EM$$

siendo :

E = Energía total consumida.

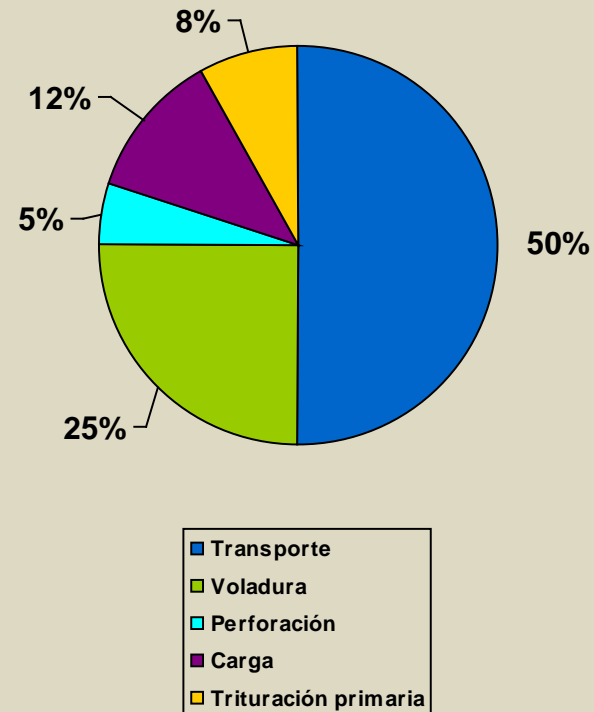
EP = Energía en la perforación.

EV = Energía en la voladura.

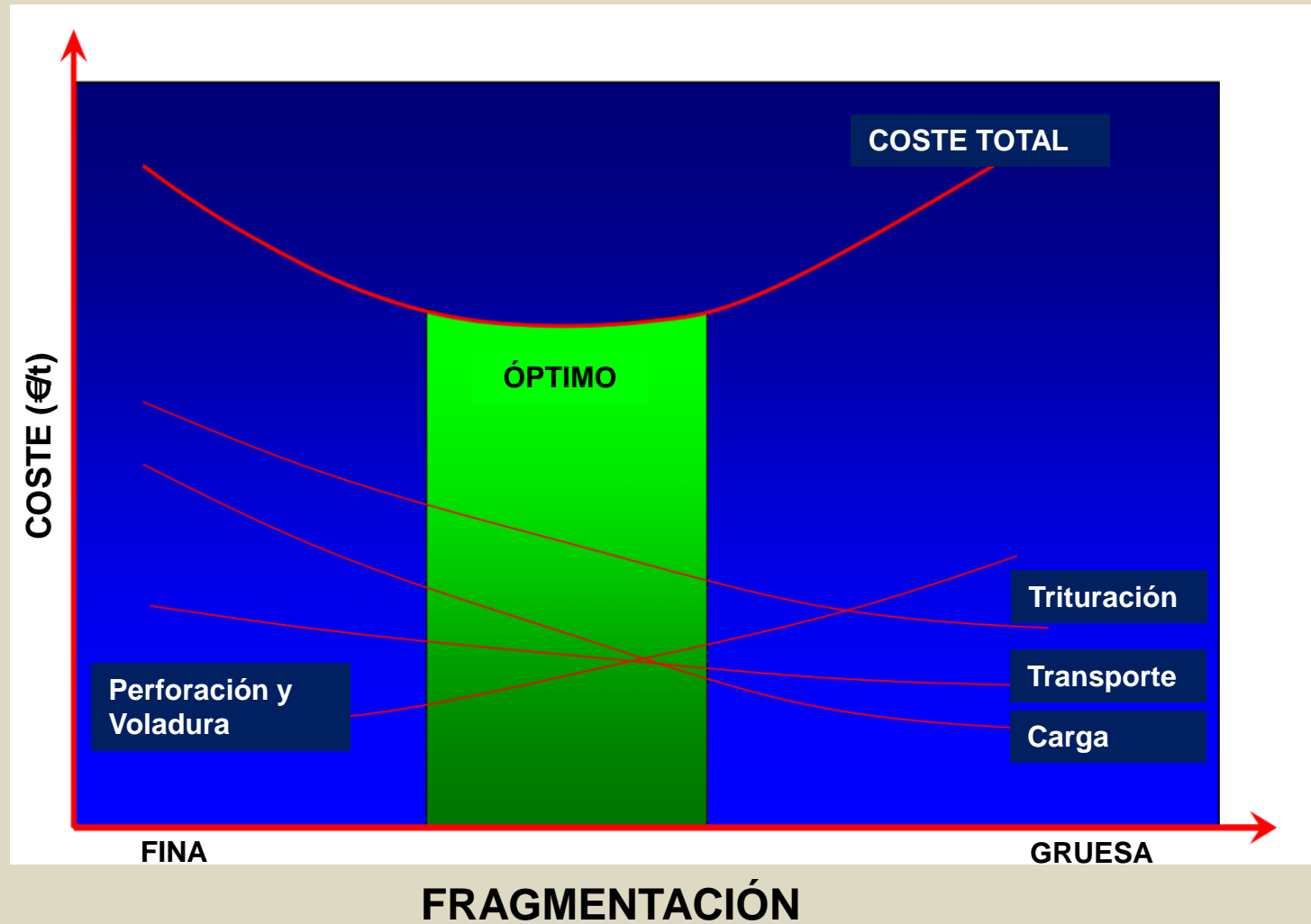
EC = Energía en la carga.

ET = Energía en el transporte.

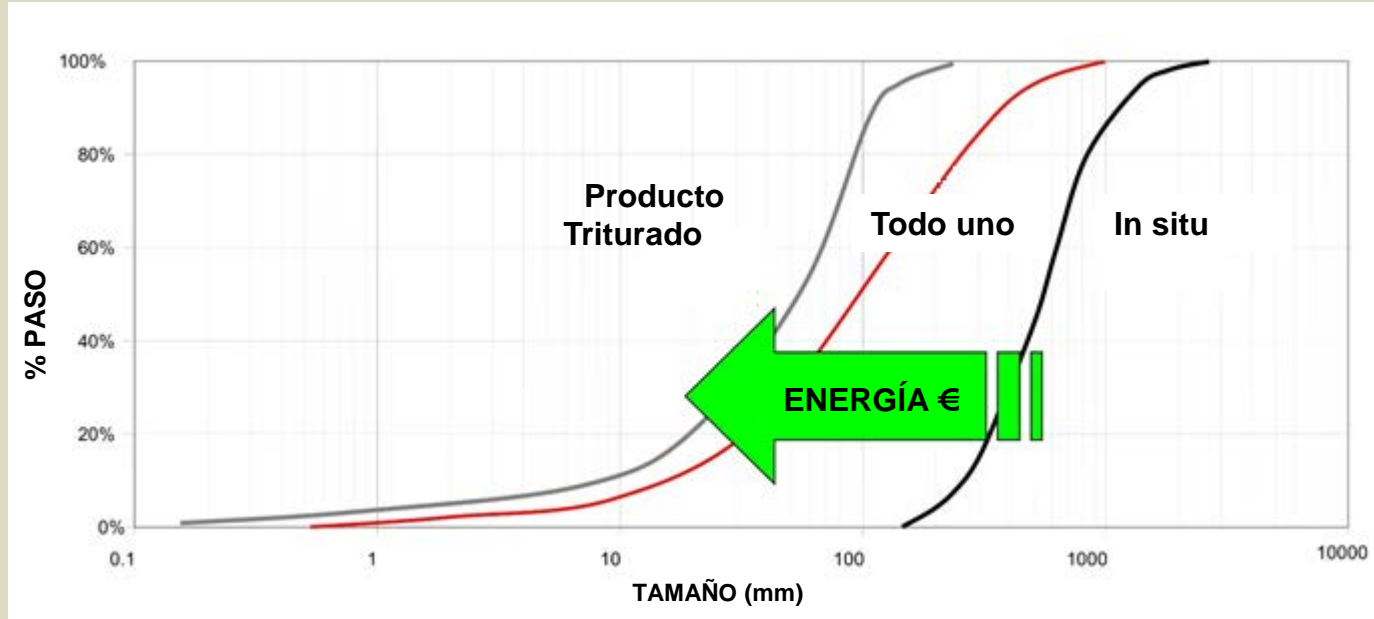
EM = Energía en la trituración y molienda.



OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN



ENERGÍA CONSUMIDA EN UNA TRITURADORA



$$W = 10 \cdot W_i \cdot \left(\frac{1}{P^{0,5}} - \frac{1}{F^{0,5}} \right)$$

W = Energía requerida (kWh/t)

W_i = Work Index

P = Tamaño del producto en micras (Pasa el 80%)

F = Tamaño de alimentación en micras (Pasa el 80%)

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONSUMOS DE ENERGÍA

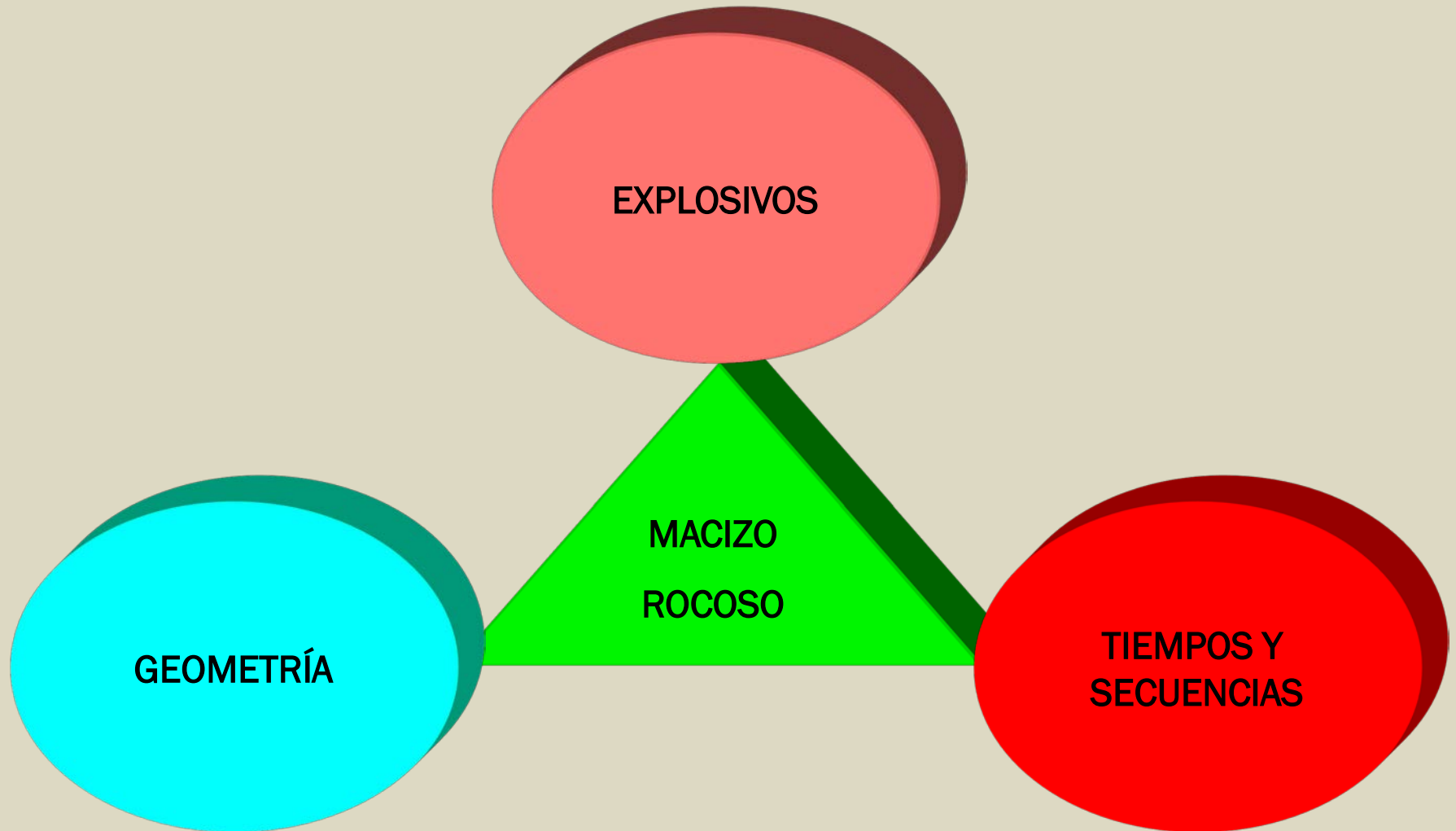
OPERACIÓN	Energía Específica (kWh/t)	Factor de Energía	Factor Coste
Perforación y Voladura	0.1 - 0.25	1	1
Carga y Transporte	0.2 - 0.5	1 - 5	2 - 10
Trituración	1 - 2	4 - 20	2 - 10



DATOS BÁSICOS DE LA CANTERA

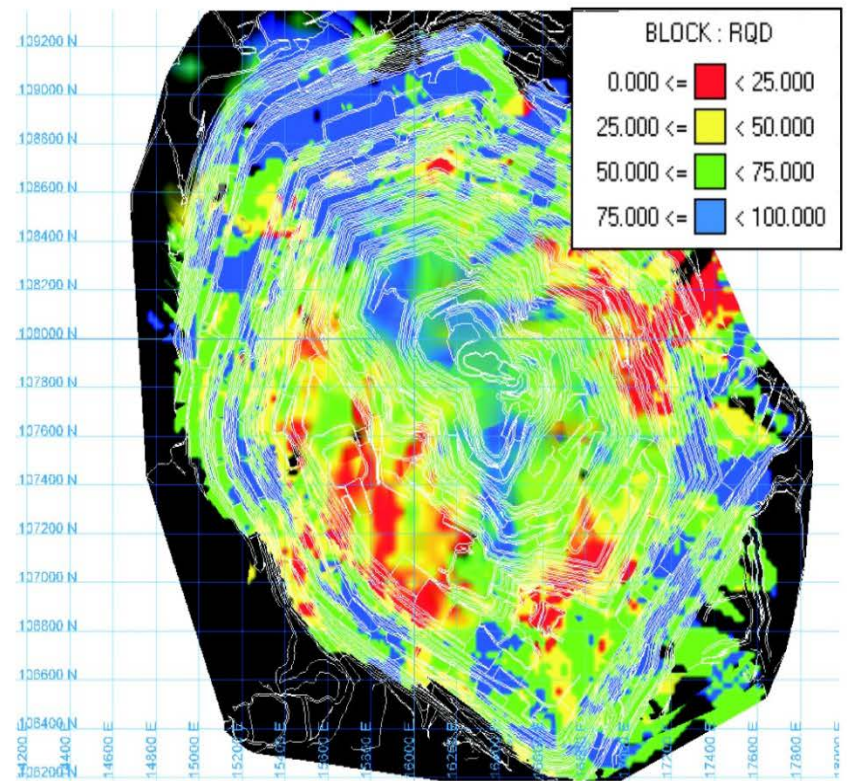
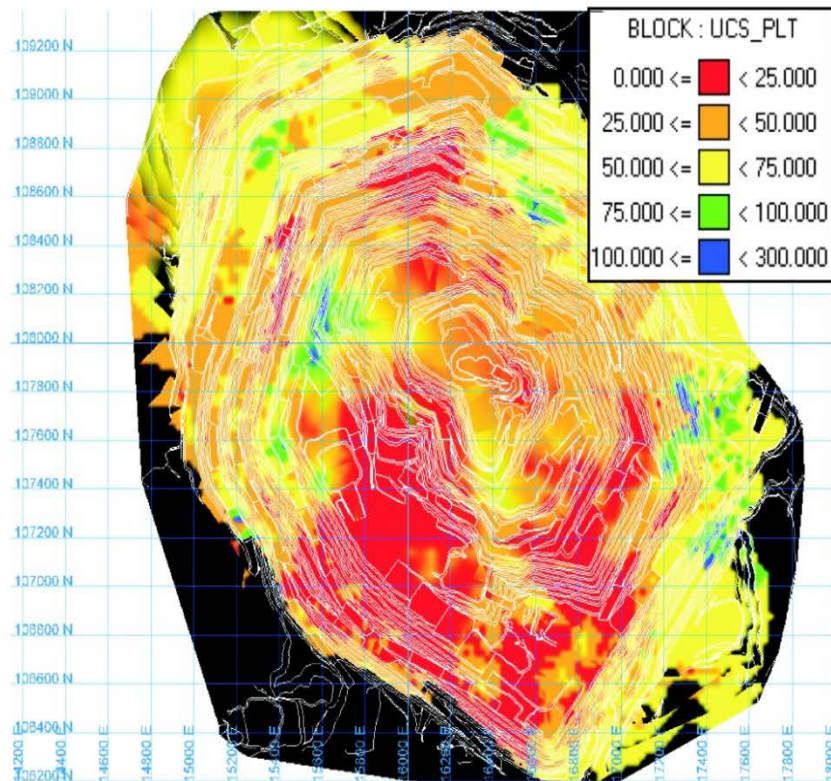
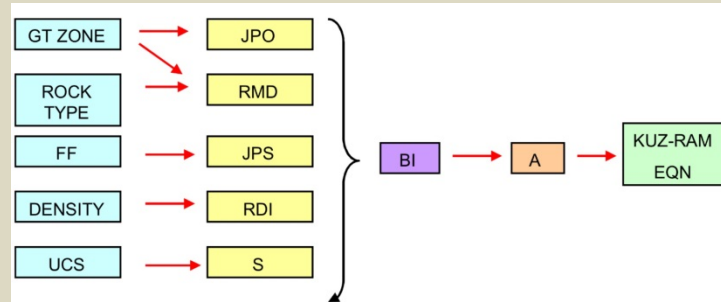
- Producción anual 2,5 Mt
- Producción horaria 1600 t/h
- Productos finales 0-20 mm
- Tipo de roca Granito
- Resistencia a compresión simple.. 180 MPa

