



SEMINARIO

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Por: Gastón Proaño C.

INTRODUCCIÓN



Uso de Materiales en el Eje Vial 1 Calle Boyacá. 2003

Uso de materiales de construcción en la ampliación del Malecón del Estero Salado. 2002



Uso de materiales de construcción de la Estación de bombeo para pruebas hidrostáticas para el OCP. 2002



Uso de materiales de construcción para la estabilidad de taludes en suelos expansivos de la Formación Onzole – Esmeraldas. 2002



Uso de la piedra natural como material de construcción para un puente romano. España 1998



Uso de materiales para la construcción de una vía de acceso en Chiquilpe – Pichincha. 2002



Uso de Geosintéticos para la estabilidad de taludes y control de erosión en un tramo del OCP. 2002



Fabricación artesanal de bloques en Quinindé - Esmeraldas. 1999



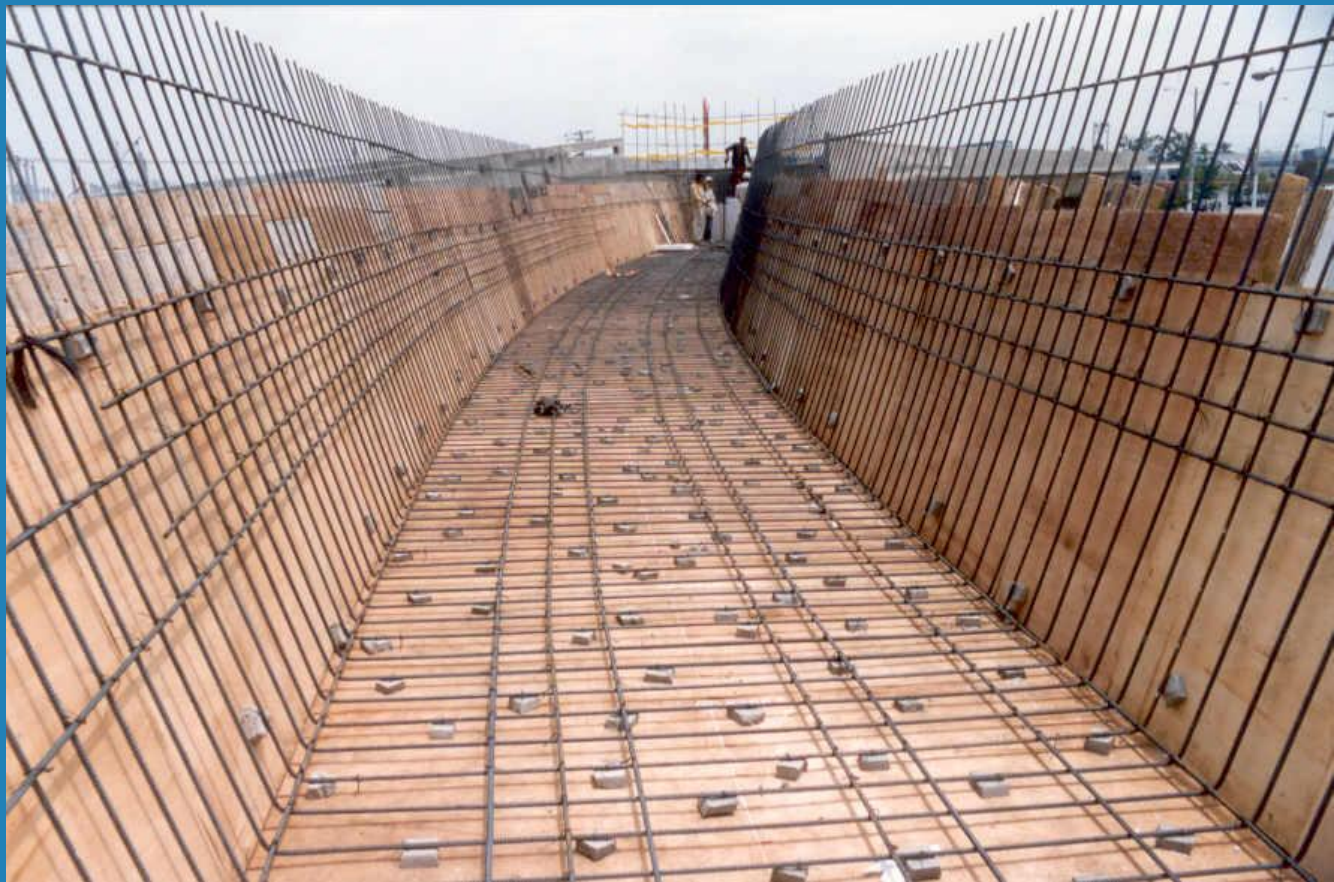
Uso de Geotextil para estabilidad y control de erosión, estación Sardinias OCP. 2002



Uso del Hierro como material de construcción para fabricar plintos y columnas. Espol 1995



Uso de Hierro y Madera para la construcción del viaducto Mall del Sol – Guayaquil. 1997



Uso de materiales para construir el Relleno Sanitario “Las Iguanas” – Guayaquil, 1995



Uso de Materiales para la construcción de diques y piscinas en un complejo camaronero ubicado en la Península de Santa Elena. 1998



Uso de Materiales para la construcción de obras portuarias La Libertá. 1998



Uso de materiales para la construcción – Edificio Banco La Previsora Guayaquil



Uso de materiales para la construcción del World Trade Center Guayaquil



Uso de materiales para la construcción de una plataforma para válvula de control del OCP. 2002



Fabricación artesanal de ladrillos en Azogues



Crecimiento de la población mundial a través de la historia hasta el presente.

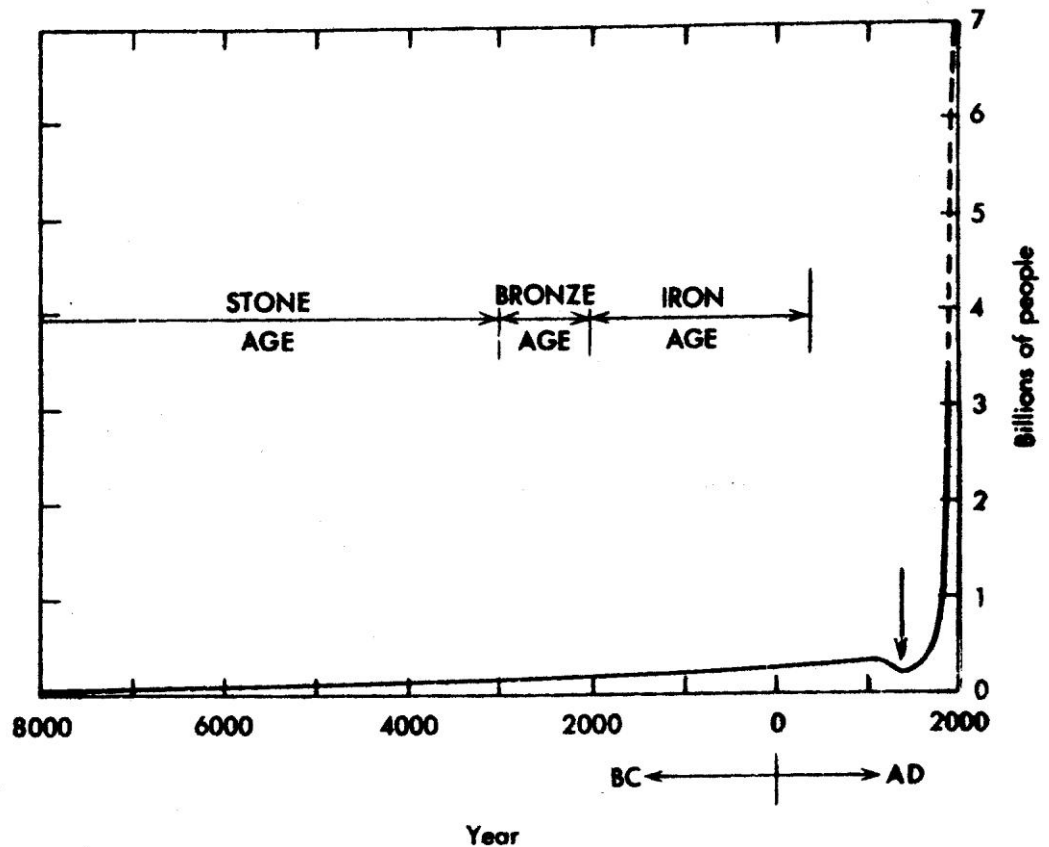


FIGURE 1.3. Growth of the world's population through history. Notice the sharp drop due to the Black Death that struck Europe in 1348. (Data from the Population Reference Bureau.)

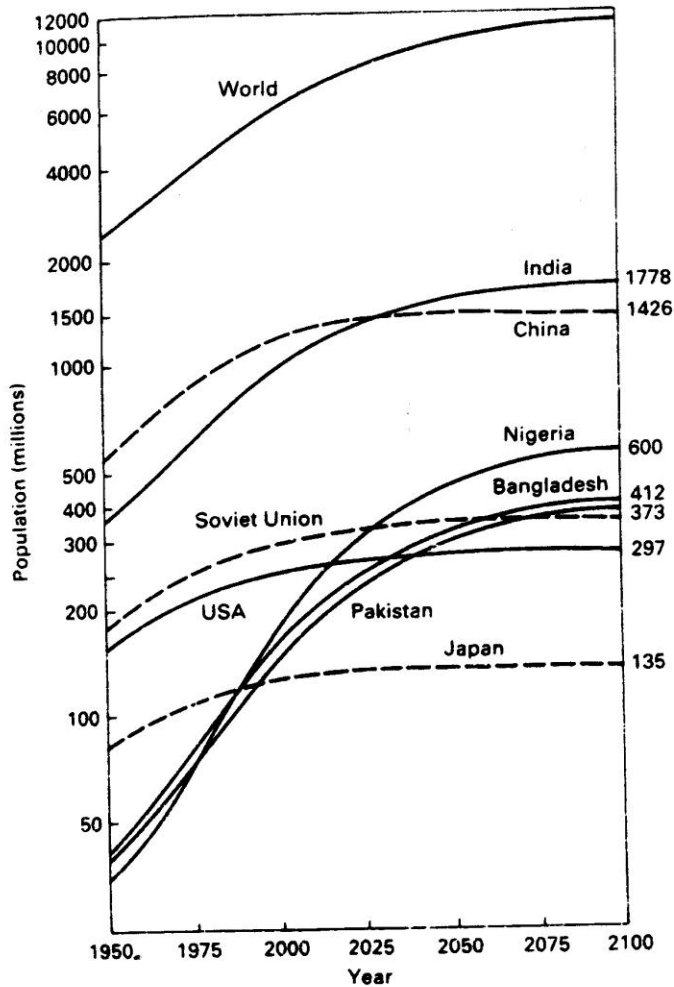


FIGURE 1.5. Projected growth of populations in several large countries and for the world as a whole to the year 2100. Demographers suggest that by 2100 A.D., the world will have attained a constant sized population. (From Demeny, *Population and Development Review*, vol. 10, no. 1 (1984) p. 103.)

Crecimiento de la población en varios países.

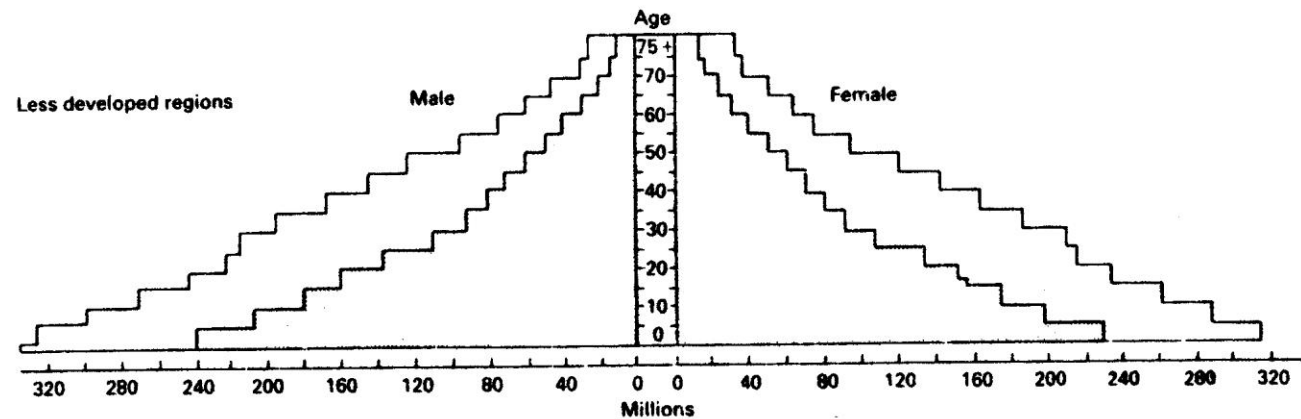
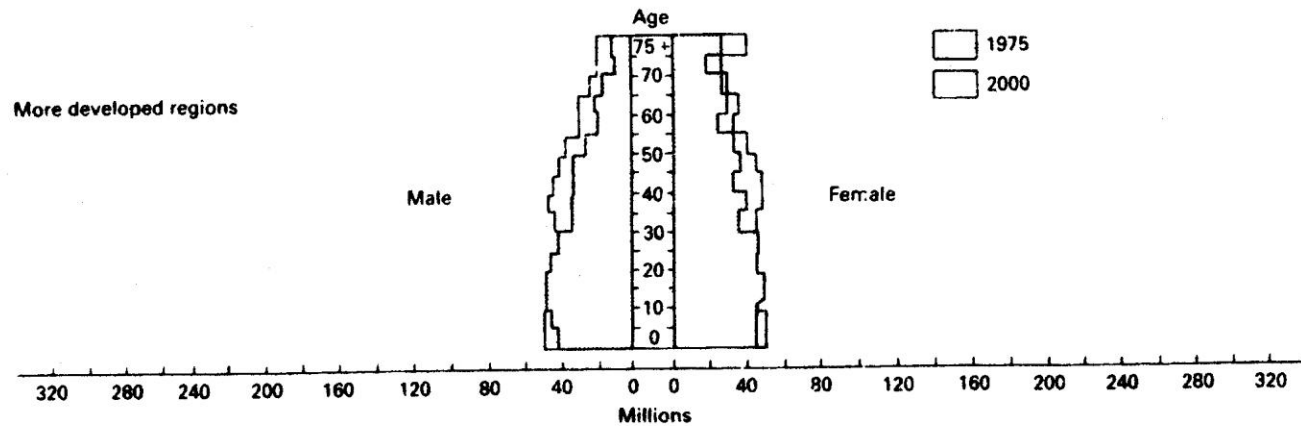
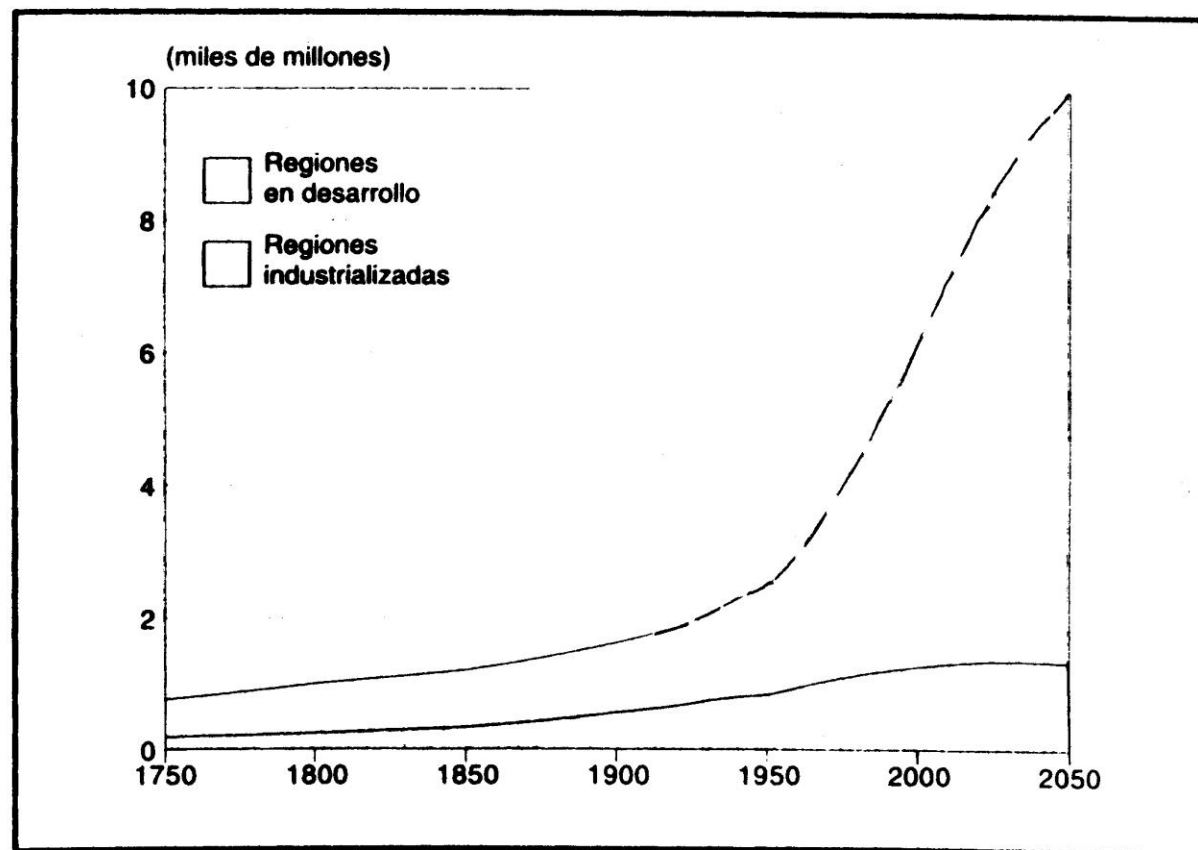


