

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera



Gema Fernández Maroto

Departamento de Ciencias de la Tierra y
Física de la Materia Condensada

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Áridos

- Materiales naturales de valor económico, formado por agregados minerales, repartidos de forma extensa en la corteza terrestre.
- Constituye el elemento mayoritario de todos los componentes empleados en construcción.
- Se puede utilizar directamente o mediante la mezcla con otros materiales aglomerantes como el betún, o conglomerantes como la cal o el cemento.



Áridos

- **Los materiales naturales susceptibles de utilización para fabricar áridos son muy abundantes.**
- **Se encuentran en todos los ambientes geológicos.**
- **Existen limitaciones para su explotación, referidas a:**
 - Tipología petrológica del material.
 - Forma, situación y características del yacimiento.
 - Demanda del mercado, precios, incidencia del transporte.
 - Legislación general y local.
 - Aspectos medioambientales.

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Áridos



Áridos

- **Edificación:** componente mayoritario del hormigón y de los morteros, así como de sus múltiples tipos de prefabricados de gran actualidad.
- **Carreteras:** los áridos están presentes en toda la sección, desde los rellenos de terraplenes, pedraplenes y todo-uno, hasta las capas específicas que van desde la explanada, subbases, bases granulares, con o sin tratamiento de conglomerantes hidráulicos o ligantes bituminosos, como en las capas superiores de mezclas bituminosas, hasta la de rodadura, o bien en los firmes rígidos de hormigón.
- **Ferrocarriles:** en las capas de subbalasto y balasto.
- **Presas:** relleno, filtro-dren, etc.
- **Otras aplicaciones:** escolleras y gaviones de protección de taludes en laderas y márgenes de ríos con problemas de inestabilidad o de erosión, filtros en sondeos de captaciones de agua, drenes, etc.

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Principales usos de los áridos



- Carretera.
- Hormigón.
- Balasto.

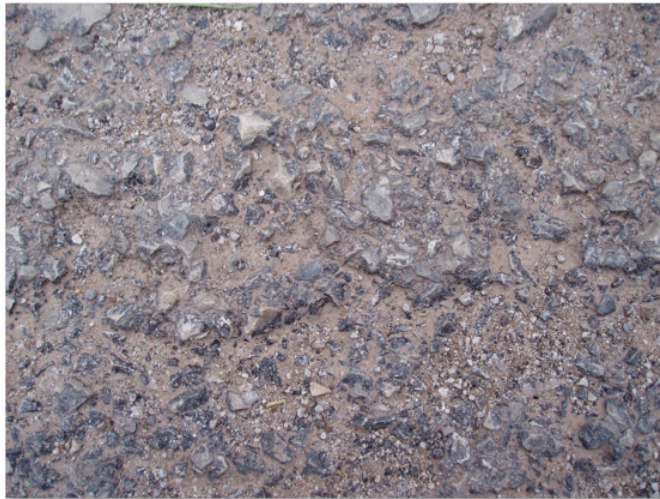


Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Principales usos de los áridos



Clasificación de los áridos

Los áridos se clasifican en función de su procedencia y proceso de obtención –Calvo Pérez (1992); Ordóñez y García del Cura (1998)– de la forma siguiente:

- **Áridos naturales:** sedimentos detríticos actuales y rocas.
- **Áridos granulares:** depósitos aluviales.
- **Áridos de machaqueo:** o de trituración, diferentes rocas de cantera.
- **Áridos artificiales:** escorias siderúrgicas, cenizas volantes procedentes de la combustión del carbón y estériles mineros. Suproductos de procesos industriales.
- **Áridos reciclados:** derribo de edificaciones y estructuras de firmes antiguos.

Tipos de áridos

- **Áridos naturales granulares:** se obtienen en graveras, utilizándose después de un tratamiento que incluye el lavado y la clasificación.
- **Áridos naturales de machaqueo:** en canteras, arranque del material, procesos de trituración y clasificación.



Yacimientos de arenas, gravas y conglomerados

- Depósitos fluviales:
 - Depósitos de canal o aluviales.
 - Depósitos de terrazas.
 - Abanicos aluviales.
- Depósitos glaciares.
- Depósitos costeros.
- Depósitos marinos.
- Gravas compactas.



Tipos geológicos de yacimientos de áridos naturales

- **Eólicos:** depósitos de material fino arrastrado por el viento. Muy buena clasificación mineral y granulométrica. Excelentes yacimientos para ciertos usos.
- **Glaciares:** de morrena frontal o lateral. Material muy heterométrico, con muy poca madurez textural y mineralógica. Malos yacimientos.
- **Periglaciares:** depósito fluvio-glaciar, mala granulometría. Malos a regulares yacimientos de áridos.
- **Marinos:** depósitos de plataforma continental o de playa, con materiales muy maduros y bien clasificados. Buenos yacimientos, pero con problemas medioambientales.

Yacimientos de áridos naturales

- En climas áridos y glaciares, los áridos tiene propiedades de baja durabilidad.
- El medio de transporte fluvial da lugar a depósitos de un grado de selección bastante bueno para el diseño de mezclas de áridos de buenas propiedades.
- Los medios costeros presentan un grado de selección más elevado.
- El transporte eólico le da a los sedimentos un grado de selección excesivo.
- El medio glaciar y el transporte en masa de sedimentos dan depósitos con alto contenido en finos.