VARIABLES DE DISEÑO EN LAS VOLADURAS



CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS

Índice de
Volabilidad
de Lilly

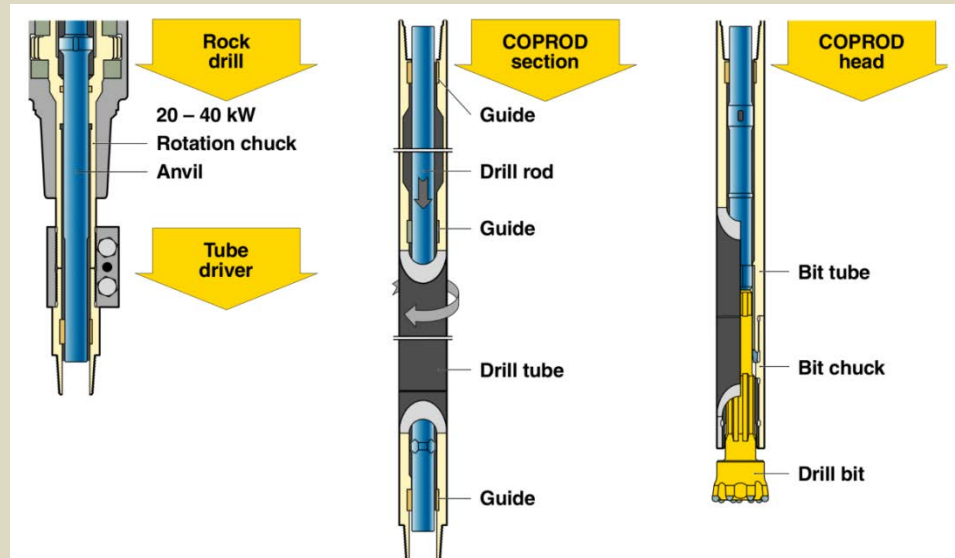
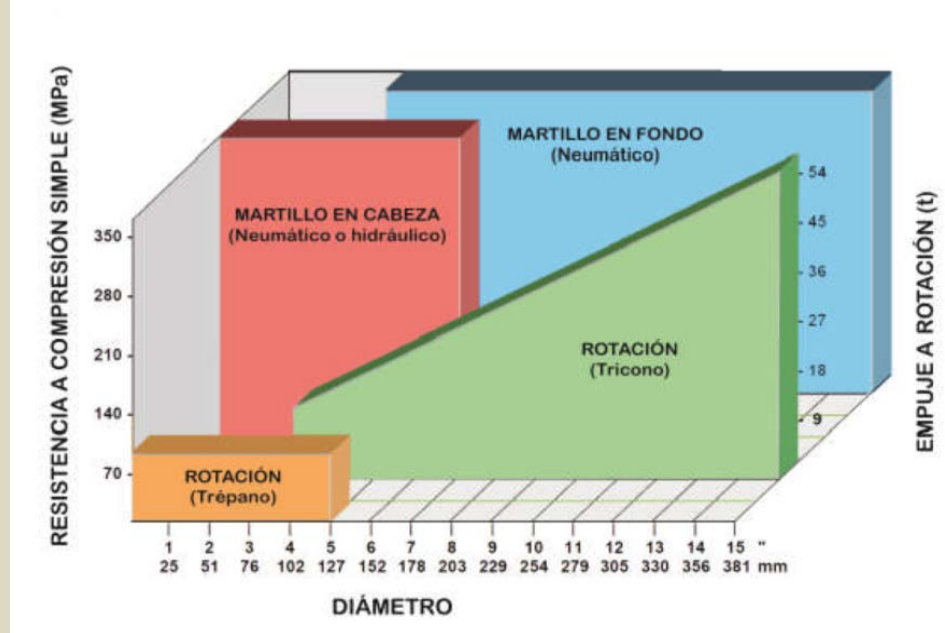


CASOS ANALIZADOS

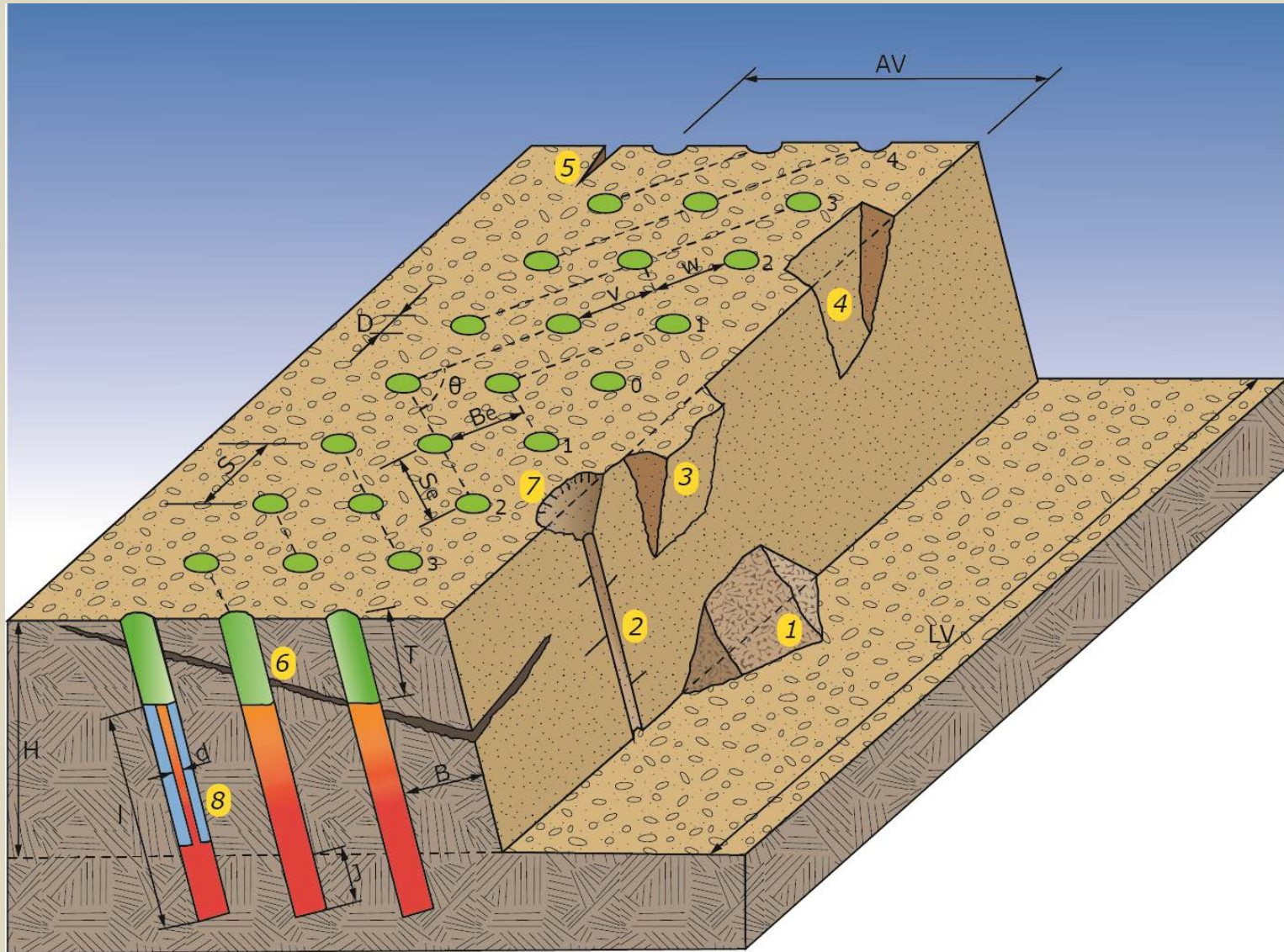
DATOS PRINCIPALES	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
<u>Perforación</u>					
Nº de unidades	3	4	5	6	8
Malla B*S (m²)	9	6,4	5,8	4,5	3,3
<u>Voladura</u>					
Consumo específico (kg/m³)	0,53	0,76	0,9	1,15	1,56
K50 (mm)	410	290	250	200	150
<u>Nº de operadores</u>	18-22				
<u>Excavadoras</u>					
Capacidad de cazo (m³)	12				
Nº de unidades	2-7 dependiendo de las configuraciones de la voladura o cazo (o cazo)				
<u>Volquetes</u>					
Capacidad (t)	50				
Distancia (km)	2				
Nº de unidades	8-10 dependiendo de la configuración de la voladura				
<u>Trituración</u>					
Tipo	Trituradora Nordberg C160				
Nº de unidades primarias	2				
Nº de unidades sec. y terc.	5				
<u>General</u>					
Perforabilidad y Volubilidad	45/0,7				
Índice de Bond (kWh/t)	15				
Diámetro de perforación	89				
Altura de banco (m)	10				
Explosivo	Anfo				
Tasa de interés (%) / Unidades cantera	10 / 20				
Precio gasóleo (€/l) / Energía(€/kWh)	0,5 / 0,1				
Mano de obra (€/h)	17				

(Fuente: METSO)