FIGURE 1.4. The age and sex distributions in the populations of the more developed countries differ dramatically from those of the less developed countries. In the more developed countries, where sizes of populations are approaching stability, the number of young people below 25 years of age is approximately the same as the number older than 25 years. This means that adults producing children are doing so at a rate that is approaching the one-for-one replacement rate. By contrast, the child-bearing adults in less developed countries tend to produce many more children than are needed for replacement, so that populations grow larger and the age-pyramid grows broader. (From the Global 2000 Report for the President of the United States, 1980.)

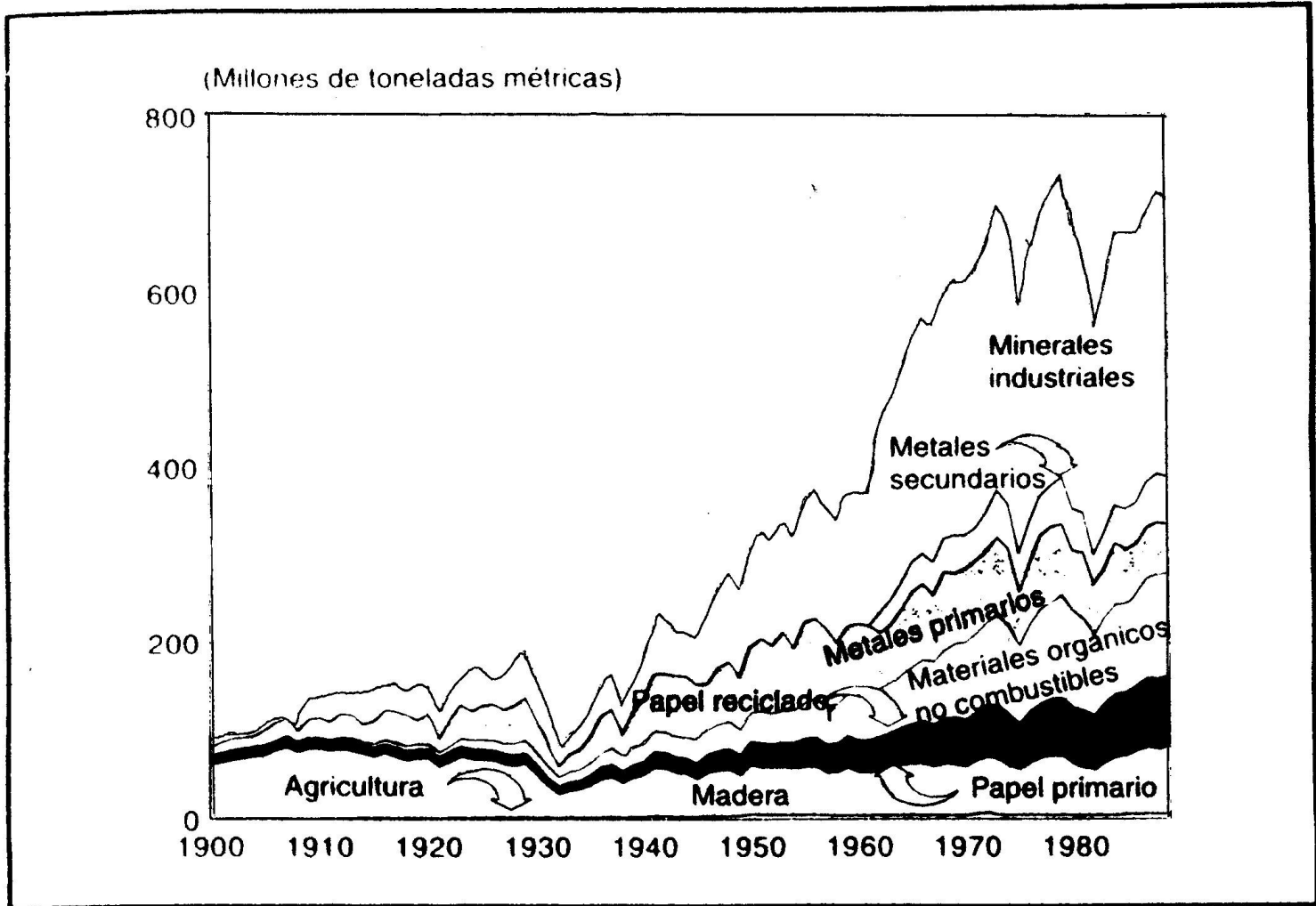
Figura 2.1 Tendencias y perspectivas del crecimiento de la población en el mundo, 1750-2050



Fuentes:

1. División de Población de las Naciones Unidas, *Long-Range World Population Projections: Two Centuries of World Population Growth, 1950-2150*

Figura 1.13 Tendencias del consumo de materiales en los Estados Unidos



Fuente: Negociado de Minas de los Estados Unidos, «Materiales y economía», *Minerals Today* (abril 1993), p. 15.

Consumo de minerales por persona

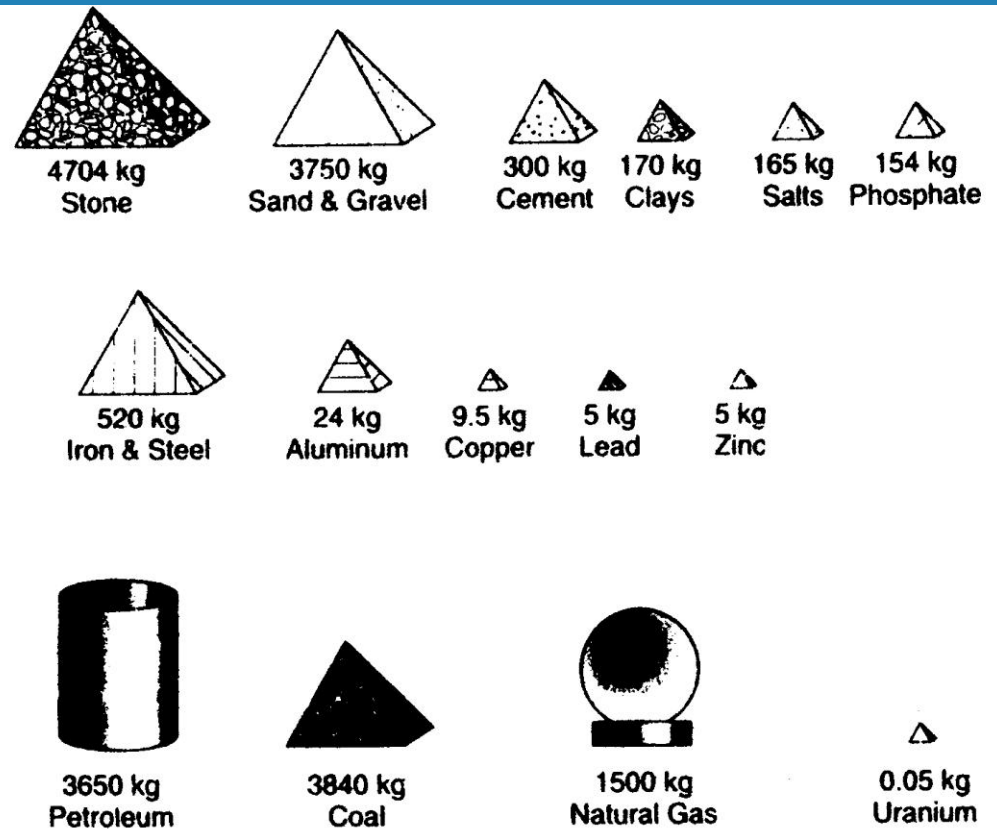


FIGURE 3.1. The per capita consumption of mineral resources is both varied and large. (Data from the United States Bureau of Mines.)

United States Total is 5000 million metric tons

ROCAS INDUSTRIALES

- Arcillas Cerámicas
- Arcillas Especiales (sepiolita, attapulgita, bentonita)
- Bauxita y laterita alumínica
- Basalto
- Caliza
- Cuarcita
- Diatomita
- Dolomita
- Fosfatos

- Granito
- Margas
- Mármol
- Perlita
- Pizarra
- Pórfido
- Pumita
- Sal
- Sales Potásicas
- Yeso

Factores que influyen en el crecimiento de las RMI

- Aumento de la Población mundial.
- Establecimiento de mayores mercados internacionales.
- Aumento de la renta per cápita.
- Sensibilidad social por el medio ambiente.
- Mayor conciencia empresarial.
- Desarrollo científico, técnico y comercial
- Aumento y diversificación de la demanda

Minerales y rocas industriales de origen ígneo

- Nefalina
- Feldespato
- Micas
- Minerales de litio
- Berilo
- Granito
- Basalto
- Diabasa
- Pumita
- Perlita


Minerales y rocas industriales de origen sedimentario

MINERALES

- Diamante
- Diatomita
- Potasas
- Sulfatos
- Boratos
- Nitratos
- Azufre

ROCAS

- Arena y grava
- Arenisca
- Arcilla
- Caliza y dolomita
- Fosfatos
- Sales
- Yeso



Minerales y rocas industriales de origen metamórfico

MINERALES

- Grafito
- Asbesto
- Talco
- Vermiculita

ROCAS

- Pizarra
- Mármol

Minerales y rocas de origen filoniano y metasomático

MINERALES

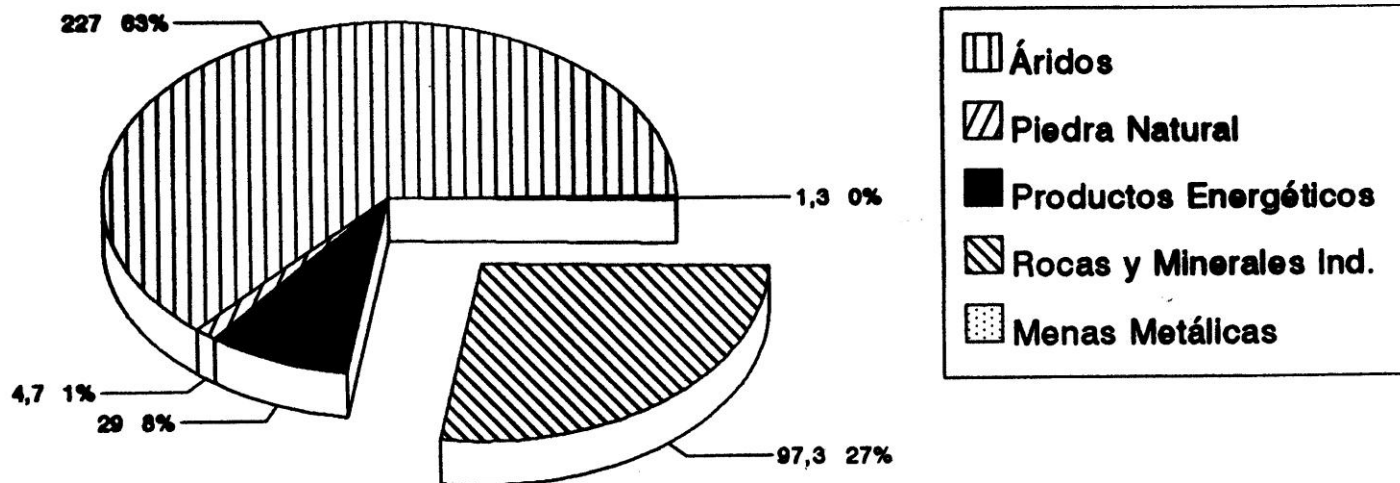
- Cuarzo
- Fluorita
- Baritina
- Magnesita

ROCAS

- Pegmatita
- Aplita
- Dolomita

SITUACIÓN Y MERCADO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

PRODUCCIÓN MINERA DE ESPAÑA



1995. Millones de t

Tendencias futuras en la explotación de agregados (1)


- Mayor dimensión de las explotaciones Apertura de supercanteras (>1.000.000 t/año).
- Mayor uso de dispositivos contra polvo y ruido.
- Tratamiento de lodos de lavado de agregados.
- Mayor uso de agregados de trituración (70%), con respecto a los granulares (30%).
- Posible agotamiento de arenas y gravas en ciertas zonas .
Protección ambiental en otras.
- Mayor exigencia (y por lo tanto mayor investigación) de prestaciones y calidad.