Tipos de áridos

- **Áridos artificiales:** se obtienen como subproductos de diferentes procesos industriales que conllevan modificaciones físico-químicas o de otro tipo. Son:
 - Subproductos o residuos de procesos industriales.
 - Escorias siderúrgicas para carreteras.
 - Cenizas volantes para bloques de construcción ligeros.
 - Los estériles mineros son fuente importante de áridos.
 - Áridos reciclados procedentes de demoliciones, derribos...
- **Áridos reciclados:** el árido reciclado es el resultante de un tratamiento del material inorgánico que se ha utilizado previamente en la construcción.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Áridos de machaqueo

- Se obtienen en canteras.
- Son dimensionados mediante machaqueo.
- La explotación requiere que esté cercana al área de consumo.
- Tres grupos de materiales:
 - Rocas ígneas.
 - Rocas metamórficas.
 - Rocas sedimentarias.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

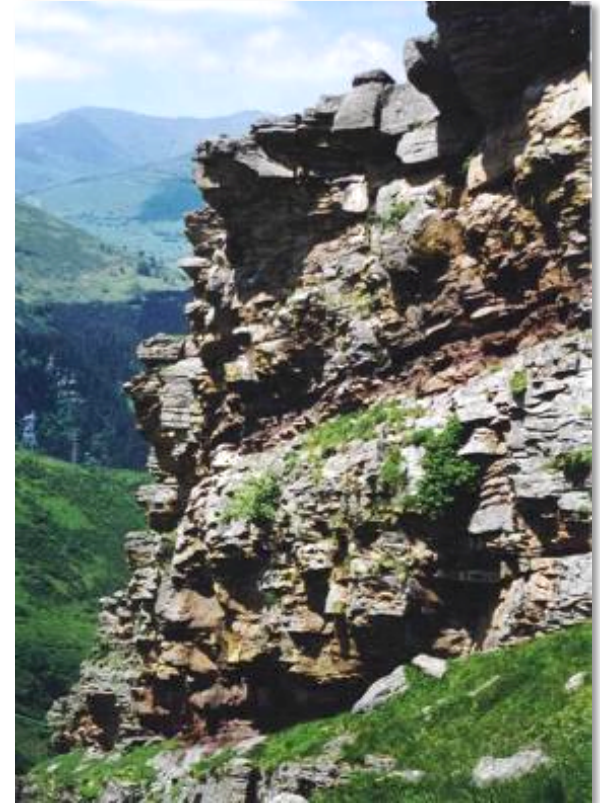
Explotación de áridos



Rocas para áridos

- Se considera una roca de buena calidad para su uso como árido, aquella que cumpla las siguientes características:
 - Composición química-mineralógica que la haga poco meteorizable.
 - Elevada resistencia a la compresión simple.
 - Baja absorción de agua.
 - Elevada densidad.

- **Tipos de rocas:**
 - Rocas Igneas.
 - Rocas Metamórficas.
 - Rocas Sedimentarias.



Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Áridos de trituración de rocas ígneas

- **Su aptitud como áridos depende de:**
 - Los minerales constituyentes.
 - La textura y fábrica cristalina.
 - Grado de alteración química y meteorización.



Rocas ígneas usadas como áridos

- **Granitos:** incluyen los términos petrográficos de granitos, granodioritas y dioritas. Se utilizan en hormigones, carreteras y balastos. Yacimientos en Galicia y Extremadura.
- **Sienitas:** de color rosa, aparecen asociadas a los granitos. Presentan una explotabilidad fácil. Yacimientos en la zona centro de la Península.
- **Gabros:** presentan buena calidad para su uso en la construcción y en carreteras. Yacimientos de gabros olivínicos en Galicia.
- **Pórfidos:** se presentan asociados a rocas plutónicas y metamórficas, con buena calidad para su uso como áridos de carretera. Yacimientos en la zona centro de la Península.
- **Basaltos:** tienen utilidad como balasto de ferrocarril. Yacimientos en Gerona y Ciudad Real.
- **Piroclastos:** se utiliza el “lapilli” en la capa de rodadura en firmes antideslizantes ó como árido ligero. Yacimientos en Ciudad Real.
- **Ofitas:** rocas de calidad buena a muy buena para su uso en capa de rodadura. Yacimientos en Cantabria, País Vasco, Burgos, Andalucía.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Rocas metamórficas usadas como áridos

- **Cuarcitas:** son de buena calidad para su uso en hormigones, carreteras y balasto. Afloramientos en la Cordillera Central y en el Oeste de la Península.
- **Esquistos:** presentan un alto índice de lajosidad, por lo que constituyen áridos de mala calidad. Yacimientos en Galicia y Extremadura.
- **Gneises:** sólo los gneises porfídicos se usan en Galicia como áridos.
- **Pizarras:** algunas pizarras cuarcíticas se utilizan como áridos en la parte occidental de la Península.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