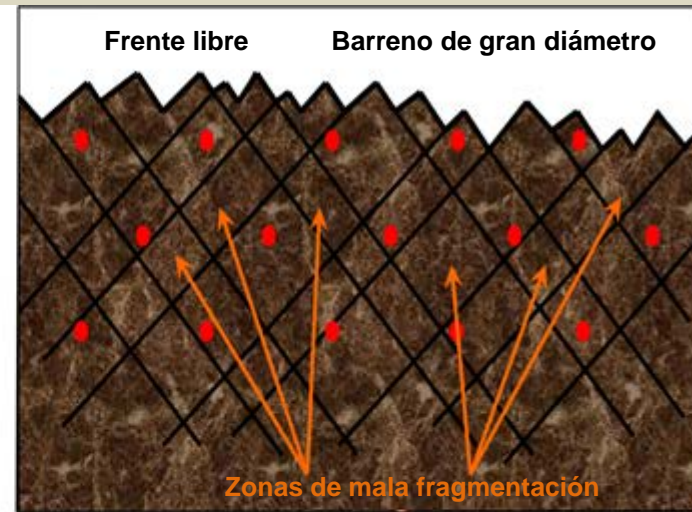
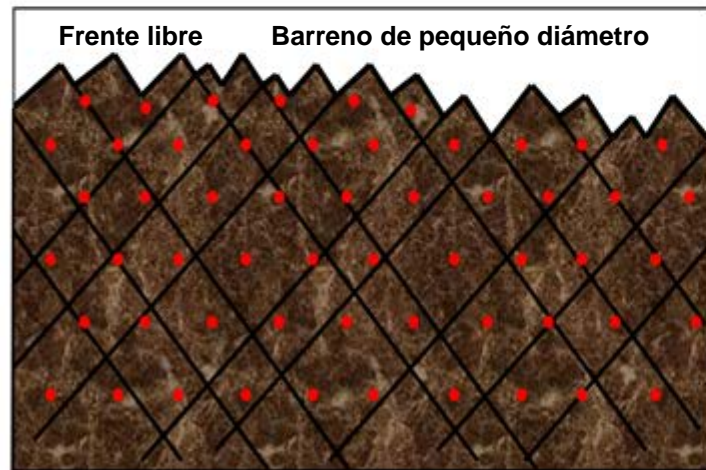
APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PERFORADORAS



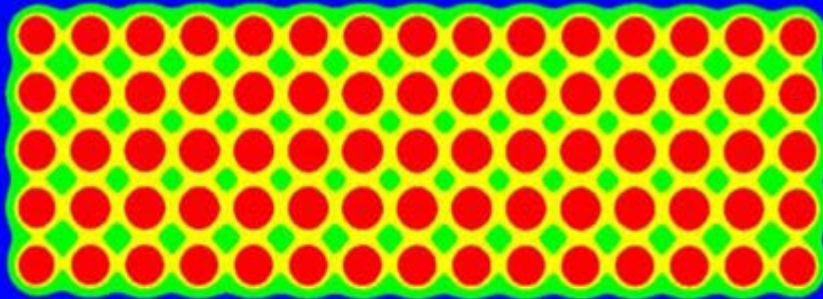
ESQUEMA DE PERFORACIÓN



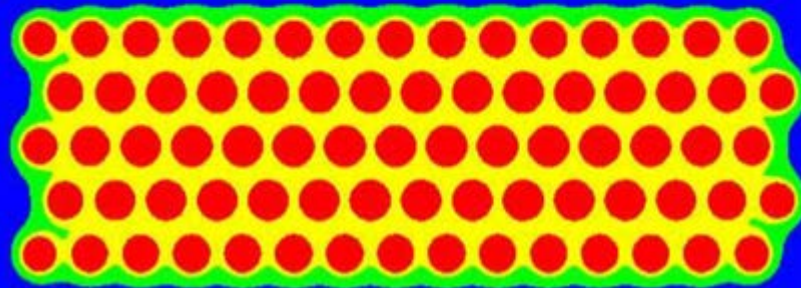
ESQUEMA DE PERFORACIÓN



ESQUEMA DE PERFORACIÓN

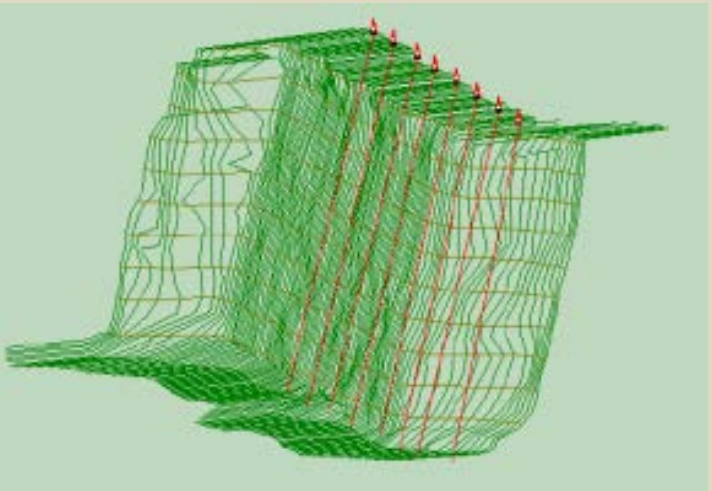
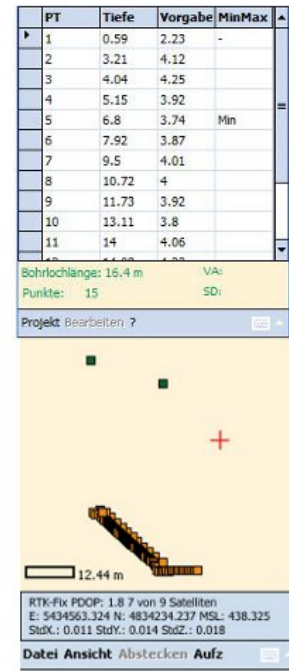
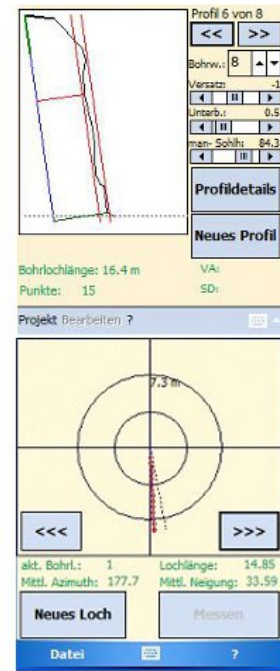