Tendencias futuras en la explotación

- Revalorización de los agregados como recurso
- Intervención de compañías mineras metálicas.
- Uso creciente de agregados reciclados y marinos
- Investigación sobre el menor consumo de energía. (rotura a tracción, etc.)
- Control de calidad (resistencia mecánica, índice de forma, reactividad potencial, etc.)
- Legislación y normativa.
- Normalización y certificación

Propiedades de los agregados como elementos aislados

- *Propiedades físicas macroscópicas:* Dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades superficiales, porosidad, permeabilidad, dureza, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc.
- *Propiedades Químicas:* Estabilidad mineral, presencia de sulfatos y sulfuros, cloruros, óxidos, sílice reactiva, etc.
- *Propiedades Mineralógicas:* Composición, textura, tamaño de grano, cristalinidad, etc.



Propiedades de los agregados como conjunto de partículas

- *Composicionales*: Agregados monogénicos y poligénicos.
- *Distribución de tamaños*: Ley de Feret, curvas de Fuller.
- Influencia de la redondez y esfericidad de las partículas en las propiedades

Introducción a las propiedades de los agregados

- Las propiedades de los productos finales elaborados con agregados dependen de las proporciones de la mezcla , del aglomerante utilizado y de la naturaleza y propiedades del agregado.
- Los ensayos de agregados tienen por finalidad
 - * Atender a su correcta dosificación
 - * Anticipar su comportamiento en servicio



Características de los materiales usados en la fabricación de agregados

- Composición mineralógica.
- Grado de alteración.
- Textura, forma y tamaño de grano.
- Naturaleza del cemento de la roca.
- Porosidad, permeabilidad, absorción y retención de agua
- Presencia y tamaño de la fractura

Propiedades mecánicas de un agregado

- Relativas a la resistencia a la fragmentación bajo sollicitaciones mecánicas.
- Relativas a la resistencia a la fragmentación por choques repetidos
- Relativas a la resistencia al desgaste por rozamiento (atrición).

Descripción de rocas para agregados

- Una buena descripción debe contener (BS5930/91):
 - a.- Nombre de la roca (en mayúscula).
 - b.- Color
 - c.- Tamaño de grano
 - d.- Textura y estructura
 - e.- Estado de meteorización
 - f.- Resistencia (cualitativa)
 - g.- Otras características y propiedades
- Ejemplo: *BASALTO gris oscuro verdoso, de grano fino, con bandeado de flujo muy fino, ligeramente meteorizado, muy resistente, con disyunción columnar a gran escala.*

Otras formas usadas para describir rocas para agregados (en ingeniería)

- Por el grado de meteorización (Sociedad Geológica, 1977).
- Por sus propiedades mecánicas (forma de la partícula y resistencia al impacto) (Ramsay, 1974).
- Por la porosidad, humedad de saturación y peso específico normalizados (Leverett, 1970).
- Empleo de términos locales o tradicionales

Las distintas clasificaciones de agregados


- La “clasificación por grupos petrológicos” (BS812; 1975).
- La “Descripción nominal” (BS812, parte 102; 1989).
- Las descripciones americanas normalizadas: ASTM C294-86 (naturales) y C295-85 (agregados para hormigón)
- La norma francesa obligatoria (NF P18101-83)
- La “clasificación por grupos” (BS 812; 1976).

Sugerencias para la clasificación de agregados

- El sistema de clasificación debe contener:
 - * Una descripción del tipo de agregado
 - * Una descripción de las características físicas.
 - * Una descripción petrológica
- La descripción petrológica debe ser precisa, porque sirve:
 - * Para ayudar a clasificar el agregado
 - * Para ayudar a evaluar su comportamiento.
 - * Para detectar componentes perjudiciales.

Ejemplo de un posible formato para el informe de la clasificación y descripción de un árido

CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE ARIDOS					
1. TIPO DE ARIDO					
1.1 Roca de machaqueo					
1.2 Grava		Sin triturar		Terrestre	
		Parcialmente triturado			
1.3 Arena		Triturado		Marino	
2. CARACTERISTICAS FISICAS					
2.1 Tamaño nominal					
2.2 Forma					
2.3 Textura superficial					
2.4 Color (estado de la muestra)					
2.5 Presencia de finos					
2.6 Presencia de recubrimientos					
2.7 Material extraño					
3. CLASIFICACION PETROLOGICA					
3.1 Monomineral		Polimíctico			
3.2 Nombre petrológico					
		Evaluación visual		Análisis cuantitativo	
3.3 Edad geológica					
4. DESCRIPCION PETROLOGICA					
5. REF. MUESTRA		6. CERTIFICADO DEL MUESTREO			
7. PROCEDENCIA					



Normas UNE 7139 u UNE 83-100-84. Clasificación granulométrica de áridos

- UNE 7139. Determinación de la granulometría de un árido o agregado mediante criba a través de la serie de tamices y cedazos de serie UNE 7050. Método operativo, cantidades a emplear, forma de expresar resultados, etc.
- UNE 83-100.84. Complementaria de la anterior, fija las condiciones en que deben llevarse a cabo los ensayos, relación entre tamices, máxima y mínima abertura de malla, etc.
- La separación entre agregados finos y gruesos tiene lugar por el paso del tamiz 5 de la serie UNE 7050

Norma UNE 7238. Determinación del índice de forma del árido grueso para fabricación de hormigón

- Se pretende calcular la relación entre el volumen realmente ocupado por los granos de una fracción granulométrica y el volumen en teórico que ocuparían los granos, supuestos esféricos, con diámetro igual a la mayor dimensión del grano.
- El coeficiente de forma mayor es 1 (grano esférico), y desciende hasta 0 a medida que el grano se aleja más de la esfericidad.
- El método de ensayo se basa en la medida de un número de granos de una fracción con calibre o galgas, que dan directamente los volúmenes circunscritos.

Yacimientos de agregados

- Tipos de yacimientos
 - * Eluviales
 - * Coluviales
 - * Abanicos aluviales
 - * Depósitos de ríos “braided” o trenzados
 - * Depósitos meandriformes.
 - * Depósitos eólicos
 - * Depósitos de playa.
 - * Depósitos submarinos
 - * Morrenas glaciares
 - * Depósitos fluvioglaciares
 - * Brechas de falla.

Caracterización de las rocas canterables para agregados

- Para utilizarse como agregados, las rocas canterables han de tener:
 - * *Composición química y mineralógica que las hagan poco meteorizables*
 - * *Elevada resistencia a la compresión simple.*
 - * *Baja absorción de agua.*
 - * *Elevada densidad*
 - * *Coeficiente de forma adecuado. Poca lajosidad.*
 - * *Alta resistencia al desgaste.*

Ensayos y cálculos para determinar la durabilidad de una roca utilizable en la fabricación de agregados

- Índice de degradación de minerales en rocas plutónicas.
- Clases hidrolíticas para estimar la degradación de vidrios volcánicos
- Relación entre composición y degradación de vidrios volcánicos
- Cálculo de la energía libre estándar de formación de rocas volcánicas
- Ensayos de carga puntual en campo (martillo de Franklin).
- Parámetros de forma mediante microscopía óptica.

Parámetros a considerar en la valoración de un yacimiento de agregados

- **A.- Parámetros Geométricos.**

Forma y volumen del material, variaciones de espesor, límites naturales, recubrimiento, etc.

- **B.- Parámetros hidrogeológicos.**

Nivel freático, acumulaciones de agua, eutrofización, etc.

- **C.- Parámetros del material extraíble.**

Granulometría, mineralogía, forma, densidad, resistencia mecánica, etc.

Exploración e investigación de yacimientos de agregados

- **Etapas de la prospección e investigación**
 1. Estudio bibliográfico para elección de zonas
 2. Búsqueda de posibles yacimientos
 3. Estudio preliminar de uno o varios yacimientos
 4. Estudio detallado con labores de investigación (sondeos, geofísica, etc.)
 5. Estudio de viabilidad de la explotación.

Distribución de los materiales aluviales en el valle de un río

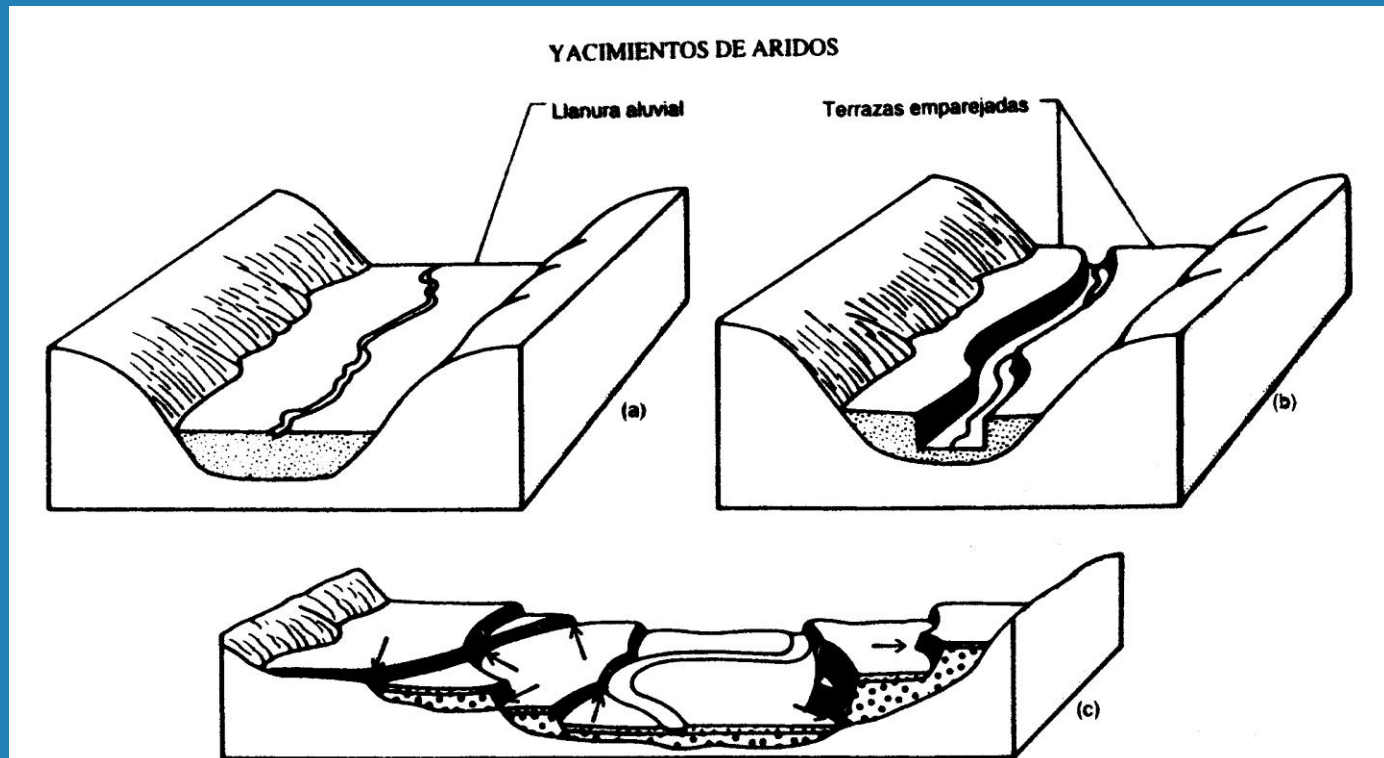


Fig. 2.6. Formación de las terrazas fluviales. (a) Deposition de depósitos de fondo de valle. (b) Erosión de los depósitos dejando los restos de la antigua llanura aluvial como terrazas emparejadas. (c) Se pueden producir terrazas desparejadas por efecto de la erosión lateral y hacia abajo; la migración lateral de la corriente puede frenarse cuando esta intercepta una roca resistente. Según Leet *et al.* (1978).

Afloramiento de materiales aluviales en un perfil erosionado por el río



Banco del grava en el Río Blanco- Esmeraldas. 2003



Visita técnicas de consultores americanos para determinar el uso de los bancos de grava del Río Daule en la construcción del Proyecto Daule-Peripa



Distribución de los materiales aluviales en un curso meandrónico

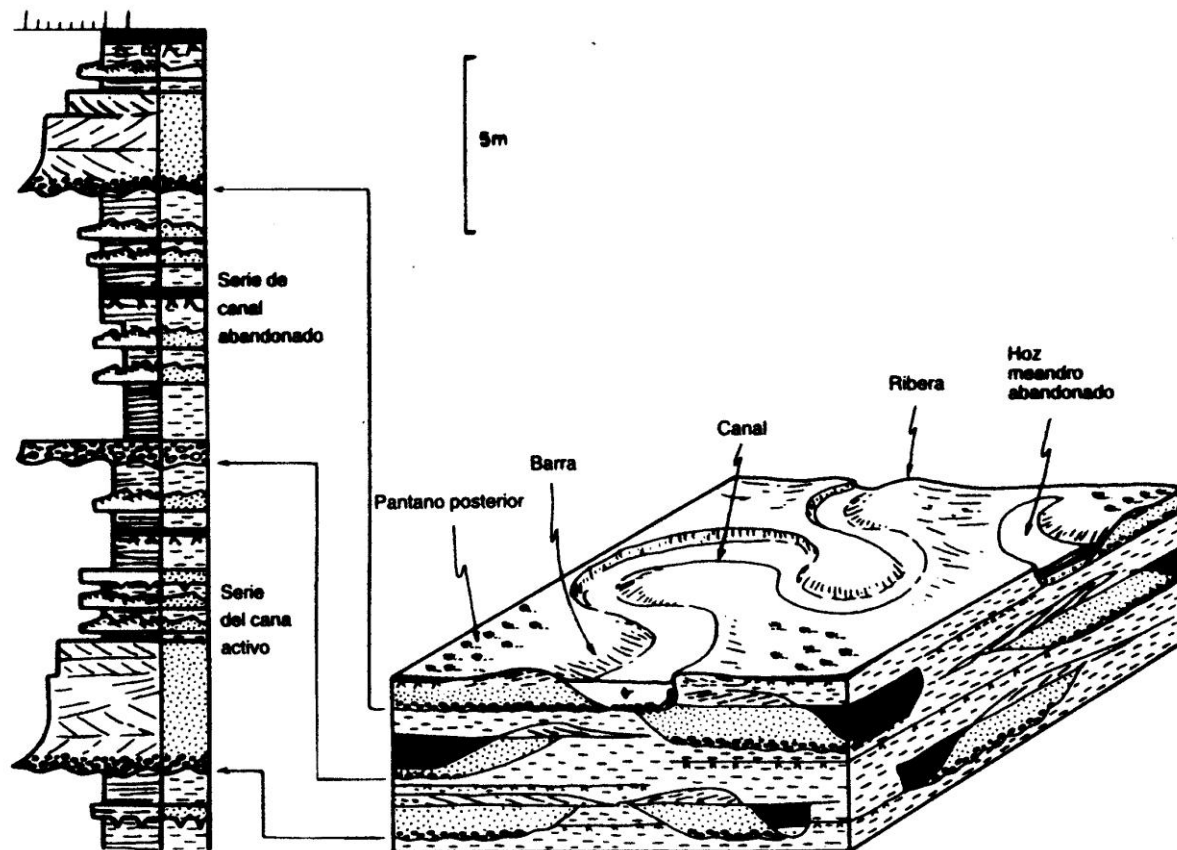


Fig. 2.7. Los subambientes y series sedimentarias de una llanura aluvial atravesada por un canal de un río meandriforme (de Selley 1982).