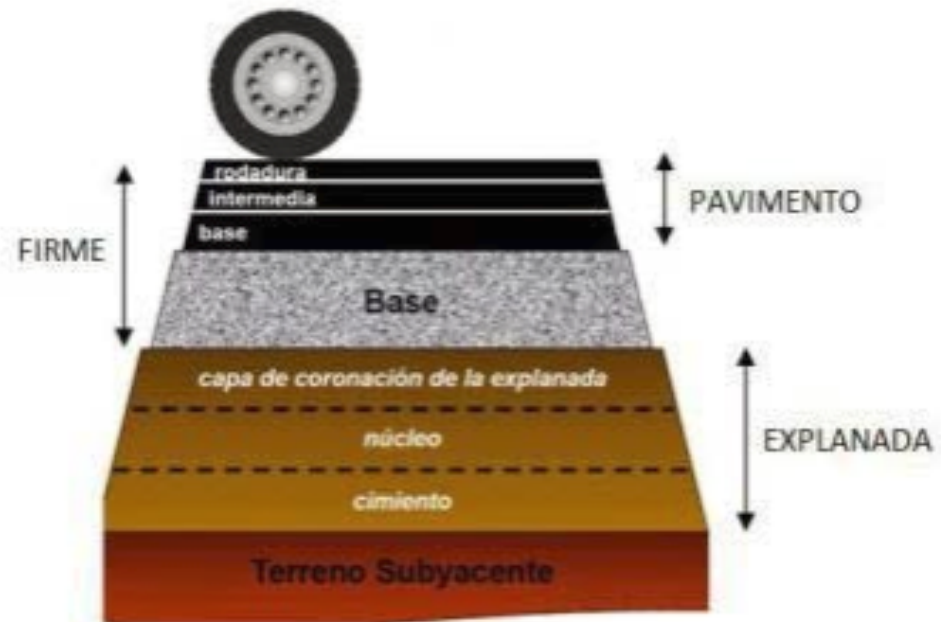
Rocas sedimentarias usadas como áridos

- Las más utilizadas como áridos de machaqueo son las calizas y dolomías.
- Las areniscas deben tener alta resistencia y baja porosidad. Para capa de rodadura han de ser resistentes al pulido.
- El silex no sirve para hormigones por las reacciones álcalis-áridos.



Rocas sedimentarias usadas como áridos

- **Areniscas:** yacimientos repartidos por toda la Península. Se utilizan industrialmente como árido.
- **Calizas y dolomías:** son rocas muy abundantes en la Península. Se utilizan en:
 - Bases y subbases de carretera.
 - Hormigones.
 - Balasto de baja exigencia.
 - Escollera.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Caracterización de las rocas explotables para áridos

- Composición química y mineralógica que las hagan resistentes a la meteorización.
- Altos valores de resistencia a la compresión simple.
- Bajos valores de coeficiente de absorción de agua.
- Altos valores de densidad.
- Coeficiente de forma adecuado. Poca lajosidad.
- Alta resistencia al desgaste.



Áridos

- Los **materiales de demolición** pueden ser empleados tanto para relleno en vías de comunicación, o como materia prima para áridos de machaqueo.
- Se pueden considerar también como **áridos**:
 - Los **materiales de préstamo**, materiales utilizables sin modificación de sus características naturales o bien con pequeñas modificaciones de adición de productos estabilizantes o tratamientos mecánicos.
 - El **material de escollera**, natural o artificial, constituido por bloques de formas y características variables en función de las condiciones de la obra. En este caso hay que asegurarse que son estables frente al quimismo de las aguas.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Áridos

- Desde el punto de vista de la continuidad de la explotación (López Jimeno, 2003) se dividen en:
 - **Yacimientos para explotación continua:** situados en las proximidades de núcleos de consumo activo.
 - **Yacimientos para explotación intermitente:** en los que su uso está en función de demanda puntual o lineal, cuyo volumen de explotación viene fijado por el volumen de la obra.

Granulometría de los áridos

- **Áridos para hormigones y morteros:**
 - Arena (0 - 5 mm).
 - Grava (6 - 12 , 12 - 20 y 20 - 40 mm).
- **Áridos para prefabricados:**
 - Arena (0 - 3 y 0 - 5 mm).
 - Gravilla (6 - 12 y 12 - 18 mm).
- **Balasto para construcción de vías férreas:**
 - Grava (10 - 25 mm).
 - Balasto fino (16 - 31,5 mm).
 - Balasto grueso (25 - 50 mm).
- **Áridos para carreteras:**
 - Base de gravas: 14 - 16mm y arena (0 - 4 mm).
 - Capa de rodadura: 40% arena / 60% grava.

La nomenclatura de las diferentes fracciones granulométricas varía según zonas (Ortega, 1993)

- **Morro** → 80 - 150 mm.
- **Grava media** → 50 - 80 mm.
- **Grava media** → 40 - 60 mm.
- **Grava menuda** → 30 - 50 mm.
- **Gravilla** → 20 - 30 mm.
- **Garbancillo** → 5 - 20 mm.
- **Arena gruesa** → 2 - 5 mm.
- **Arena fina** → 0,05 - 2 mm.