Esquema cuadrado

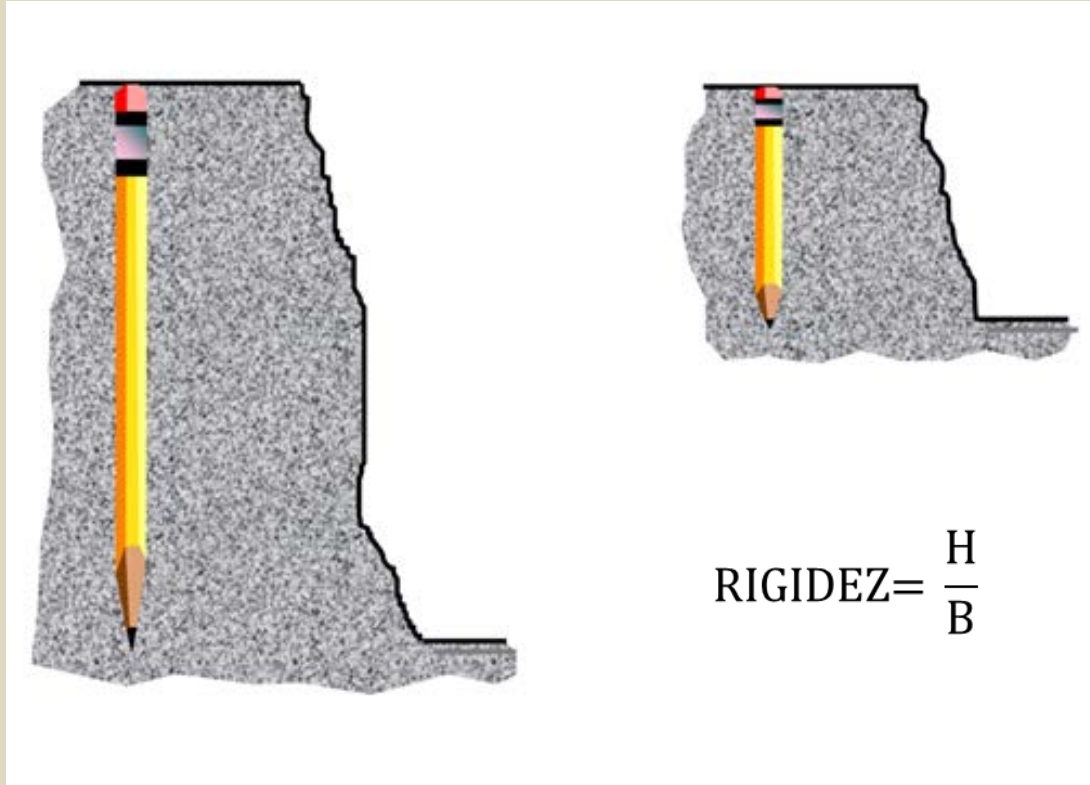


Esquema al tresbolillo

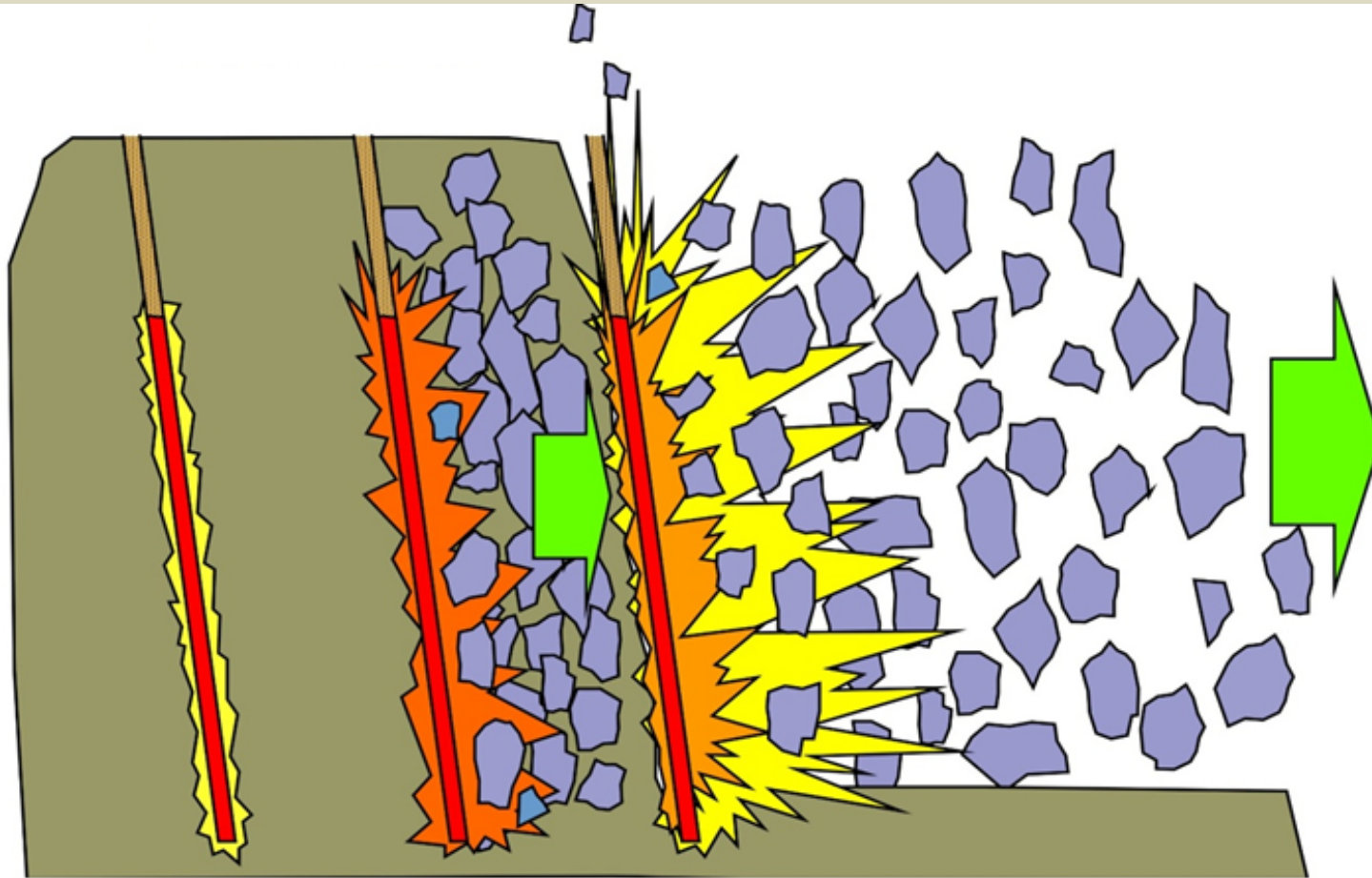
PERFILOMETRÍA Y TRAYECTORIA DE LOS BARRENOS



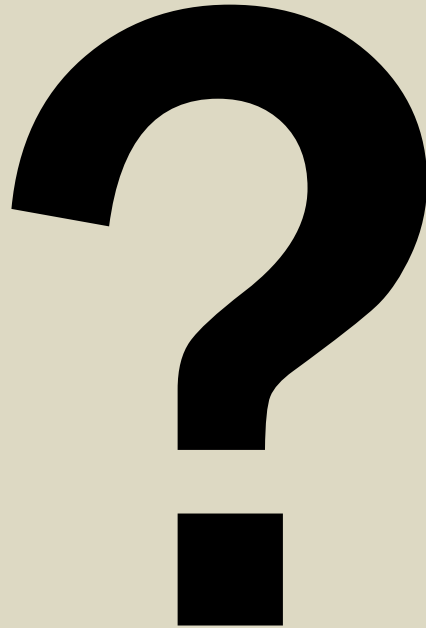
ALTURA DE BANCO



SECUENCIA DE ENCENDIDO Y TIEMPO DE RETARDO



NECESITAMOS



NECESITAMOS UN MODELO



CR7

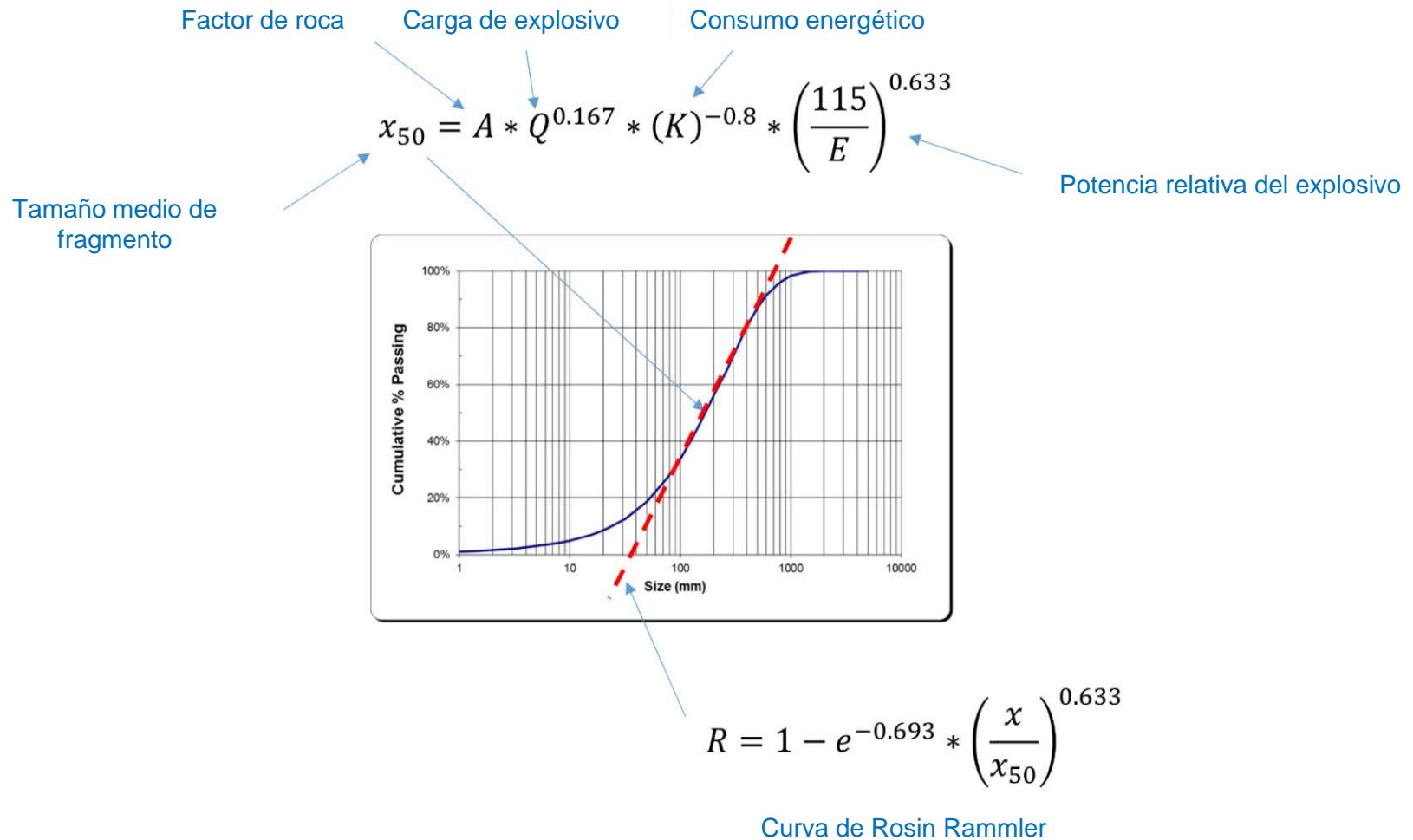
NECESITAMOS UN MODELO DE PREDICCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN



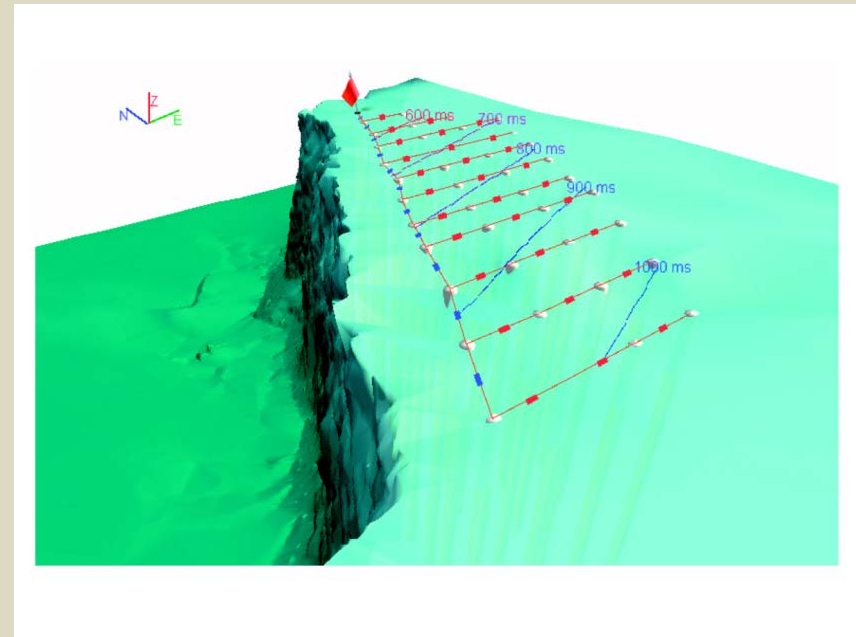
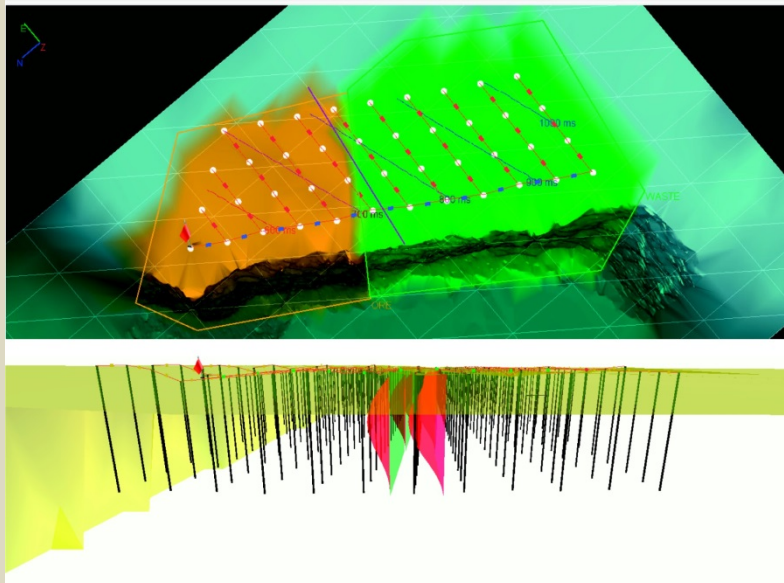
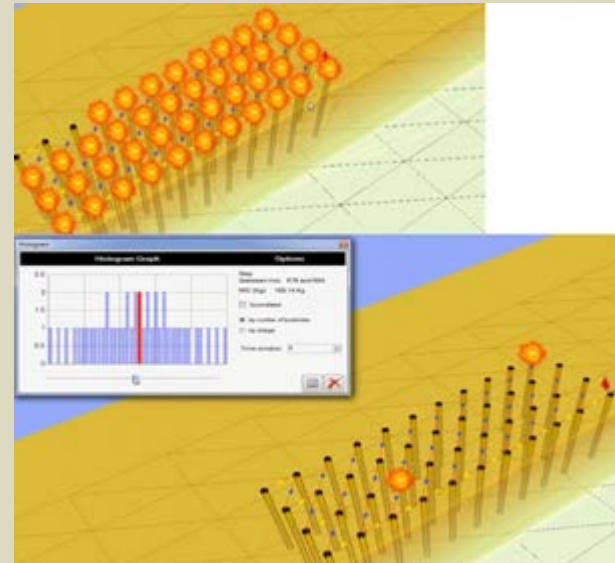
CR7



MODELO KUZ-RAM



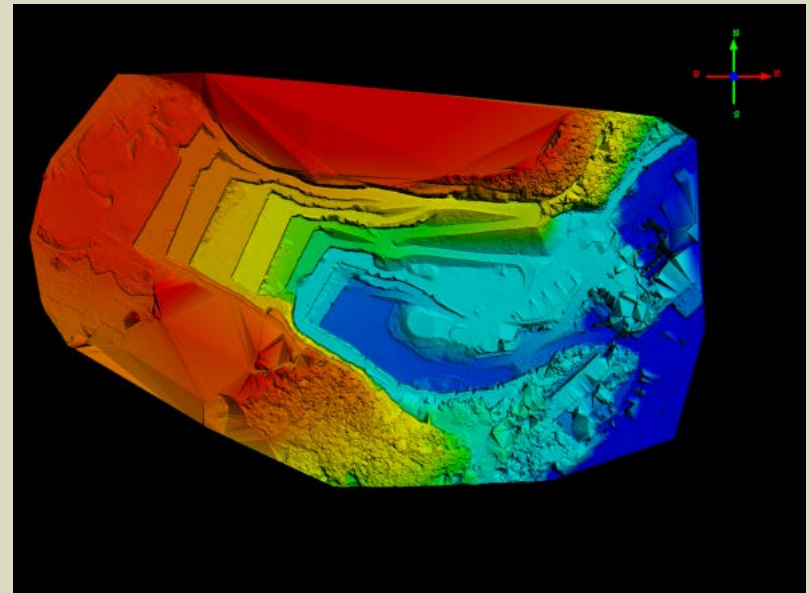
PROGRAMAS DE SIMULACIÓN



ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS



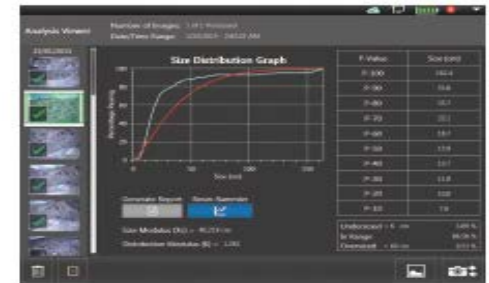
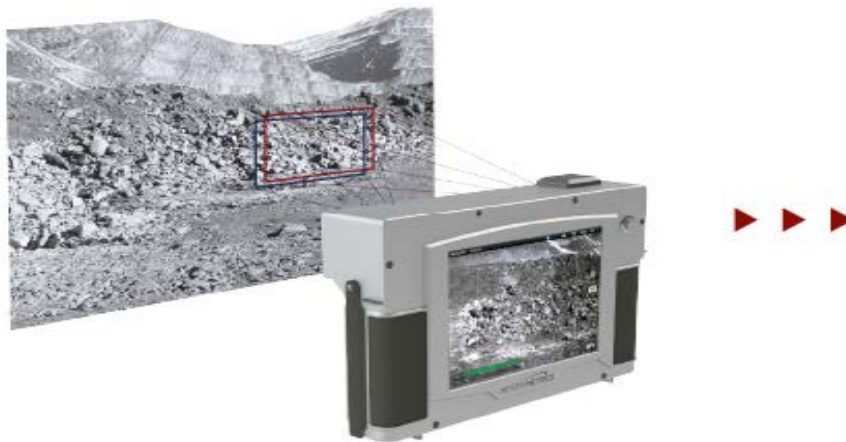
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS



INSPECCIÓN DE CANTERAS



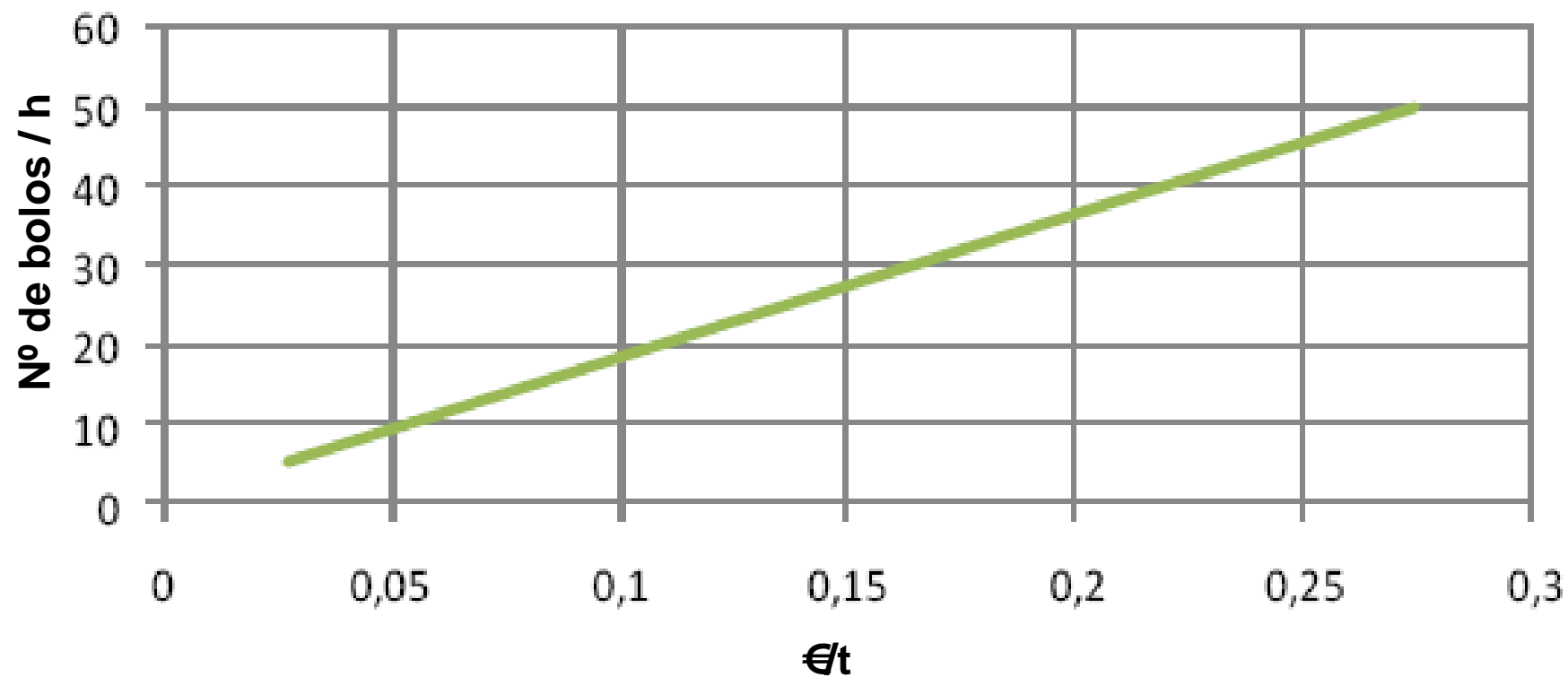
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS



BOLOS RESULTANTES EN UNA VOLADURA



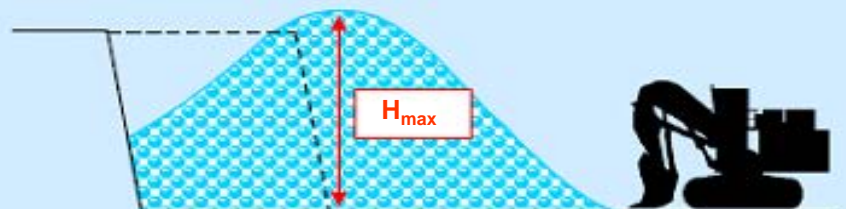
COSTE DE TAQUEO CON MARTILLOS HIDRÁULICOS



ATASCOS EN LAS TRITURADORAS



INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA DE LA PILA EN LA CARGA

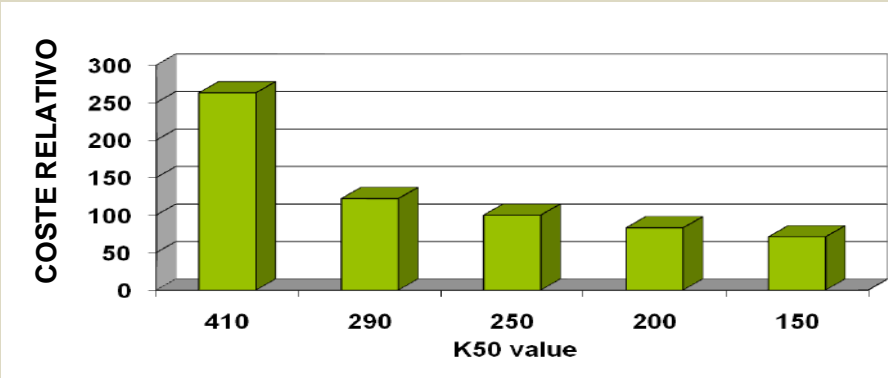


Excavadoras frontales	Pala de ruedas
Alta productividad	Baja productividad
Área mínima de limpieza	Pila apelmazadora
Seguridad para el operador	Pila alta
	Peligro para el operario

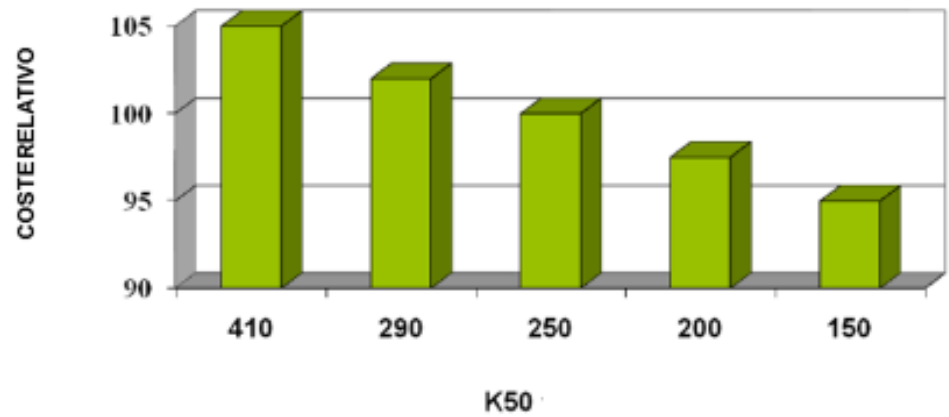
H_{max} depende del tamaño y tipo del equipo para sus condiciones de carga óptimas



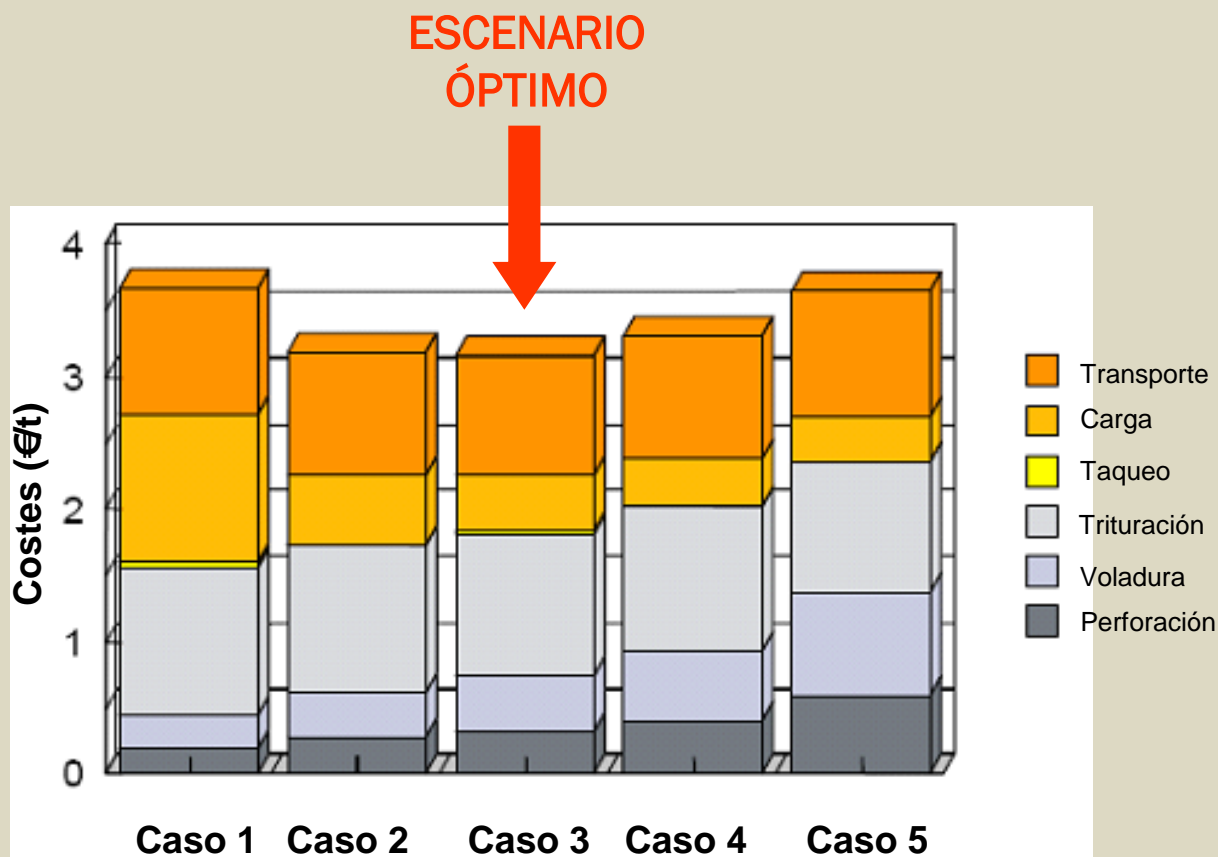
Excavadoras frontales	Pala de ruedas
Productividad media	Alta productividad
Área de limpieza grande	Pila esponjada
Seguridad para el operador	Seguridad para el operador