Acumulación de bancos de arena en el perfil litoral

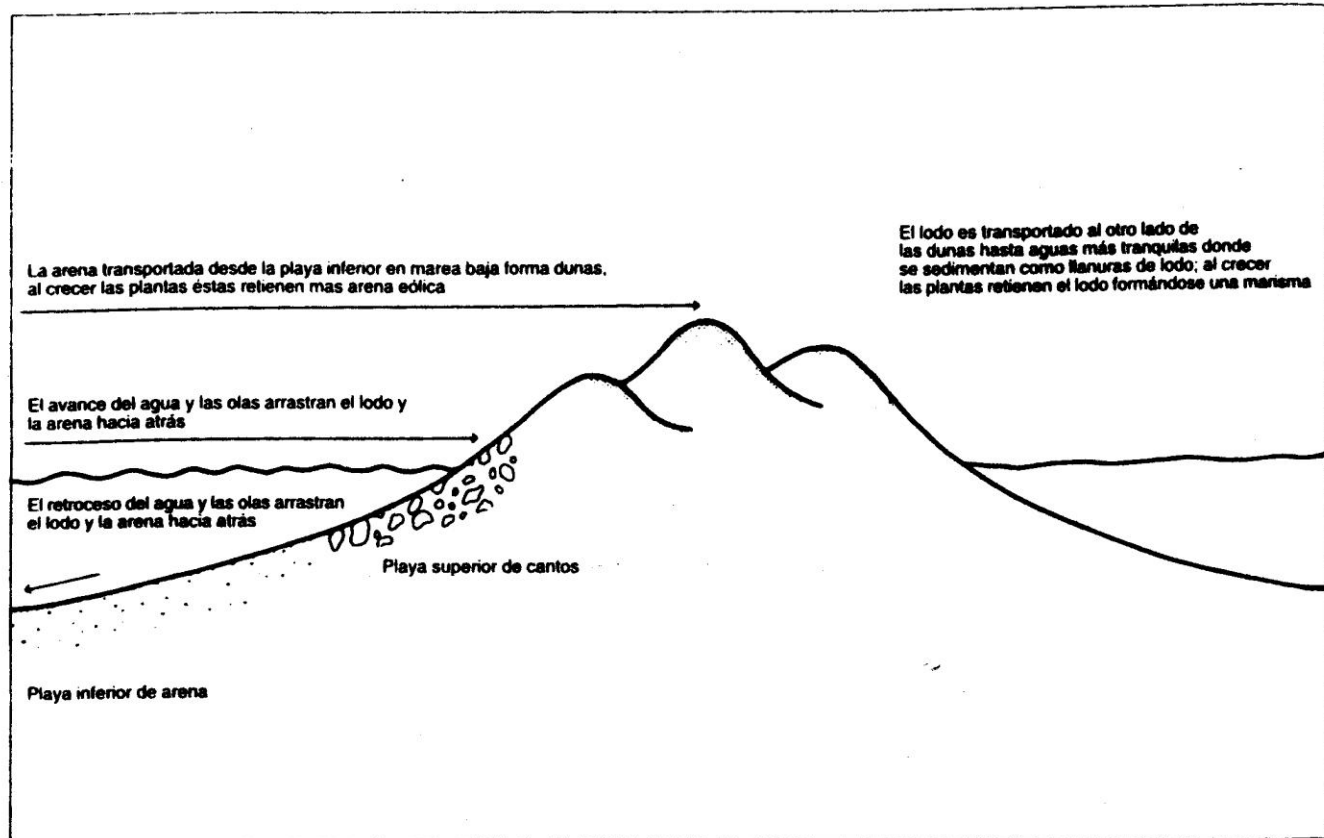


Fig. 2.15. Características deposicionales de las costas

Perfil típico de un suelo residual

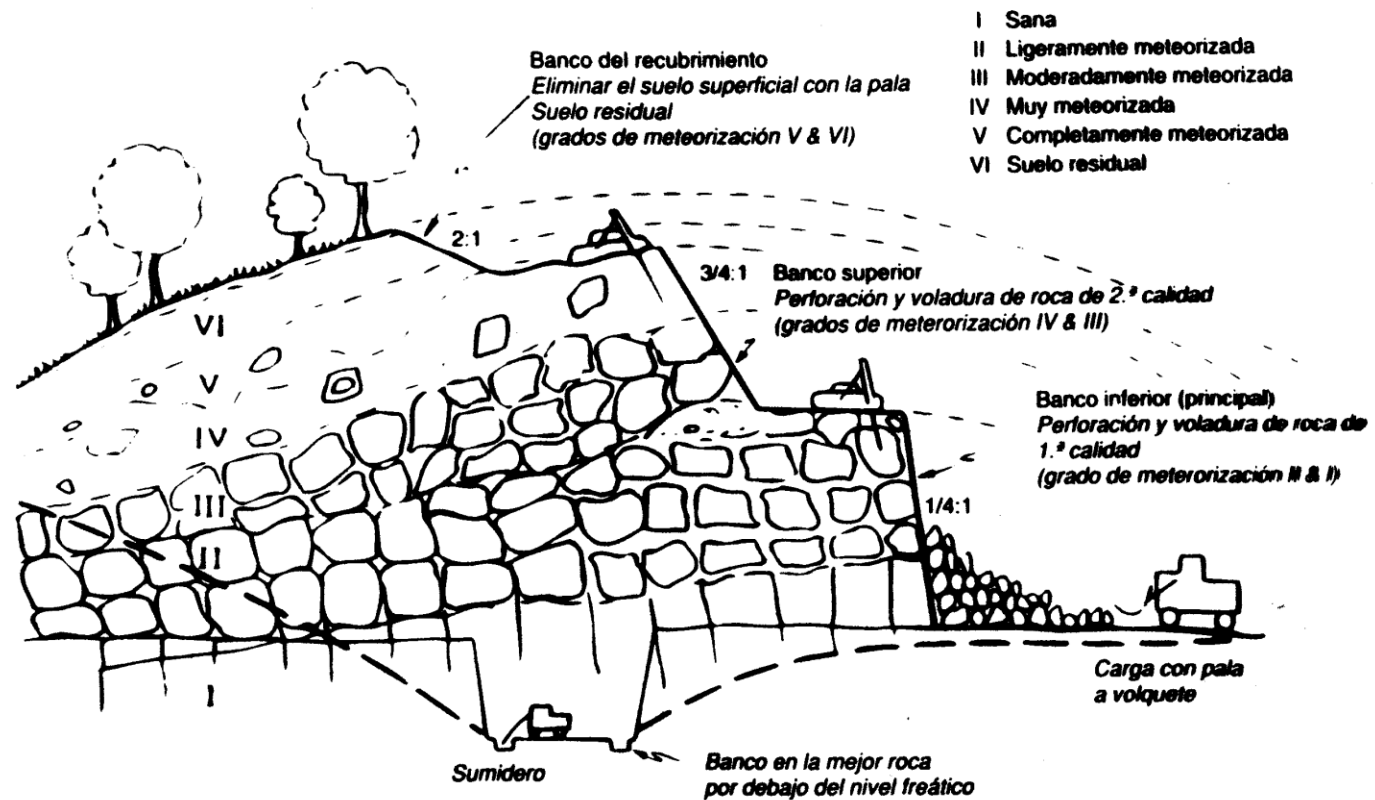
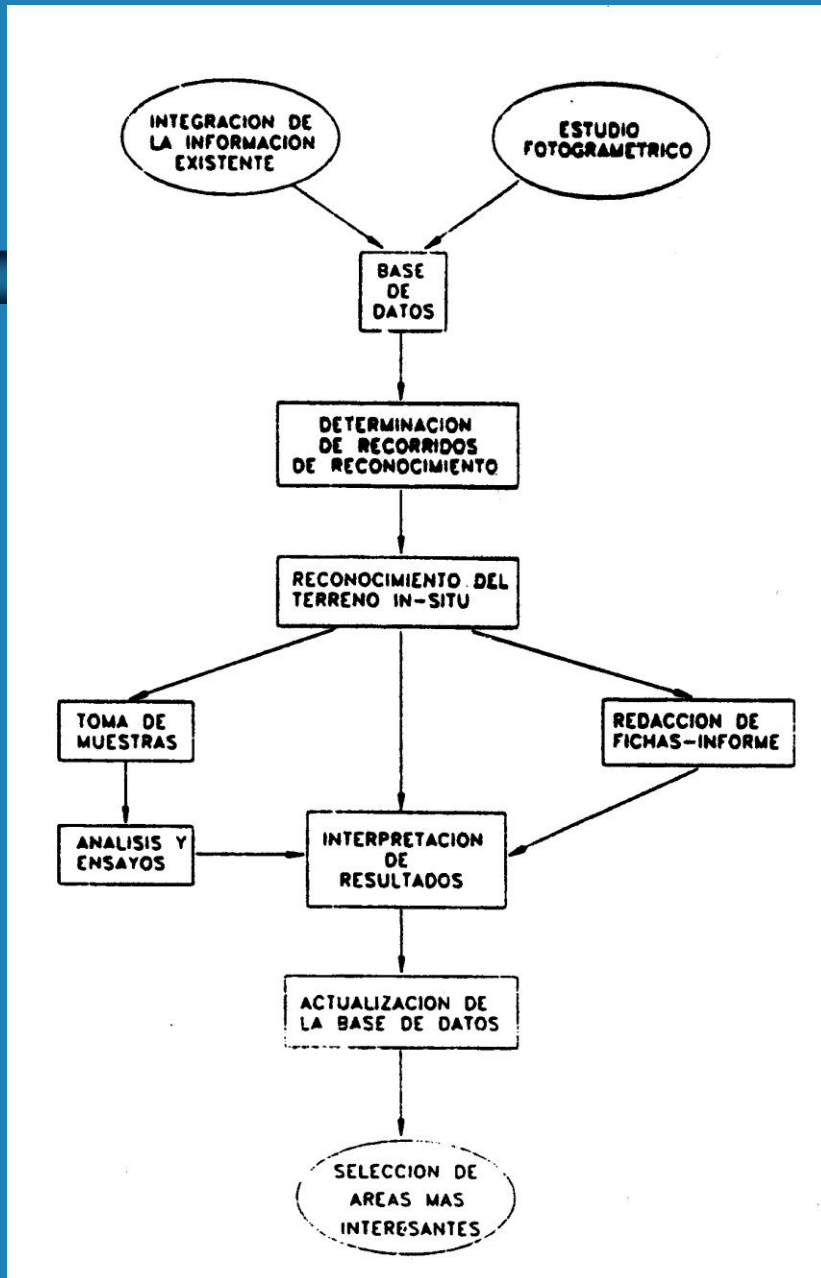


Fig. 2.20. Explotación correcta en una roca meteorizada recubierta por un suelo residual (Fookes 1991).

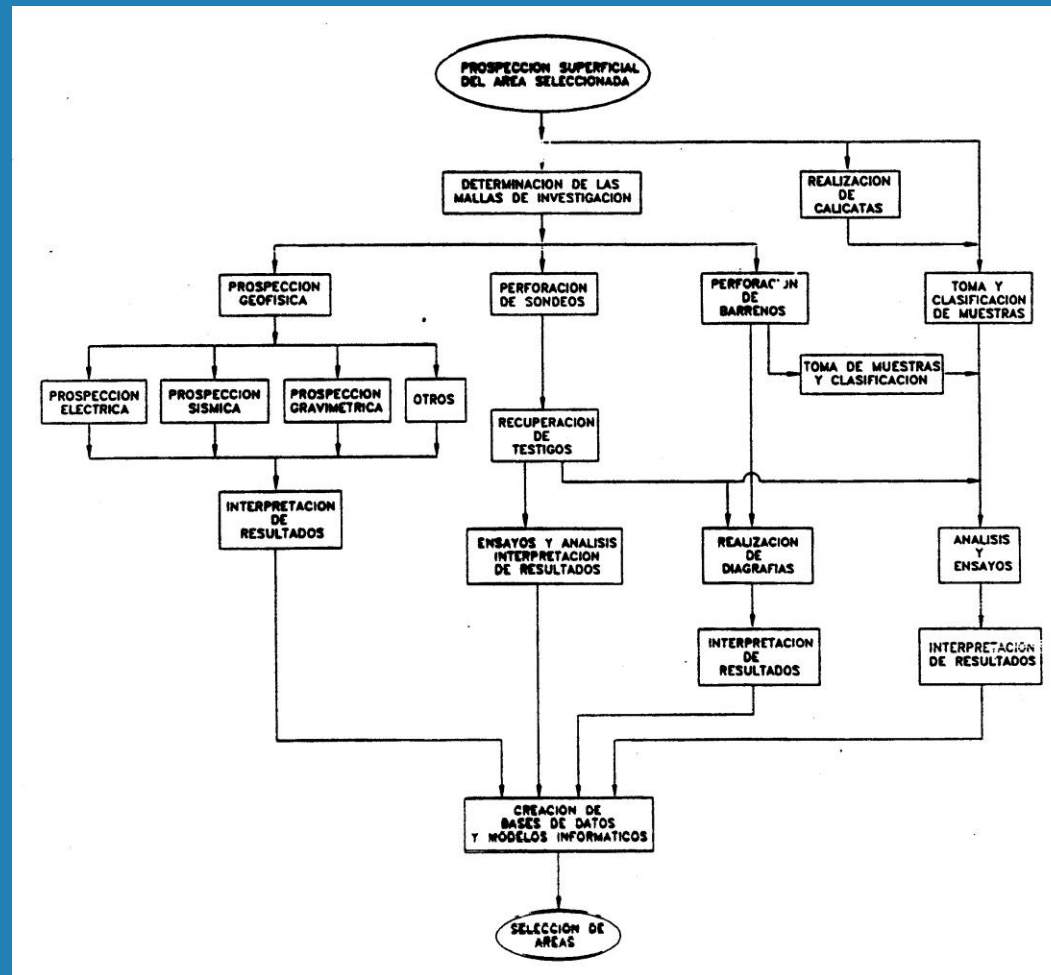
Exploración Preliminar De Yacimientos De Áridos

- A. Estudio documental y cartográfico
- B. Reconocimiento preliminar
- C. Toma de muestras
- D. Elaboración de datos
- E. Selección de área para la investigación

Trabajos de prospección en un área de interés.