Términos: definiciones

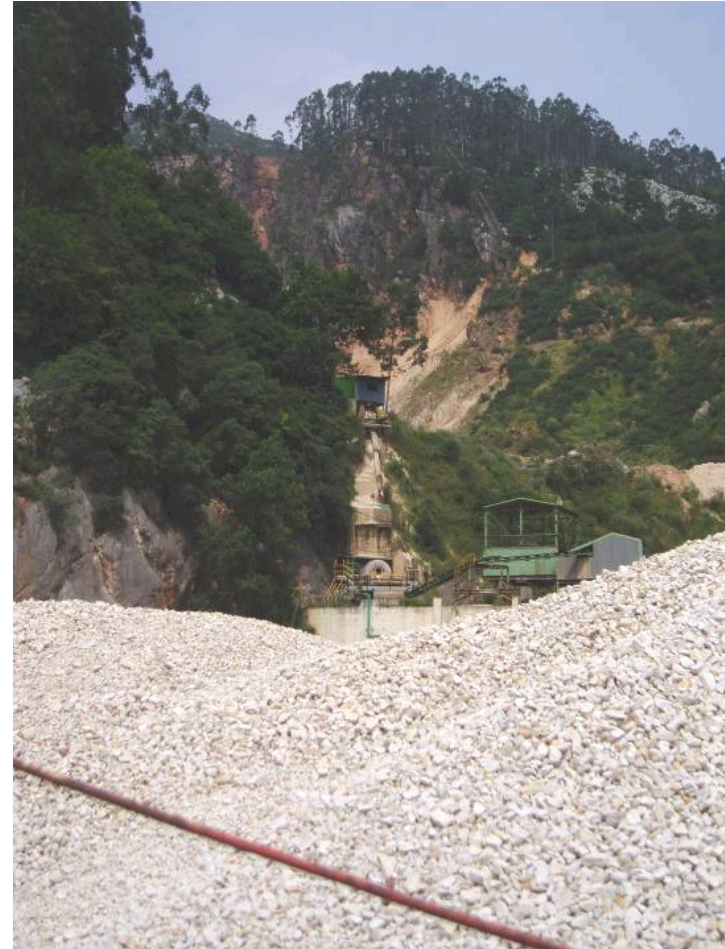
- **Cemento:** mezcla de caliza, marga y/o arcilla:
 - Cocción a elevada temperatura: clinker.
 - Molienda del clinker.
 - Adiciones: yeso, cenizas, escorias.
- **Hormigón:** 74% áridos; 11% cemento; 14% agua potable; aditivos químicos.
- **Mortero:** mezcla de áridos, cemento y agua en distintas proporciones.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Características de los áridos

- Comportamiento estable.
- Resistencia mecánica.
- **Material barato y abundante.**
- Situado próximo a la obra.



Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades de los áridos

- Es importante el correcto conocimiento de las propiedades de los áridos, para establecer la dosificación más adecuada y poder predecir su futuro comportamiento.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades de los áridos

- **Dos puntos de vista:**
 - Como elementos aislados: propiedades físicas macroscópicas.
 - Como conjunto: características como un todo.



Propiedades individuales de los áridos

- **Propiedades físicas macroscópicas:**
 - Dimensión.
 - Forma.
 - Redondez.
 - Densidad.
 - Propiedades de superficie.
 - Porosidad, permeabilidad.
 - Dureza superficial.
 - Módulo elástico.
 - Conductividad térmica.
 - Dilatación.
- **Propiedades químicas macroscópicas:**
 - Solubilidad.
 - Alterabilidad.
 - Hinchamiento.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades de conjunto de los áridos

- **Composición:**

- **Áridos monotípicos o monogénicos:** cuando todos los elementos tienen la misma composición petrológica.
- **Áridos oligogénicos:** cuando tienen dos o tres tipos.
- **Áridos poligénicos:** cuando presentan una composición compleja.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades de los áridos (Bustillo, 2001)

- Propiedades generales.
- Propiedades geométricas.
- Propiedades mecánicas y físicas.
- Propiedades térmicas y de alteración.
- Propiedades químicas.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

I. Grupo de la Arenisca.	Arcosa, arenisca, grauvaca, toba volcánica, conglomerado.
II. Grupo del Basalto.	Andesita, basalto, diabasa, ofita, lampróvido, traquita.
III. Grupo de la Caliza.	Caliza, dolomía, mármol.
IV. Grupo de la Cuarcita.	Cuarcita, cuarzo.
V. Grupo del Esquisto.	Esquisto, filita, pizarra.
VI. Grupo del Gabro.	Diorita, gabro, peridotito, sienita.
VII. Grupo del Granito.	Aplita, cuarzodiorita, granodiorita, gneis, granito, pegmatita.
VIII. Grupo de materiales artificiales.	Áridos artificiales, escorias metalúrgicas, cenizas volantes.
IX. Grupo del Pedernal.	Cornubianita, pedernal.
X. Grupo del Pórfido.	Dacita, pórfido, riolita.

Propiedades generales

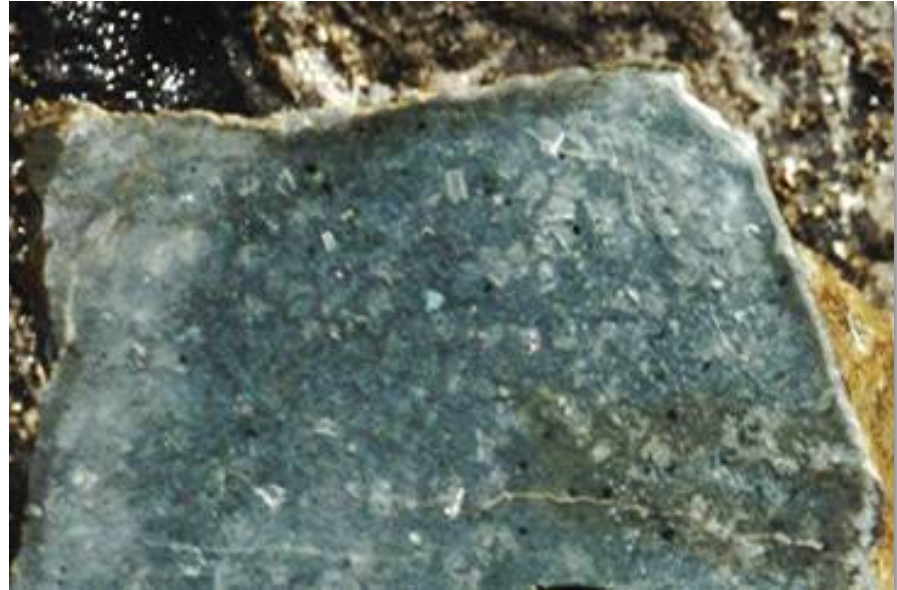
- **Norma UNE-ENE 932-1.**
- **Comprenden aspectos como:**
 - **Muestreo:** tamaño, lugar, tipo de roca, características (meteorización, homogeneidad...).
 - **Descripción petrográfica:** mineralogía, tamaño de grano, textura.
 - **Reducción del peso de la muestra:** condiciona la repetibilidad y reproducibilidad de los ensayos.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Estudio petrográfico