INCIDENCIA EN EL TRANSPORTE

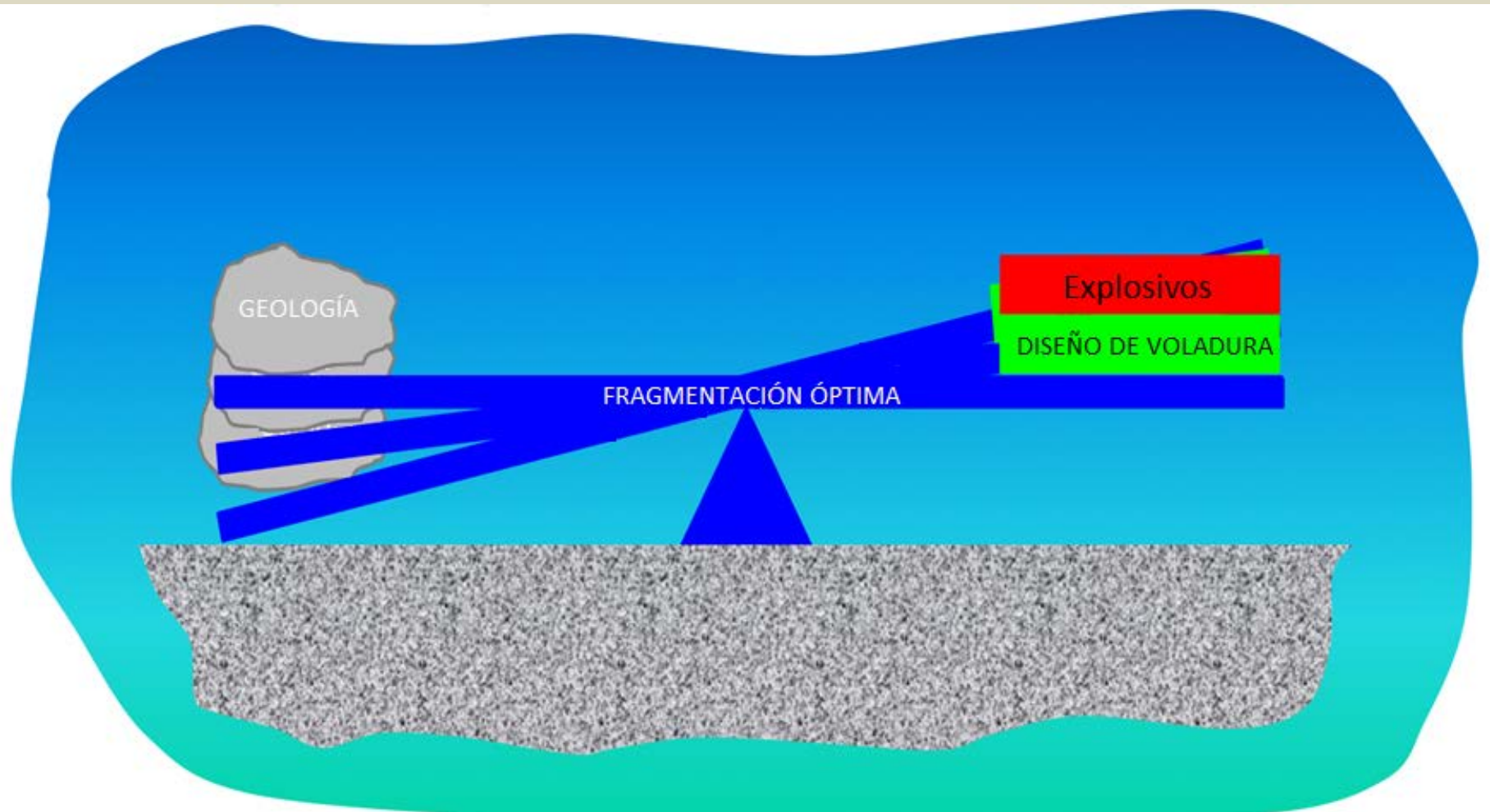


RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CASOS

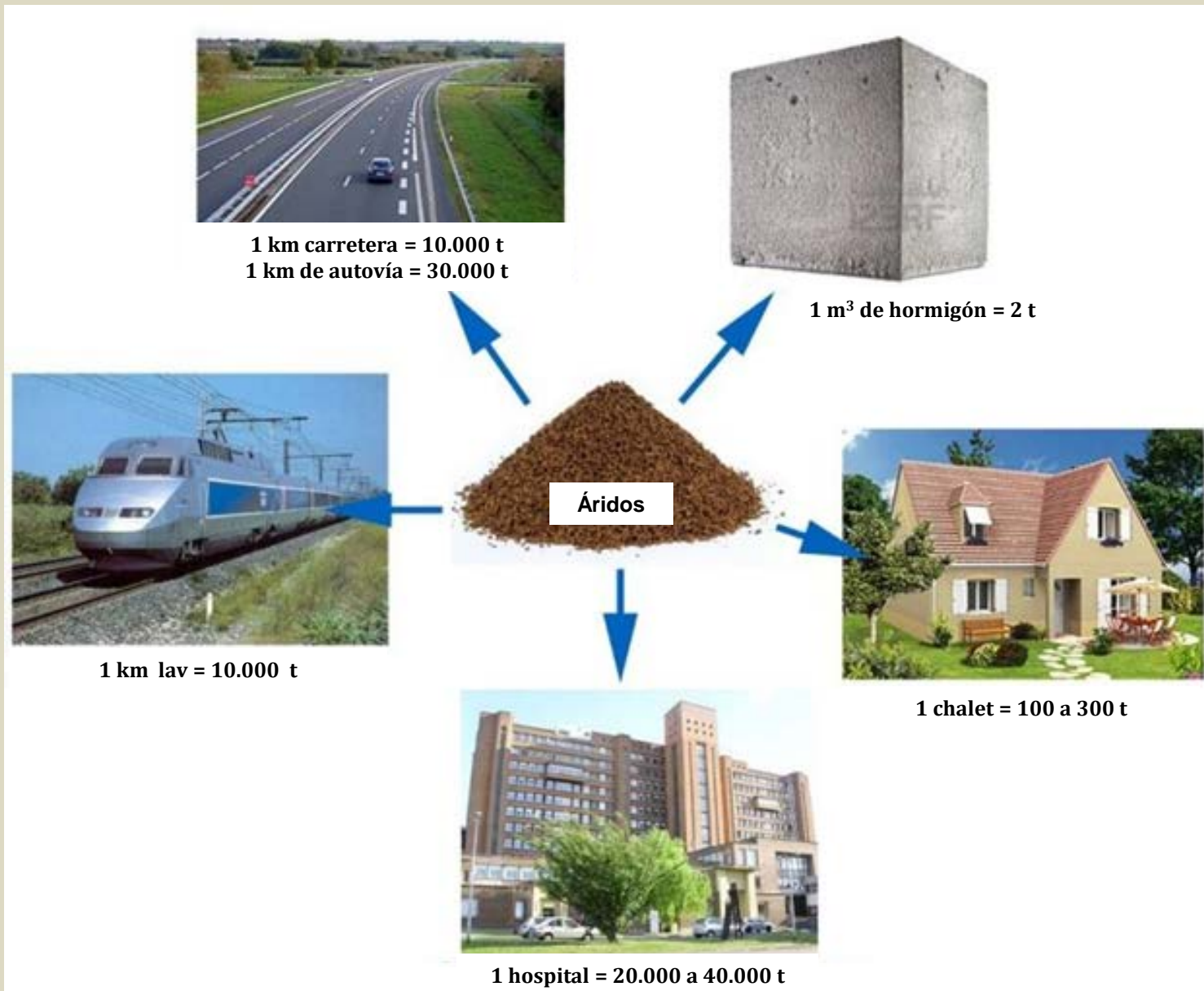


Caso	K_{50} (mm)
Caso 1	410
Caso 2	290
Caso 3	250
Caso 4	200
Caso 5	150

EFFECTO PALANCA DE LAS VOLADURAS



APLICACIONES DE LOS ÁRIDOS

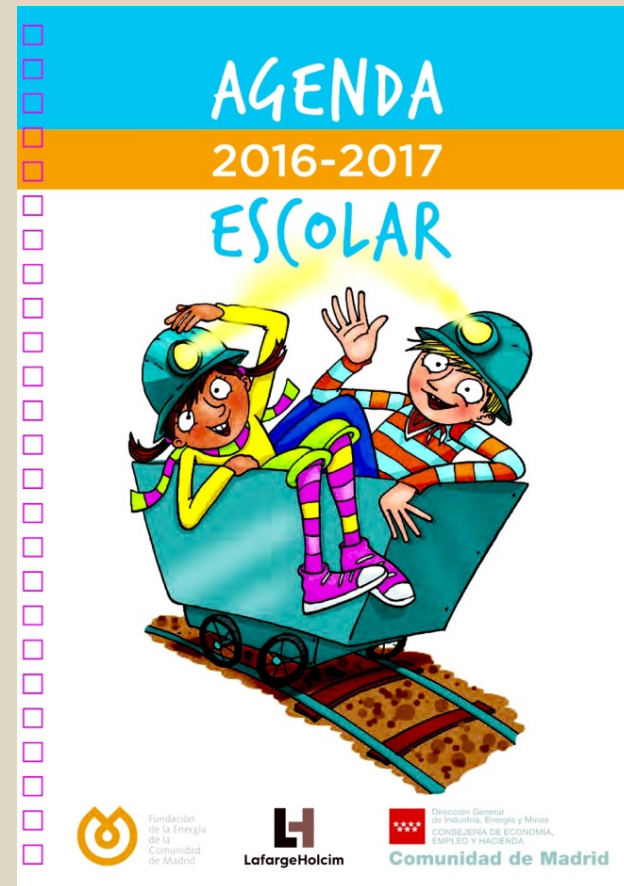


LOS ÁRIDOS Y SU FUTURO SOSTENIBLE

DEBEMOS EXPLICAR PARA
QUE SIRVEN Y PARA QUE SE
UTILIZAN LOS ÁRIDOS, A
TODOS LOS
REPRESENTANTES DE LOS
PODERES PÚBLICOS Y



HACER PEDAGOGÍA ENTRE
LOS FUTUROS CIUDADANOS
BUSCANDO SU
PARTICIPACIÓN Y
CONCIENCIACIÓN EN CLAVE
POSITIVA





SMART QUARRIES – CANTERAS INTELIGENTES



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