Investigación de un área con potencial de áridos



Muestras de suelo para análisis de laboratorio Bahía de Caráquez



Explotación de una cantera con equipo caminero



Excavación de Calicatas con retroexcavadoras





**Pruebas de
permeabilidad en
calicatas**



Adquisición de muestras alteradas de suelo para ensayos de laboratorio

Sondeo eléctrico para determinar el perfil estratigráfico, Esmeraldas



Perforación y pruebas de resistencia en suelos



Información que debe contener un SIG para explotación de áridos

- Mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes “raster”.
- Mapas geológicos, litológicos, estructurales y sedimentológicos.
- Mapas hidrogeológicos y piezométricos.
- Mapas de utilización del suelo.
- Mapas de planeamiento urbano e industrial.
- Tendencias previsibles de crecimiento urbano.
- Esquemas de trazado de comunicaciones y servicios.
- Mapas de zonas de reserva.
- Ubicación de explotaciones activas e inactivas.

Yacimientos de áridos artificiales

- **Estériles mineros**
- **Escorias de horno alto y de acería**
- **Materiales de demolición**

Labores de extracción y tratamiento de agregados

- Planificación de la explotación.
- Separación y eliminación de la montera y el estéril.
- Diseño de las voladuras.
- Métodos de transporte y carga del mineral
- Selección y planificación del equipo.
- Cálculo y mejora de las instalaciones de recuperación de material.
- Labores de protección medioambiental.

Objetivos del diseño de una explotación de agregados en el aspecto geométrico

- Apertura de frentes.
- Diseño de los bancos, taludes y bermas.
- Accesos principales.
- Diseño de las rampas y caminos
- Drenaje y desagüe
- Vertedero

Objetivos de una explotación de agregados desde el punto de vista operacional

- Planteamiento del ritmo de producción.
- Vida de la explotación (reservas/ritmo).
- Distribución espacial de la roca.
- Ratios de trabajo o secuencia de la explotación.
- Terrenos disponibles, ubicación de vertederos, etc.

Factores a tener en cuenta en el diseño de una explotación de agregados

- Definición de la parte explotable del depósito. (*Propiedades, topografía, geología*).
- Cantidad de recubrimiento, estéril o material no vendible. (*Economía fundamental del corte*).
- Estructura geológica y características tectónicas del yacimiento. (*Geotecnia de la explotación*).
- Hidrogeología y sistemas de desagüe.
- Litología de los tipos de rocas y variaciones laterales. (*Selección de equipos y costos*)

Operaciones básicas de extracción en canteras de agregados de trituración

- Desmante del recubrimiento y preparación del frente.
- Fragmentación primaria (arranque).
 - * Por voladura con explosivos.
 - * Por ripado.
- Fragmentación secundaria y carga.
- Transporte a la planta de tratamiento.

Fragmentación primaria en canteras de agregados

- Una buena fragmentación primaria reduce los costos de la planta de machaqueo y de los equipos móviles.
- La voladura primaria debe obtener una fragmentación óptima.
- La estructura geológica, el tipo de roca y sus propiedades determinan el diseño de la perforación y voladura.
- La “piedra” y el “espaciado” determinan el volumen de material de cada voladura

La fragmentación secundaria

- Necesaria incluso en voladura bien diseñada
- Se hace por uno de los sistemas siguientes:
 - * Pegas secundarias o taqueo. (*Es caro y requiere precisión, implica perforación de taladros, explosivo gelatinoso, daño al medio ambiente, etc.*).
 - * Mazas hidráulicas. (*Bolas de acero que se dejan caer desde dragalinas . Lento y con peligro de proyección de rocas*).
 - * Martillos rompedores hidráulicos (*ventajosos*).

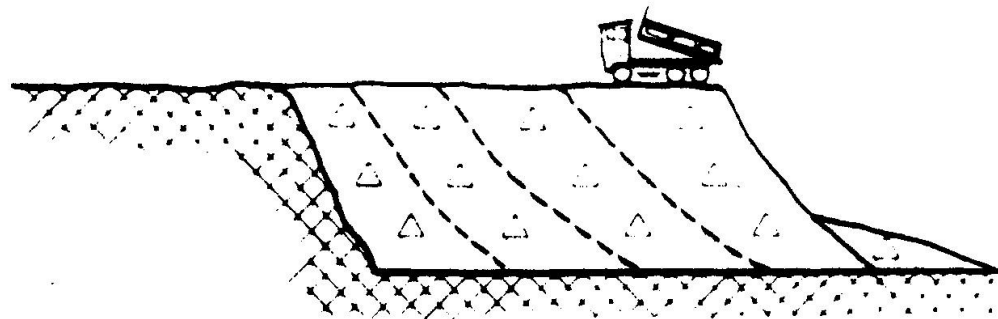
La carga

- El diseño de la maquinaria de carga depende de la producción, del tipo de roca, de la altura y disposición de los bancos, de la granulometría y de los medios de transporte disponibles.
- Las máquinas de excavación y carga más empleadas en rocas duras son: Palas frontales de cable o hidráulicas, retroexcavadoras hidráulicas, palas sobre ruedas de cazo frontal y cargadoras sobre orugas.

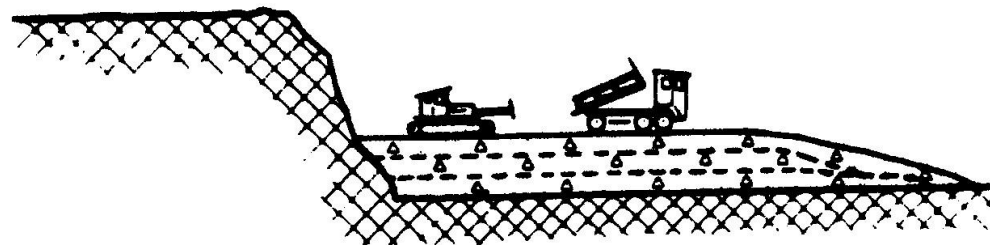
El transporte

- Es el proceso final del proceso de extracción.
- Se usan volquetes normales o articulados (*en caso de canteras pequeñas o con espacio de maniobra limitado*).
- Capacidades normales entre 15 y 75 t, con tendencia a grandes volquetes de 100 a 150 t.
- El transporte es un factor esencial del costo.
- Atención a las pendientes, los radios de las curvas y los fragmentos de roca en la plaza.
- Es conveniente situar las machacadoras en la cantera o cerca de ella (*Cintas transportadoras*).

Métodos de vertido estériles

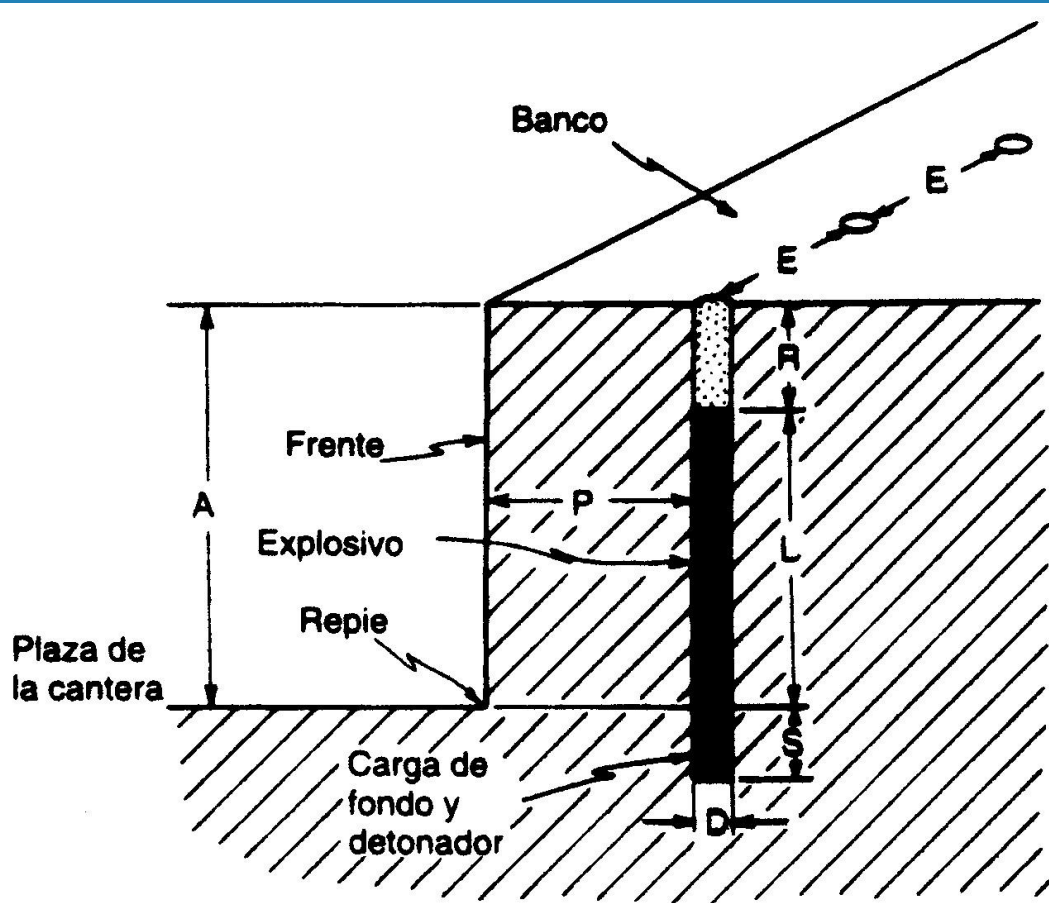


VERTIDO POR BASCULAMIENTO FINAL - SIN COMPACTACION



VERTIDO EN TONGADAS - COMPACTACION

Esquema de una voladura en banco



A Altura

P Piedra

E Espaciado de los barrenos

R Retacado

S Sobrerperforación

D Diámetro del barreno

L Longitud

Variables de diseño

Esquema de una voladura en banco

H= Altura del banco

D= Diámetro del barreno

L= Longitud del barreno

d= Diámetro de la carga

B= Piedra nominal

S= Espaciamiento normal

LV= Longitud de voladura

AV= Anchura de voladura

Be= Piedra efectiva

Se= Espaciamiento efectivo

T= Retacado

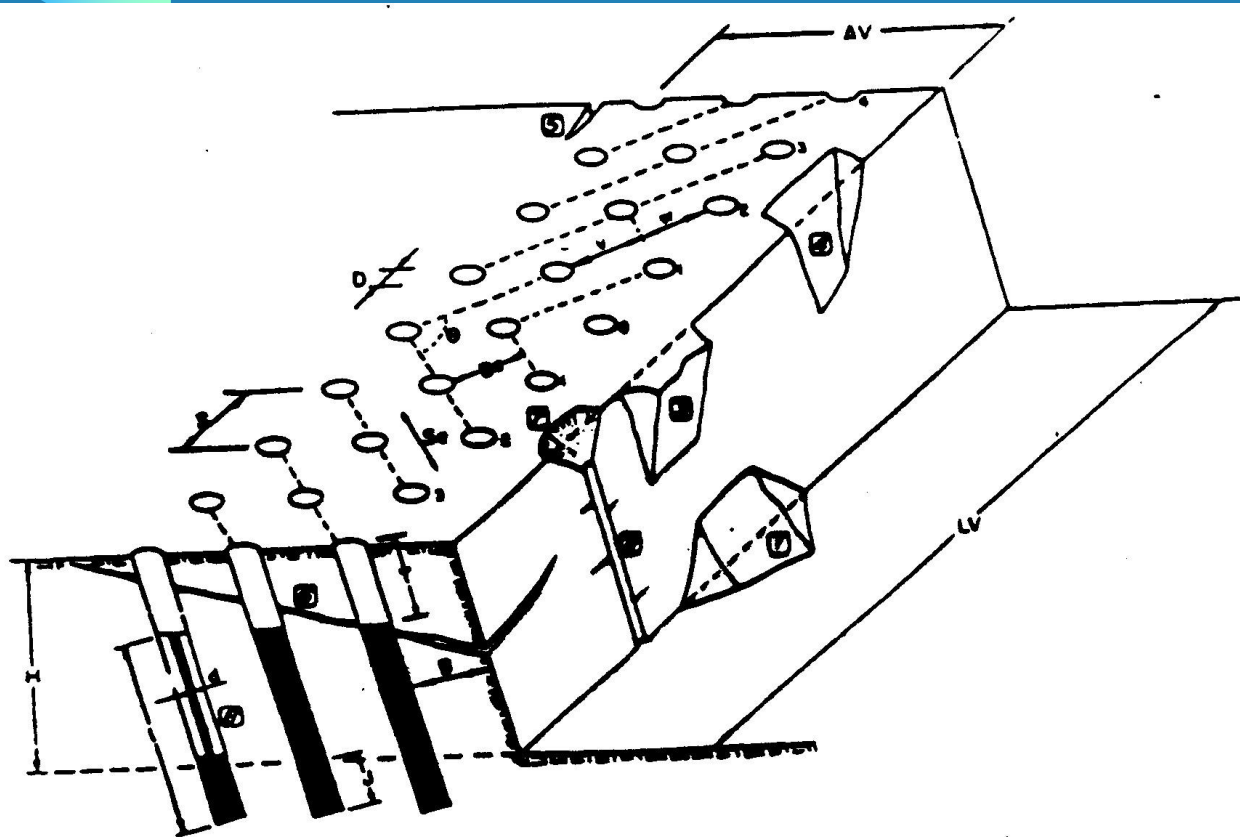
J= Sobreperforación

I= Longitud de carga

θ = Angulo de salida

V/W = Grado de quilibrio

Tr= Tiempo de retardo



El ripado (1)

- Es la fragmentación primaria conseguida por medios mecánicos, sólo posible si la roca es poco cohesiva, lajada, fracturada o diaclasada.
- Se hace con escarificador trasero colocado en tractor sobre orugas.
- Tiene ventajas por el ahorro en la preparación del terreno y en el impacto ambiental.
- La mayor ventaja económica se produce en la acumulación de acopios, en la carga con mototraílla y el arranque con bulldozer

El ripado (2)

- La aptitud para el ripado viene dada por:
 - * La frecuencia de fracturas, el grado de meteorización y los planos de debilidad.
 - * La cristalinidad y naturaleza de la roca
 - * La resistencia al impacto.
 - * La estratificación o laminación entre capas.
- La “ripabilidad” se obtiene por la velocidad de propagación de ondas sísmicas.