- Composición mineralógica.
- Tamaño de grano y textura.
- Microfisuración.
- Alteración de los minerales.



Propiedades geométricas

- **Análisis granulométricos:** conocer la distribución de tamaños de las partículas que componen una muestra de árido. Tamices.



- Tamiz.
- Tamizadora.



Propiedades geométricas

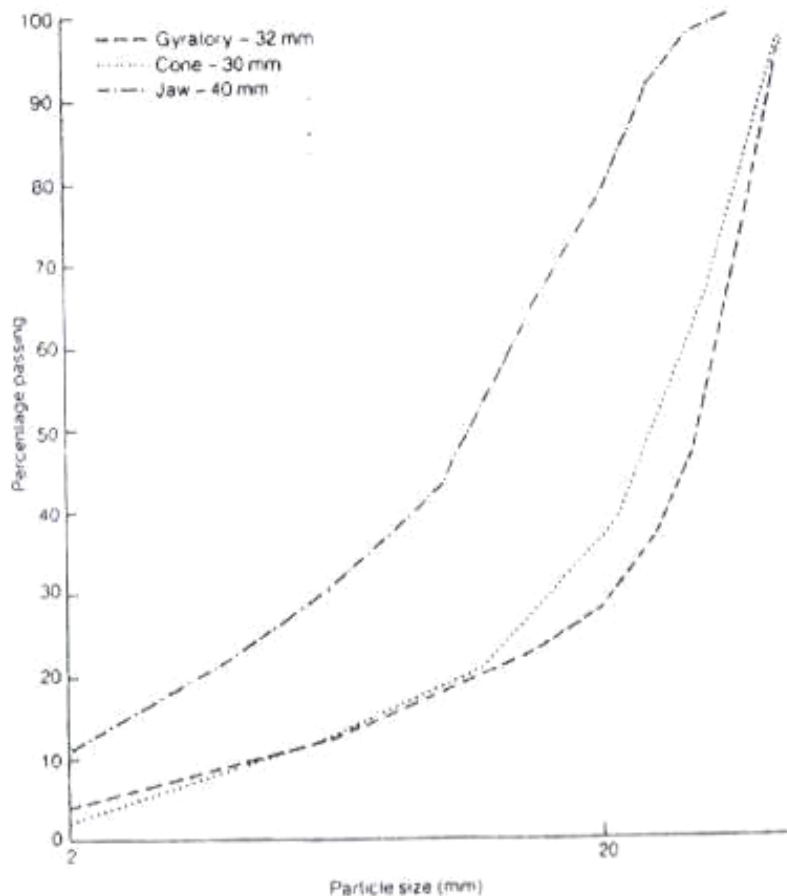
- Índices de lajas y de elongación (NORMA UNE-ENE 933-3).
- Son propiedades referidas a la forma de las partículas de árido, así como a la distribución de tamaños de grano determinada a través de un proceso de tamizado.
- **Estudios granulométricos** (tamaños de grano y porcentajes relativos presentes en el árido).
- Estudio de la forma de las partículas (angulosidad, esfericidad, redondez).



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Curvas granulométricas

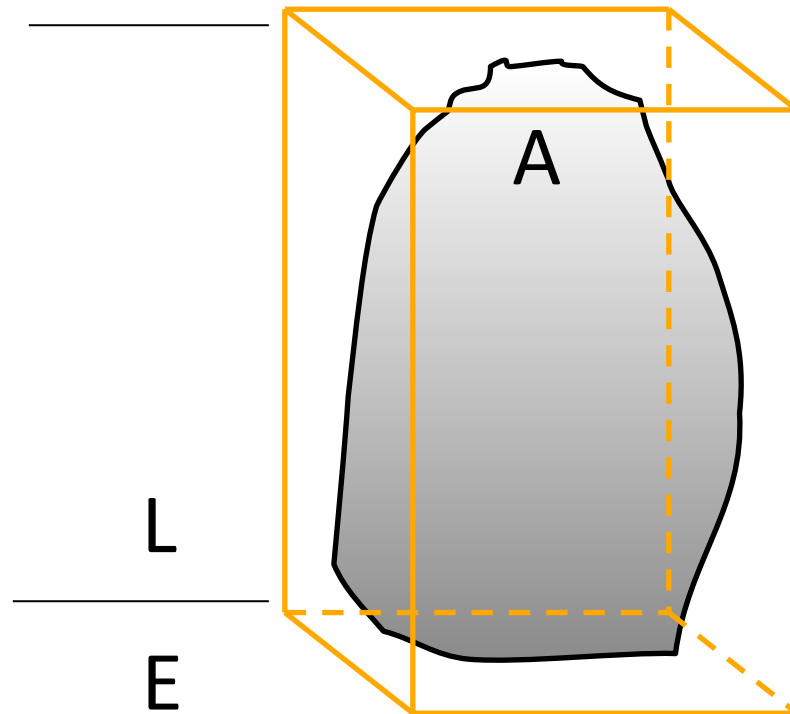


Bien clasificado,
Fracción o fracciones
Predominantes
(drenabilidad,
compactabilidad,
textura superficial).