Explotación de graveras

- Diferencias principales con la explotación de canteras: *Mayor uso del terreno y control más inmediato del medio ambiente y la restauración.*
- Convencionalmente se dividen en graveras consolidadas o no, y graveras en seco o subfreáticas.
- En las graveras subfreáticas, la decisión de bombear depende del espesor del depósito, la permeabilidad, el uso del acuífero, el uso futuro previsto y las exigencias de restauración.

Técnicas y equipos de excavación en graveras (1)

- Dependen del tipo de depósito, la topografía general de la zona, las condiciones de restauración y la escala. El factor más importante es la ausencia o presencia de agua en la excavación.
- En excavaciones bajo el nivel freático se emplea la dragalina de pluma larga. Es adecuada para agregados gruesos, tiene menor rendimiento (75%) en arenas y es inoperante para depósitos de más de 10 m de profundidad.
- Las dragas flotantes son adecuadas para depósitos poco consolidados, pero pueden instalarse cabezales de corte y cántaras en las tuberías de succión.

Técnicas y equipos de excavación en graveras (2)

- La excavación en seco es más eficaz que bajo el nivel freático. Se usan dragalinas, que son convenientes para depósitos de más de 5 metros de espesor; excavadoras hidráulicas, que son rápidas y manejables; palas frontales de ruedas se emplean en depósitos poco consolidados, como dunas o playas; en EE. UU. se usan mototraíllas y palas de cadena que permiten trasladar el agregado a grandes distancias.

Explotación de agregados submarinos (1)

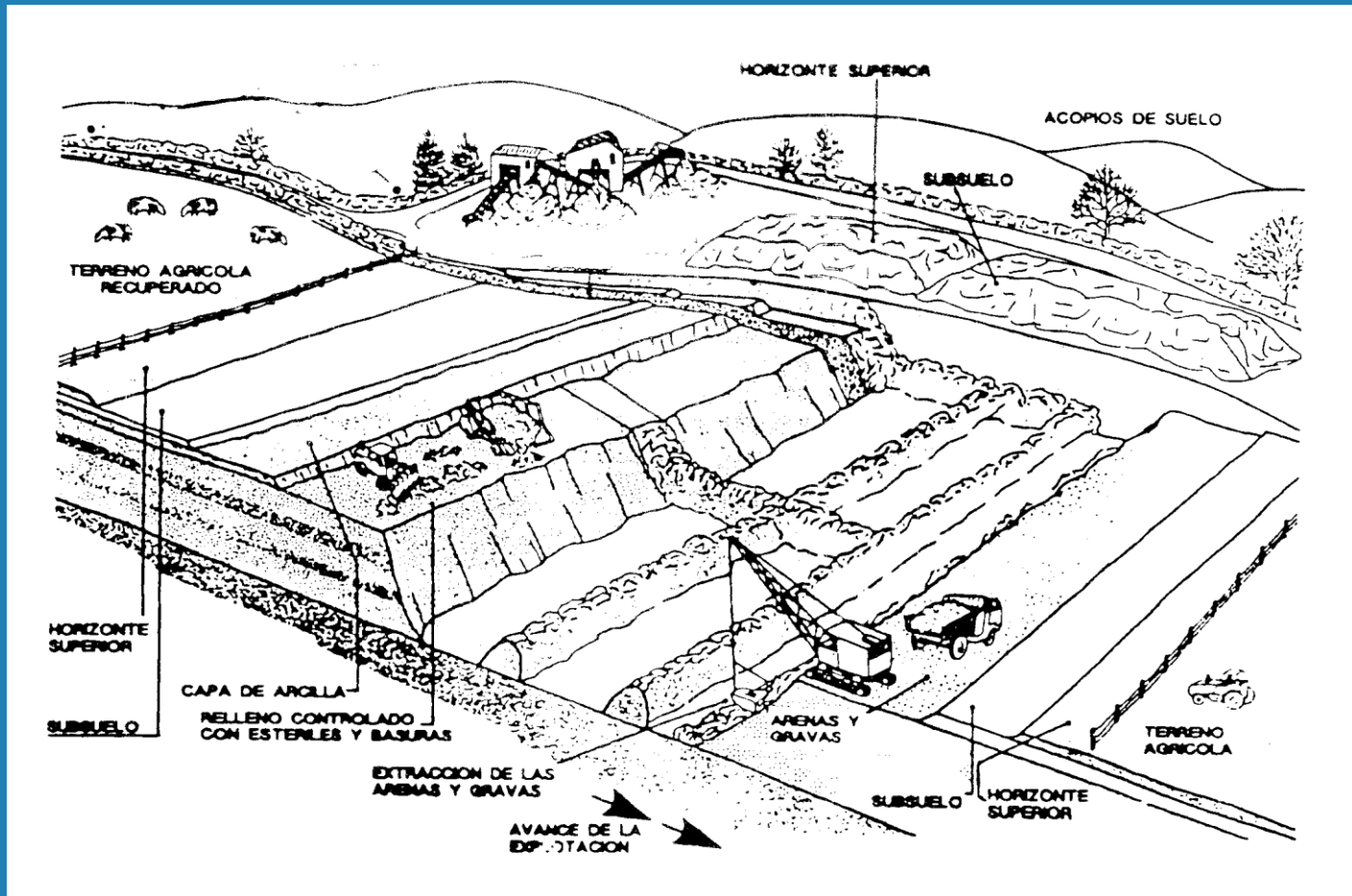
- En 1989 se explotaron 20 Mt de agregados submarinos en Gran Bretaña, de los que 16 se destinaron al consumo interno. Japón produjo 80 Mt en 1989.
- Actualmente el 16% de los agregados de Gran Bretaña son submarinos. En EE.UU. está aumentando la producción subacuática por dragado.
- Se puede hacer dragado anclado y en marcha.

Explotación de agregados submarinos

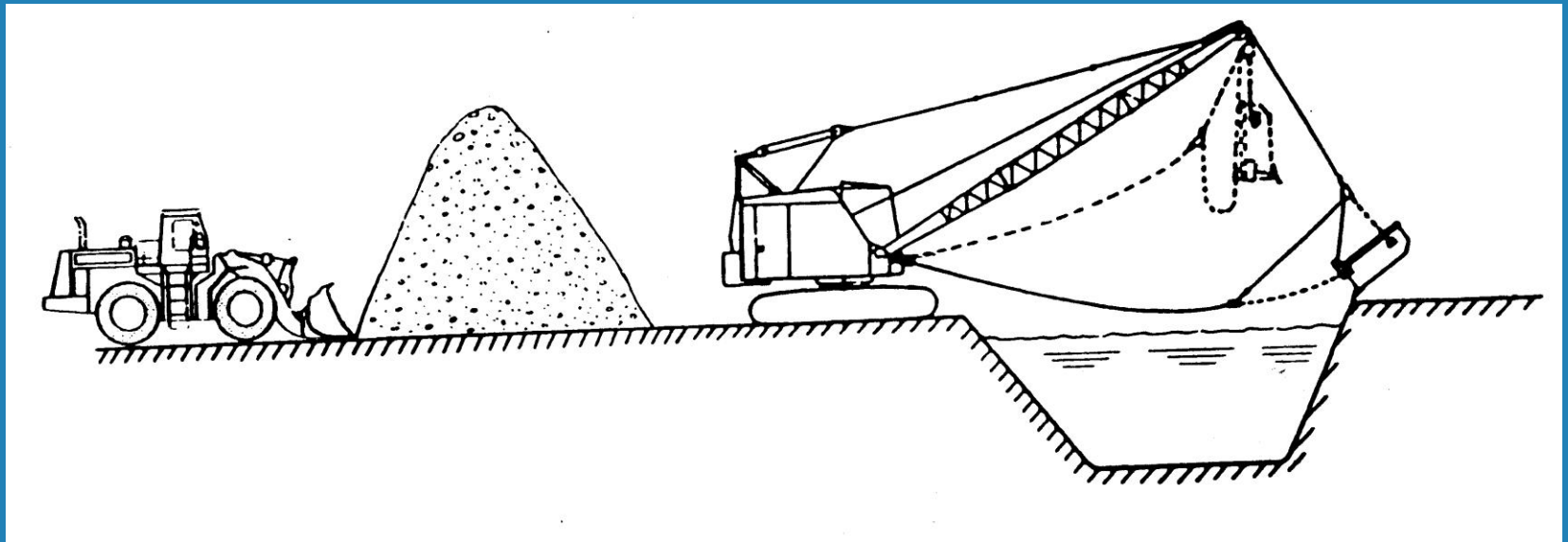
(2)

- El dragado anclado se lleva a cabo en pozos submarinos, por succión. El material se desliza hasta el fondo del pozo. Es ventajoso para depósitos profundos. Es poco preciso en la localización y tiene baja recuperación. Desde el punto de vista medioambiental es perjudicial.
- En el dragado en marcha, el barco desplaza el cabezal de dragado, y hace trincheras superficiales en el fondo. Las bombas hidráulicas actuales permiten trabajar con 45 m de lámina de agua y una descarga de 2000 t/hora. Es necesario eliminar diez partes de agua por cada parte de sólido, y separar en tierra los finos

Explotación de gravera en condiciones secas y con restauración simultánea



Explotación de materiales granulares utilizando Drage Line.



Aspectos medioambientales de la explotación de agregados

- La preocupación medioambiental es un factor importante en el diseño de explotaciones y plantas de tratamiento de agregados.
- Los problemas principales en la cantera son el ruido, el polvo en suspensión (enfermedades auditivas y respiratorias).
- En relación con el exterior, los problemas son el impacto visual, el ruido, el polvo y las vibraciones.

El ruido

- La medida del ruido se hace en escala logarítmica (dB), expresando la duración y la distancia a la fuente, en frecuencia de 1 a 10 kHz (percepción humana). (dBA).
- Niveles: Susurro (30 dBA). Conversación normal (60). Motor diesel a 1 m (90). Umbral de dolor (120).
- En la U.E. se exige que el ruido no supere los 85 dBA durante 8 horas, ni los 130 dBA en ningún momento. Si la explotación es mayor de 85 dBA hay que poner avisos y protección auditiva.
- Los fabricantes de equipos deben dar información sobre el ruido de los mismos. Cabinas antiruido.

El Polvo

- Se deben suprimir en origen, en lo posible, con chorros de agua o protegiendo el equipo con un diseño adecuado.
- El polvo respirable (partículas menores de 5 micras) deben reducirse a menos de 5 mg/m^3 .
- Son particularmente peligrosos los polvos silíceos y asbestiformes.
- Las fuentes de polvo son la perforación, el movimiento del tráfico y la descarga en tolvas o acopios.
- Soluciones: captadores de polvo en las perforadoras, riego en caminos y pulverizadores en puntos de descarga.

Las voladuras (*efecto de vibraciones*)

- Las voladuras producen ruido, polvo, y una sobrepresión que genera vibraciones molestas, conocidas como “detonación”.
- Para evaluar el daño potencial de una detonación se estudia la velocidad punta de partícula de la vibración (vpp), que es una función de frecuencia y amplitud de la vibración. Se buscan vpps de 10 mm/s o menos, a distancias específicas.
- Existe una relación estudiada entre la vpp, la distancia y el peso de la carga de explosivos. La reducción de la vpp se consigue reduciendo el peso de la carga instantánea (uso de retardo y microretardo)
- La estructura geológica tiene gran importancia.

Las voladuras (efecto de la detonación)

- La detonación es energía sónica de una frecuencia que está por debajo de la audible.
- Es una onda de energía propagada por el aire, por lo que le afecta la velocidad del viento, la temperatura, la humedad, la presión, etc.
- Para evitar la detonación, hay que procurar diseñar las voladuras de modo que la explosión quede en la roca. Para ello:
 - * **La voladura debe iniciarse en o cerca del fondo**
 - * **Eliminar o enterrar el cordón detonante**
 - * **Retacar convenientemente el barreno.**
 - * **Asegurar una piedra mínima y comprobar la no existencia incontrolada de fisuras en el frente.**

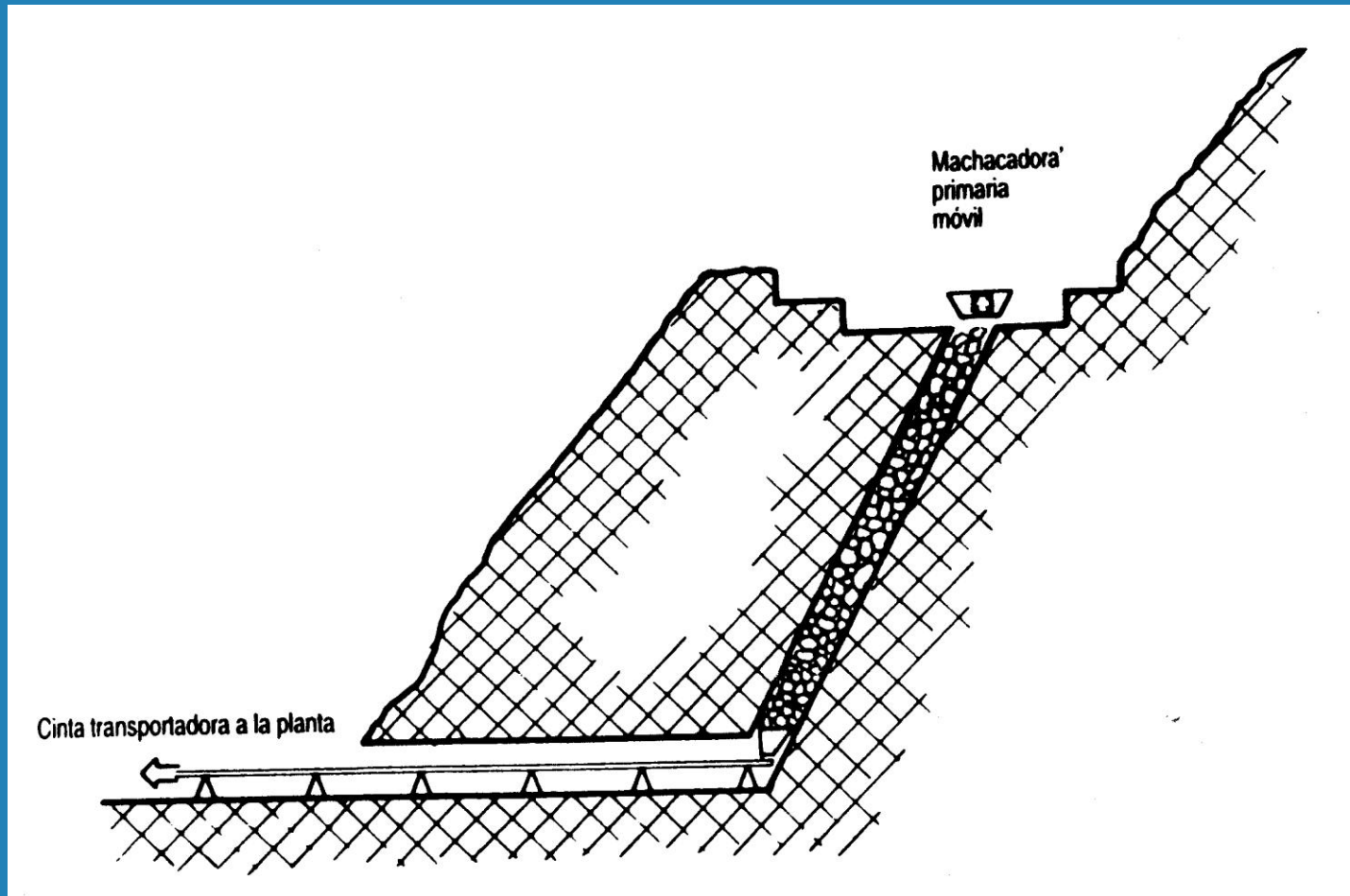
Algunos criterios para disminuir las molestias medioambientales (1)

- Sustituir ruidos internos y esporádicos (p. e. Volquetes) por ruidos sordos y continuos (p. e. Cintas.)
- Construir barreras sónicas perimetrales, que sirven de acopio y actúan también de barreras visuales.
- Concentrar los ruidos inevitables en las horas del día.
- Regar las zonas de carga y cubrir las cargas de los volquetes.
- Proteger contra el viento los acopios y cintas con finos.
- Ubicar los vertidos y acopios en zonas protegidas.
- Programar o retrasar las operaciones con mucho polvo.
- Apantallar o esconder visualmente las explotaciones.

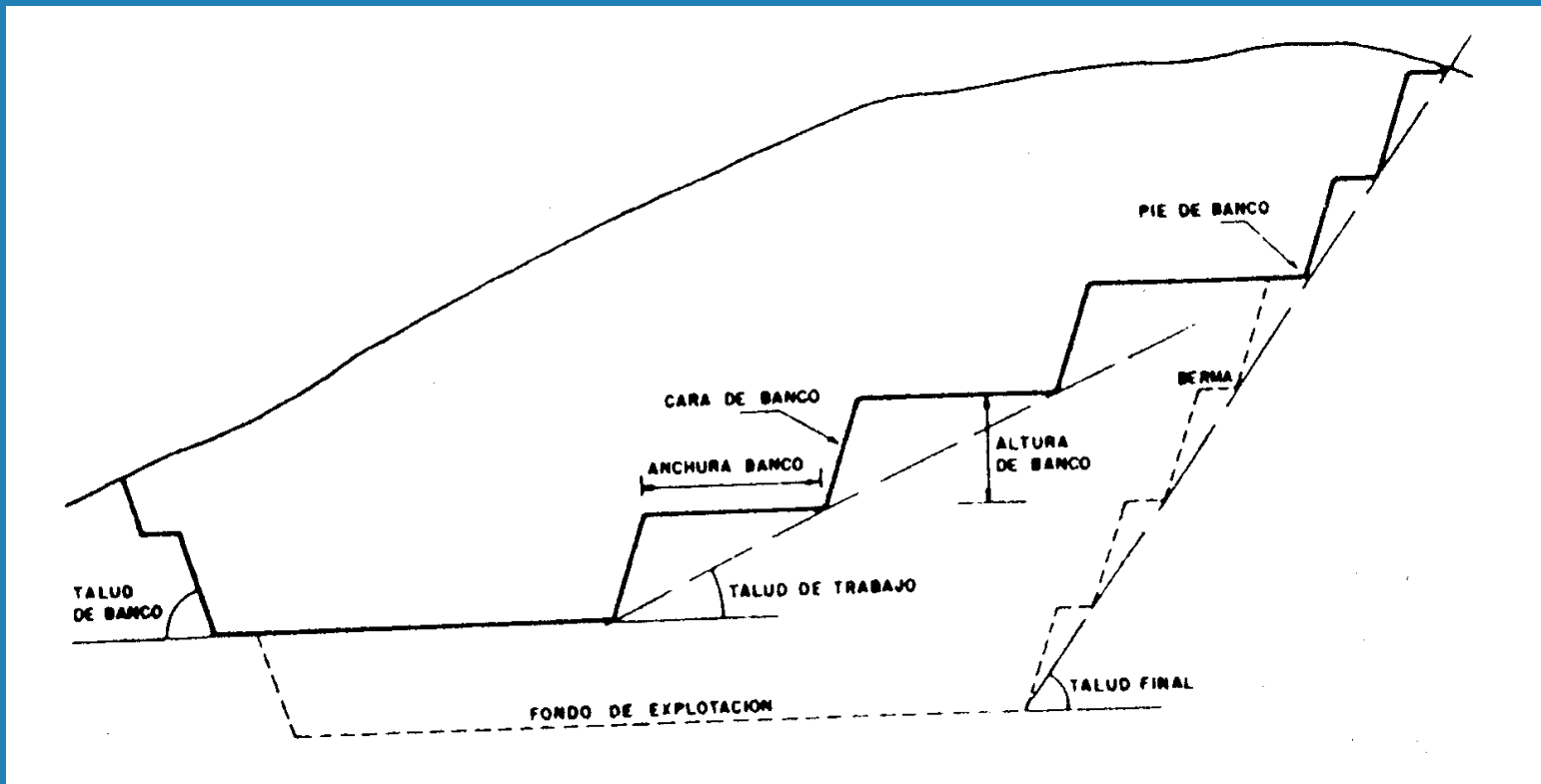
Algunos criterios para disminuir las molestias medioambientales (2)

- Orientar los frentes, reducir la altura de banco, seleccionar la dirección de explotación teniendo en cuenta el impacto visual.
- Prever la restauración del terreno.
 - * Contemplar el futuro agrícola o forestal
 - * Posible uso de graveras subfreáticas para deportes acuáticos, actividades de ocio, etc.
 - * Explotaciones inactivas profundas como almacenamientos de agua

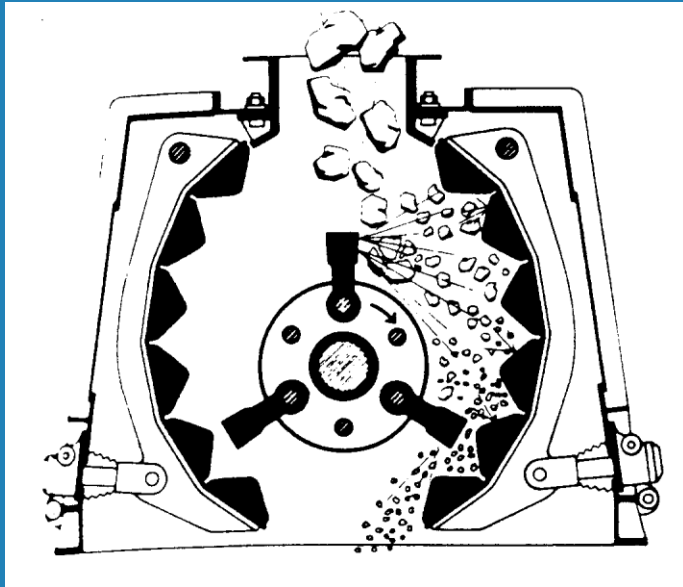
Operación de vertido a cinta a través de pozo vertical o Glory Hole



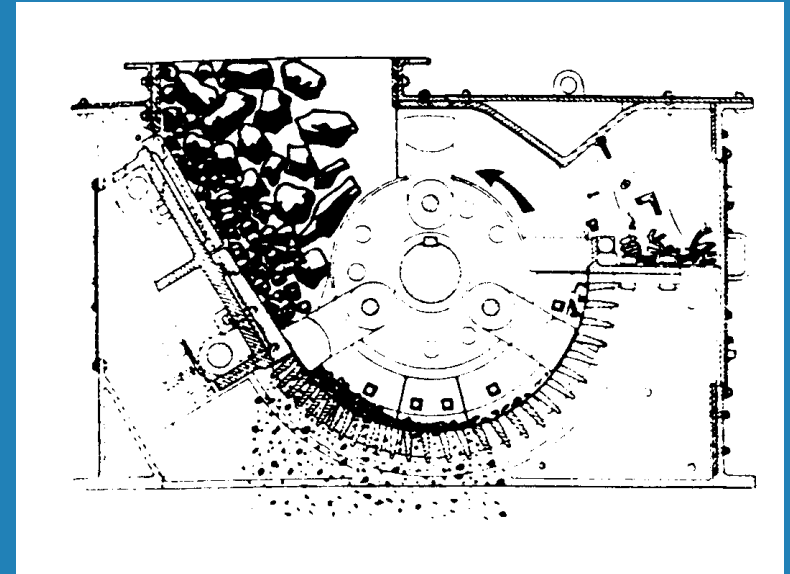
Terminología utilizada en una explotación a cielo abierto



Sistemas mecánicos para la trituración de rocas



Trituradora

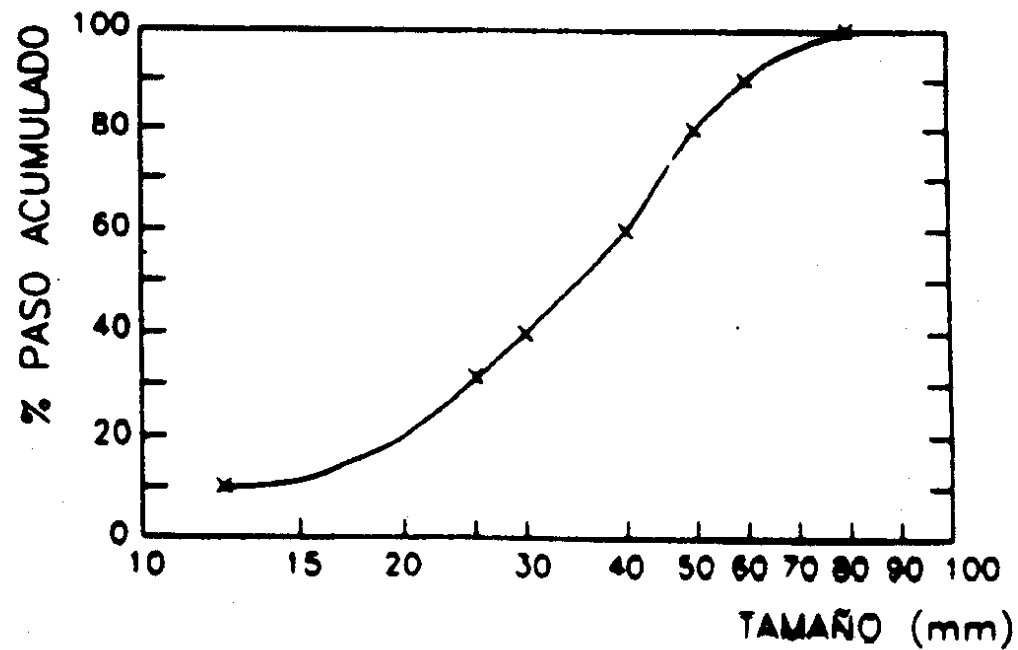


Molino de martillos

Resultados de un análisis granulométrico

LUZ (mm)	RECHAZO (Kg)	RECHAZO (%)	RECHAZO ACUMULADO (%)	PASO (%)
+80	0	0	0	100
+63	2.28	3.8	3.8	96.2
+50	7.62	12.7	16.5	84.5
+40	14.04	23.4	39.9	60.1
+31.5	11.70	19.5	59.4	40.6
+25	8.04	13.4	72.8	27.2
+12.5	8.94	14.9	87.7	12.3
-12.5	7.38	12.3	100.0	0
TOTAL	60.0	100.0		

Curva granulométrica



La Ley de Minas

- Todos los yacimientos de origen natural y demás recursos geológicos existentes en el territorio nacional, mar territorial y plataforma continental son bienes de dominio público del Estado, sin perjuicio de que pueda ceder temporalmente a otros su aprovechamiento.
- Hay obligación de investigar las minas y mantener las explotaciones en actividad, so pena de caducidad.
- No afecta a la extracción ocasional o de escasa importancia de recursos en suelo propio

Agregados para Filtrado

- Suponen un volumen total pequeño, pero tienen una importancia grande en la industria.
- Las tres aplicaciones principales son:
 - * *Filtrado de agua para el consumo.*
 - * *Tratamiento de aguas residuales.*
 - * *Filtros de drenaje en obras de ingeniería civil.*
- Cada aplicación tiene sus especificaciones concretas
- Normalmente arenas, gravas, rocas trituradas y agregados artificiales (escorias de alto horno)

Propiedades generales de los agregados para filtrado

- Las propiedades claves son: granulometría, tamaño de partícula, resistencia y durabilidad.
- Estas propiedades influyen en la facilidad de construcción, permeabilidad, estabilidad y longevidad.
- Las propiedades de las capas filtrantes son: estabilidad estructural (sobre todo si no está confinada), durabilidad, alta permeabilidad, no movilidad de los finos, resistencia a las heladas, a la agresión salina, al ataque químico y a las disoluciones internas.

Agregados ligeros

- **Clasificación RILEM:**

- * **Materiales naturales no tratados** (*calizas organógenas, travertinos, lapilli, escorias, tobas volcánicas, polvo de sílice, diatomitas*).
- * **Materiales naturales preparados** (*arcilla expandida, vermiculitas, diatomita expandida, arcilla aglomerada o sinterizada, pizarras y esquistos expandidos, crudos cerámicos, etc.*)
- * **Residuos industriales no tratados** (*escoria de horno alto molida o enfriada al aire, cenizas volantes, hormigón celular machacado, etc.*).
- * **Residuos industriales preparados** (*escorias o cenizas volantes expandidas, escoria de hierro aglomerada, vidrio expandido, etc.*).
- * **Materiales orgánicos** (*plásticos, cáscaras de cereales, partículas y fibras de madera, etc.*).