Propiedades geométricas

- Forma y caras de fractura:

A = tamaño del árido.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayos

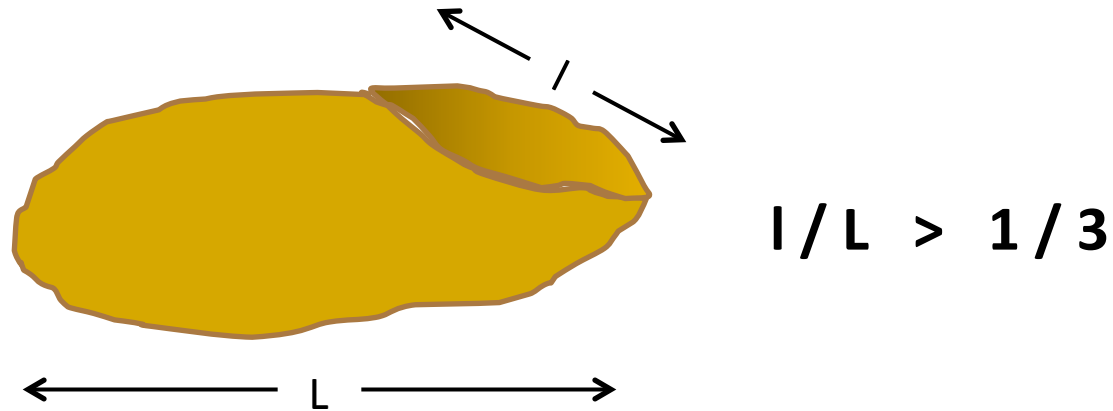
- **Los ensayos que se realizan son:**
 - Índice de lajas.
 - Índice de agujas.
 - Coeficiente de forma.
 - Curvas granulométricas.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Angulosidad de las partículas



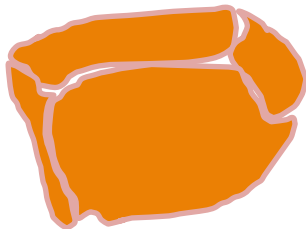
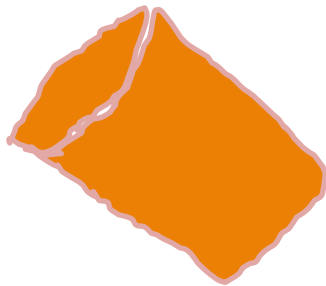
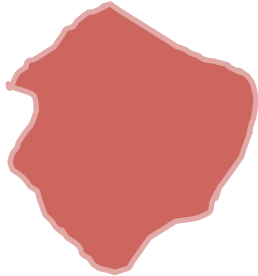
Porcentaje de áridos con dos o más caras de fractura.

Cara de fractura: plano de fractura cuya dimensión lineal mayor sea al menos $1/3$ de la longitud máxima de la partícula.

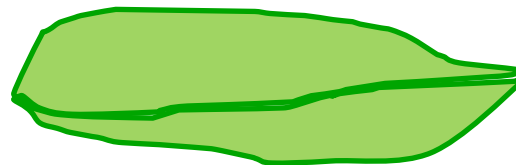
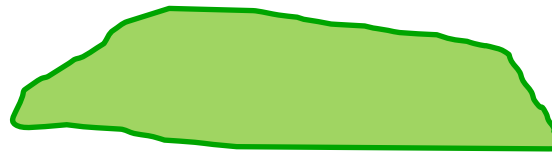
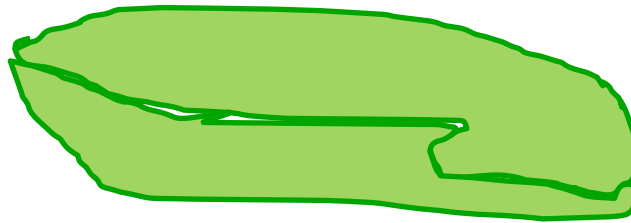
Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

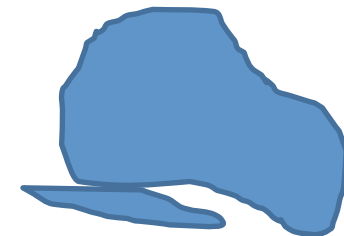
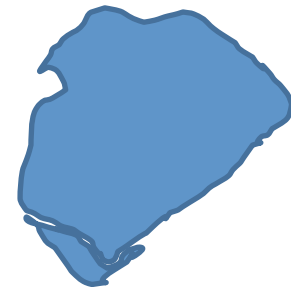
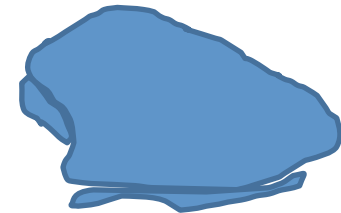
CÚBICAS



AGUJAS



LAJAS



Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades mecánicas y físicas

- **Densidad.**
- **Absorción de agua.**
- **Porosidad.**
- **Abravidad / desgaste.**
- **Pulimento.**

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayos: propiedades físicas

- **Densidad aparente.**
- **Coefficiente de absorción de agua.**
- **Porosidad abierta.**



Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayos: propiedades físicas

- **Porosidad:** relación entre el volumen de poros y el volumen total de roca → Procesos de degradación.
- Circulación de fluidos.
- Absorción de agua.
- Durabilidad o resistencia a la acciones de soluciones salinas.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayos: propiedades físicas

Grupos de áridos

Coeficientes	Arenisca	Basalto	Caliza	Cuarcita	Esquisto	Gabro	Granito
Densidad relativa	2.690	2.830	2.700	2.665	2.780	2.950	2.685
Absorción de agua	1.600	1.000	0.800	0.700	0.800	0.450	0.600

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayos: propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión simple.
- Coeficiente de Desgaste de Los Ángeles.
- Coeficiente de Pulimento Acelerado.



Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Resistencia a la compresión simple

- Comportamiento mecánico de la roca.
- Presencia de espacios vacíos.
- Mineralogía.
- Discontinuidades.

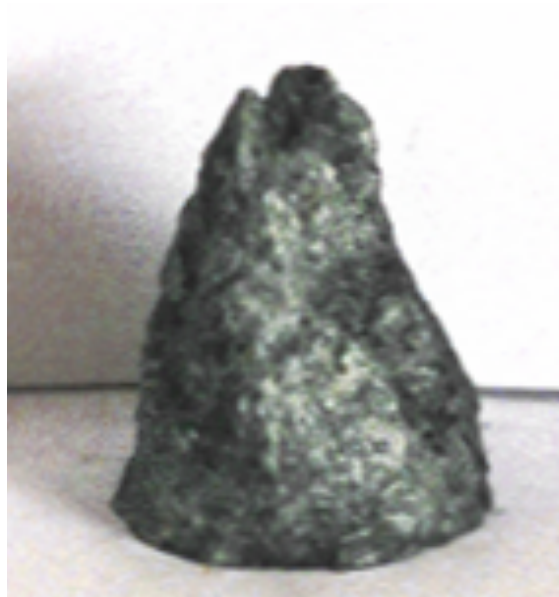


Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

- Roca.
- Fracturación interna.
Homogeneidad.







Ensayo de Los Ángeles

- El ensayo del Coeficiente de desgaste de Los Ángeles se realiza en todo árido obtenido por machaqueo o natural para determinar su resistencia al desgaste.
- Este ensayo cuantifica la resistencia de los áridos.
- Combina los efectos de fragmentación con la producción de finos por abrasión.
- El ensayo se realiza introduciendo en el tambor de la máquina 5 kg de la muestra de roca, que se ha triturado previamente hasta obtener una granulometría específica, junto con la carga abrasiva correspondiente a cada granulometría de ensayo (Tabla). Esta conjunto se somete a una rotación de 500 vueltas a la velocidad de 33 r.p.m.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayo de Los Ángeles

Granul. de ensayo	Número de esferas	Masa total g
A	12	5.000  25
B	11	4.584  25
C	8	3.330  20
D	6	2.500  15

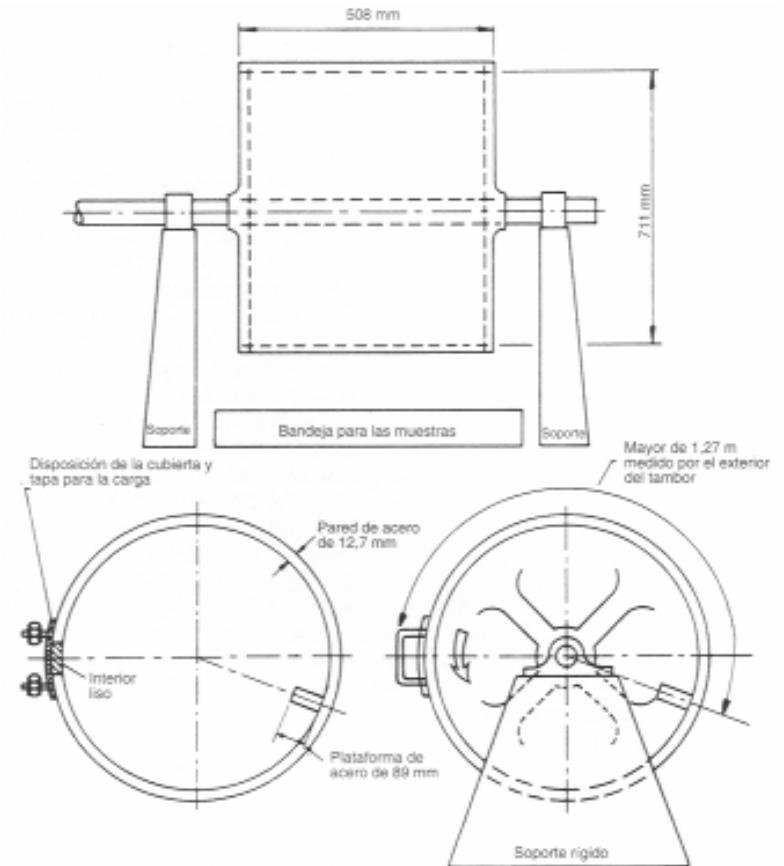
Número de esferas necesarias para el ensayo de Los Ángeles según la granulometría ensayada.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Ensayo de Los Ángeles