Materias primas para fabricación de agregados ligeros

- Perlita. Agregados ultraligeros (*30 a 180 Kg/m³ de densidad aparente, obtenido por calentamiento de vidrios volcánicos riolíticos a 900 – 1100° C*).
- Contiene cierta cantidad de agua (7 – 9%) y presenta aspecto petrográfico vítreo con fracturas que limitan pequeñas esferas.
- La composición del producto calcinado está ligada a la temperatura de expansión.

ÁRIDOS REACTIVOS

- REACCIÓN ÁRIDO- ALCALI
 - * Álcali-Sílice
 - * Álcali-Silicato
 - * Álcali-Carbonato
- OXIDACIÓN ÁRIDOS SULFUROSOS
- OTRAS REACCIONES (ceolitas, óxido de Mg, wollastonita, etc.).

OXIDACIÓN DE ÁRIDOS SULFUROSOS

- Los sulfuros (pirita, marcasita, pirrotina, etc.) se oxidan a sulfatos en contacto con el aire atmosférico.
- En contacto con la portlandita puede transformarse a sulfato cálcico.
- Los sulfatos reaccionan con el aluminato tricálcico del cemento portland dando lugar a la formación de estringita expansiva ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$)
- RIESGOS:
 - * Zonas aireadas, humedades y de alta t^a .
 - * Cementos ricos en aluminato tricálcico.
 - * Menor riesgo que en el caso de un ataque por yesos (estado sólido no significativo)

Reacción Álcali-Sílice (RAS)

- Reacción de los álcalis con áridos con formas de sílice pobremente cristalinas: ópalo, calcedonia, tridimita, cristobalita y vidrio volcánico.
- Los áridos son peligrosos cuando éstos minerales se presentan en cantidades entre 1 y 5 %.
- La expansión del hormigón es relativamente rápida; el agrietamiento de las estructuras se observa dentro de los 10 años posteriores a su construcción.

Reacción Álcali-Carbonato (RAC)

- Los porcentajes minerales peligrosos son difíciles de establecer ya que parámetros texturales parecen incidir significativamente.
(Contenido en arcilla o residuo insoluble 5 a 25%)
(Relación calcita/dolomita)
- La expansión del hormigón es temprana, el agrietamiento de las estructuras puede mostrarse dentro de los 5 años posteriores a su construcción.



Ensayos de laboratorio para prevenir la reacción Árido-Álcali

- Ensayos petrográficos (sentido amplio)
- Ensayos Químicos (Método cinético)
- Ensayos de Hormigón
- Ensayos Ultraacelerados

Medidas preventivas contra la reactividad Árido-Álcali

- Uso de árido no reactivos
- Uso de cemento de bajo contenido en álcalis (aprox. 0.6% Na_2O eq.)
- Limitar el contenido en álcalis de la mezcla de hormigón
- Uso de materiales cementicios suplementarios (humos de sílice, cenizas volantes, etc.)
- Diseño de estructuras óptimo que facilite el aislamiento o drenaje apropiado del agua.

EXPANSIÓN

- Las expansiones pueden llegar a originar desplazamientos de diferentes porciones de una estructura
- Como el deterioro del hormigón debido a RAA es lento, el riesgo de catástrofe es bajo.
- La RAA puede exacerbar otros mecanismos de deterioro (hielo-calor, deshielo, ataque por sulfatos) y a la inversa.
- Algunos de los mayores problemas de RAA detectados corresponden a presas de centrales hidroeléctricas

AGRIETAMIENTO

- Las estructuras afectadas por RAA se caracterizan por presentar un característico patrón de grietas rodeando al árido. (visión óptima durante el secado del hormigón mojado)
- Procesos que dan lugar al agrietamiento:
 1. Formación del gel sobre la partícula del árido reactivo
 2. Absorción de agua por el gel.
 3. Aumento del volumen del gel que ejerce una presión $>10\text{MPa}$ en todas direcciones.
- ESQUEMA

FASES DE AGRIETAMIENTO

- FASE 1. La parte superficial pierde humedad: **suave retracción por secado**
- FASE 2. RAA + formación de gel (la formación del gel puede originar reducción inicial del volumen) + absorción de humedad + hinchamiento + presión = **separación de las grietas superficiales y posible exudación del gel.**
- FASE 3. RAA Continúa hasta:
 - * La sílice se termine
 - * El pH se reduzca
 - * Haya suficiente secado superficial

Métodos de ensayo para la evaluación de la RAA

- **Estudios de Laboratorio**

- * Examen Petrográfico (ASTM C 295)

- * Ensayo Químico

- (ASTM C289 –No recomendado-)

- (P 18 589 “Ensayo Cinético”)

- No recomendado para reacciones de cinética lenta-

- * Ensayo Acelerado de barras de mortero

- (CSA A23.2-2-25A) (ASTM 1260)

- * Ensayo de prismas de Hormigón

- (CSA A23.2-14A) (ASTM C 1293)

Examen petrográfico del hormigón

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

- Tipos de rocas y minerales presentes como árido: proporciones, grado de alteración, interacción con la pasta, etc.
- Naturaleza tamaño y estado de los granos de clinker remanentes, geles de hidratación, hidróxido cálcico o carbonatación.
- Presencia y naturaleza de cualquier poro o grieta rellena.
- Cualquier evidencia de orientación, segregación o corrosión.
- Evidencia de ataque de sulfatos, heladas, ataque químico, reacción árido-álcali, etc.

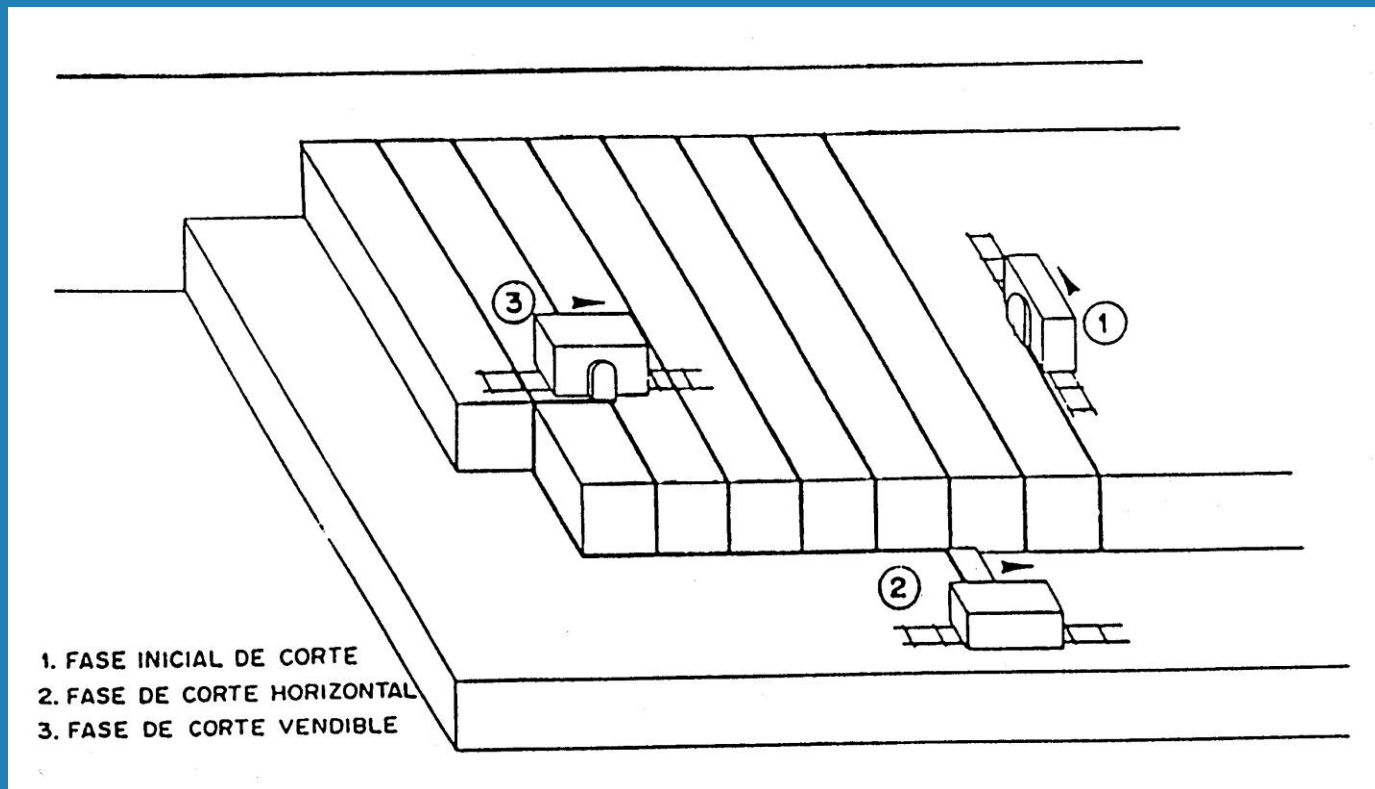
El ciclo de la piedra natural

- Exploración
- Investigación
- Caracterización
- Explotación
- Tratamiento
- Recuperación de residuos
- Comercialización
- Utilización en obras
- Control de calidad
- Protección
- Medioambiental
- Financiación
- Legislación
- Seguridad

ASPECTOS MINEROS DE LA PIEDRA NATURAL

- Investigación del Yacimiento
- Inicio de la Explotación
- Extracción de bloques o rachones. Técnicas tradicionales. Nuevas técnicas.
- Disminución del bloque. Obtención de tablas y productos dimensionados.
- Acabado de los productos: Pulido, abujardado , flameado, dejado de sierra, etc.

Explotación de canteras utilizando hilo metálico



Yacimiento de roca para explotación de piedra natural en bloques



Primer corte del bloque en yacimiento. Brasil. 2000



Segundo corte de bloque en cantera. Brasil. 2000



Bloques de roca listos para comercializar. Brasil. 2000



Construcción romana con piedra natural. España, 1998



Uso de la piedra natural a través del tiempo. Japón, 1990



Aspectos Normativos de la piedra natural

- Caracterización, normalización, certificación y homologación.
- La normalización de la piedra. Comités y grupos de trabajo
- Normas de ensayo y especificaciones
- Ensayos importantes y poco importantes, según la utilización prevista.

Losas para suelos y escaleras (1)

- Losas para suelos: Es pesor > 12 mm
- Losas para escaleras: Espesor ≥ 20 mm (excepto caontrahuellas).

Espesor Nominal (mm)	Tolerancia
≤ 15	± 1.5 mm
> 15 y ≤ 30	± 10 %
> 30 y ≤ 80	± 3 mm
≤ 80	± 5 mm

Losas para suelos y escaleras (2)

- El espesor se determinará por un análisis estructural u otros procedimientos que consideren las propiedades mecánicas de la piedra.
 - * Planeidad: La flecha, no excederá el 3% de la longitud y no superior a 3 mm.
 - * Longitud y anchura: Para determinar dimensiones ≤ 600 mm la tolerancia será de ± 1 mm. Para dimensiones mayores ± 2 mm.
 - * Ángulos: Para losas ≤ 600 mm la tolerancia punto, será de un mm y para losas mayores 2 mm.
 - * Ensayos: Flexión, Heladicidad, Absorción Abrasión y Rugosidad

Requisitos para pavimentos exteriores (Pr EN-1341)

- **Resistencia a las heladas:** El fabricante declarará el N° de ciclos de hielo-deshielo, que resiste la probeta antes del fallo. El prescriptor establecerá en un pliego de condiciones, el número de ciclos exigidos según, las condiciones climatológicas del emplazamiento.
- **Resistencia a la Abrasión:** Se utiliza el procedimiento Capon (método del disco) que consiste en medir la anchura de la huella que produce un disco de anchura 70mm, al rozar contra el material en presencia de un abrasivo (corindón).

Requisitos para pavimentos exteriores (Pr EN-1341)

...

- **Resistencia del deslizamiento:** Se mide el parámetro USRV, que representa la energía por rozamiento absorbida por el pavimento al pasar un péndulo de fricción por el mismo. El fabricante declarará el valor USRV obtenido en el laboratorio.

A título informativo, la norma indica que valores de USRV superiores a 35, pueden considerarse generalmente como seguros

- **Absorción de agua:** Cuando se solicite, el fabricante declarará el valor de la absorción de agua.
- **Descripción petrográfica:** El fabricante incluirá una descripción de la petrografía del material, así como el nombre petrográfico

Determinación del espesor de las placas para pavimentos exteriores (Pr EN-1341)

- Se utiliza la expresión

$$e = \sqrt{\frac{W \cdot M}{5400 \cdot R \cdot b}}$$

Donde:

L: Longitud de la placa en mm

W: Anchura de la placa en mm

R: Módulo de rotura en Mpa

e: Espesor en mm

P: Carga de rotura (KN) requerida según tabla de usos.

Determinación del espesor en las placas para pavimentos exteriores Pr EN-1341

USOS	P (KN)
•Decoración	No requiere
•Baldosas sobre mortero. Áreas peatonales	0.75
•Áreas peatonales y para bicicletas. Jardines y Balcones	3.5
•Accesos ocasionales de coches, vehículos ligeros y motocicletas. Entradas de garajes.	6.0
•Aceras, áreas comerciales, con paso ocasional de vehículos de emergencia o transporte.	9.0
•Áreas peatonales, utilizadas frecuentemente por vehículos pesados	14.0
•Carreteras y calles, gasolineras	25.0

El fabricante indicará el valor del Módulo de rotura, obtenido mediante ensayos de laboratorio.

Ensayos de durabilidad recomendados

- **Ensayos de choque térmico:**
 - * Determinación de oxidaciones y/o cambios de calor
 - * Determinación de la descohesión granular (mármoles)
- **Ensayos de atmósfera de SO₂:** Reproduce la lluvia ácida.
 - * Se determinan las alteraciones producidas en la piedra de diferentes atmósferas de humedad y concentración en SO₂.
- **Ensayos de Cristalización de sales:** Reproduce de forma acelerada, la alteración de la piedra por heladicidad.
- **Absorción de agua por absorción capilar:** Ensayo recomendado en Mampostería
- **Inmersión en ácido sulfúrico diluido:** Únicamente en areniscas.

Formación del precio final de venta de Granito en el extranjero

• Precio EXW (base 100)	→	100
• Transporte hasta puerto	→	7
Precio FOB	→	107
• Flete	→	42
• Seguro	→	3
Precio CIF	→	152
• Arancel Aduanero	→	9.12
• Transporte Interior	→	7
Costo para el Importador	→	168.12
• Gastos de Almacenamiento (10% s/costo)	→	16.81
• Margen para el minorista (40 %)	→	42.03
Precio de venta del importador	→	226.96
• Margen para el Minorista (40%)	→	90.78
Precio venta al público, antes impuestos	=	317.74