Máquina del ensayo de Los Ángeles



Coeficiente de pulimento acelerado

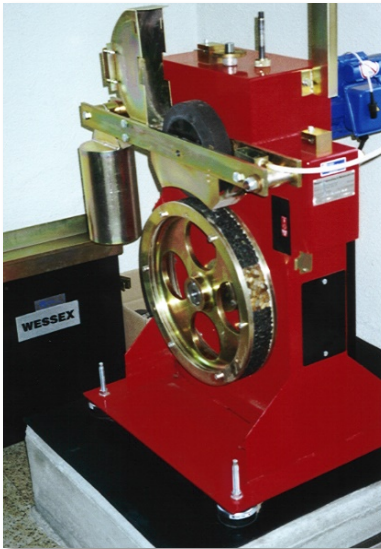
- La resistencia al deslizamiento del neumático en contacto con la capa de rodadura está directamente relacionada con la calidad del árido.
- El rozamiento entre dos superficies produce un desgaste de las mismas por dos mecanismos: abrasión y atrición, estos determinan la desaparición de la rugosidad superficial dando lugar al alisado de la superficie de los áridos.
- Este ensayo pretende reproducir en el laboratorio, de forma acelerada, el pulimento que experimenta un árido bajo la acción del tráfico real cuando forma parte de la capa de rodadura.

Rocas Industriales y Ornamentales

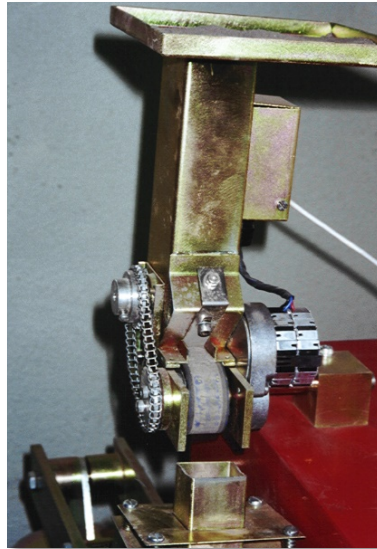
Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

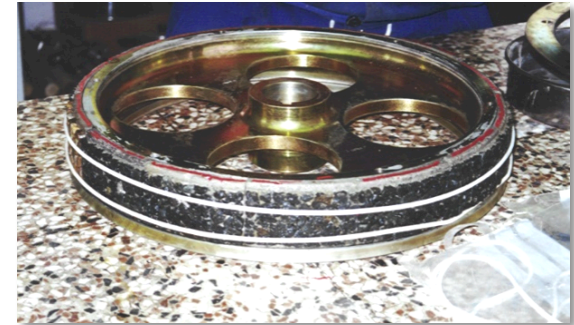
Coeficiente de pulimento acelerado



Máquina del ensayo de Pulimento Acelerado.



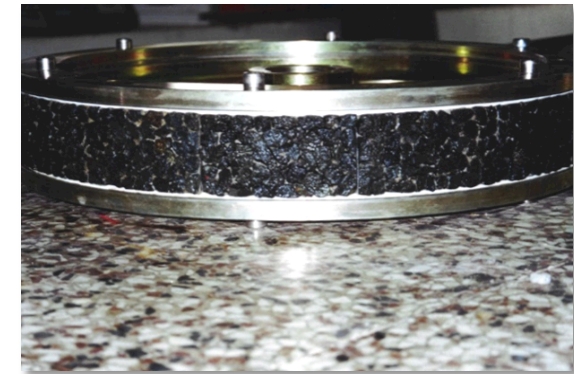
Detalle del sistema de adición del abrasivo.



Montaje de la rueda para el ensayo de CPA.



Una probeta para el ensayo de CPA.



Detalle de la foto anterior. Las probetas quedan encajadas en la rueda en continuidad unas con otras.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Tipo de roca	C.L.A.	C.P.A.
Granito	10 - 25	0,40 - 0,50
Basalto	12 - 30	0,50
Ofitas	10 - 14	0,48 - 0,52
Sienitas	16 - 20	0,45 - 0,50
Cuarcita	10 - 16	0,45 - 0,52
Calizas	20 - 35	0,27 - 0,33

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades térmicas y de alteración

- **Condiciones extremas de procesos destructivos.**
- **Estudio de sulfato de magnesio:**
 - Condiciones de congelación-descongelación.
- **Retracción por secado:**
 - Cambio de dimensiones por absorción de agua.

Adhesividad árido-ligante

- Evaluar el efecto que ejerce el agua sobre la película de ligante bituminoso que recubre las partículas de árido.
- La estabilidad de la mezcla árido-ligante en un pavimento bituminoso depende de que no se produzca, a lo largo de la vida del firme, y por la acción combinada del tráfico y el agua, un desplazamiento de la película de ligante que envuelve las partículas de árido.
- La afinidad del árido por el ligante, su resistencia a ser lavado, determina la adhesividad del mismo. La relación entre árido y ligante es compleja, pero depende en último término de la naturaleza del ligante y de la afinidad del árido por el agua. Esta última característica está muy ligada a la composición mineralógica del árido, que determina el carácter hidrófilo o hidrófugo del mismo.

Adhesividad árido-ligante

- Áridos ácidos (alto contenido sílice) determina su carácter hidrófilo (afinidad del árido por el agua). La adhesividad entre los áridos ácidos y los ligantes bituminosos es, en general, mala, por lo que para mejorar la adhesividad de dichos áridos es necesario recurrir a aditivos.
- Por el contrario, el carácter básico de los áridos está relacionado con elevados contenidos en carbonatos y bajos en sílice. Dan mejor adhesividad.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

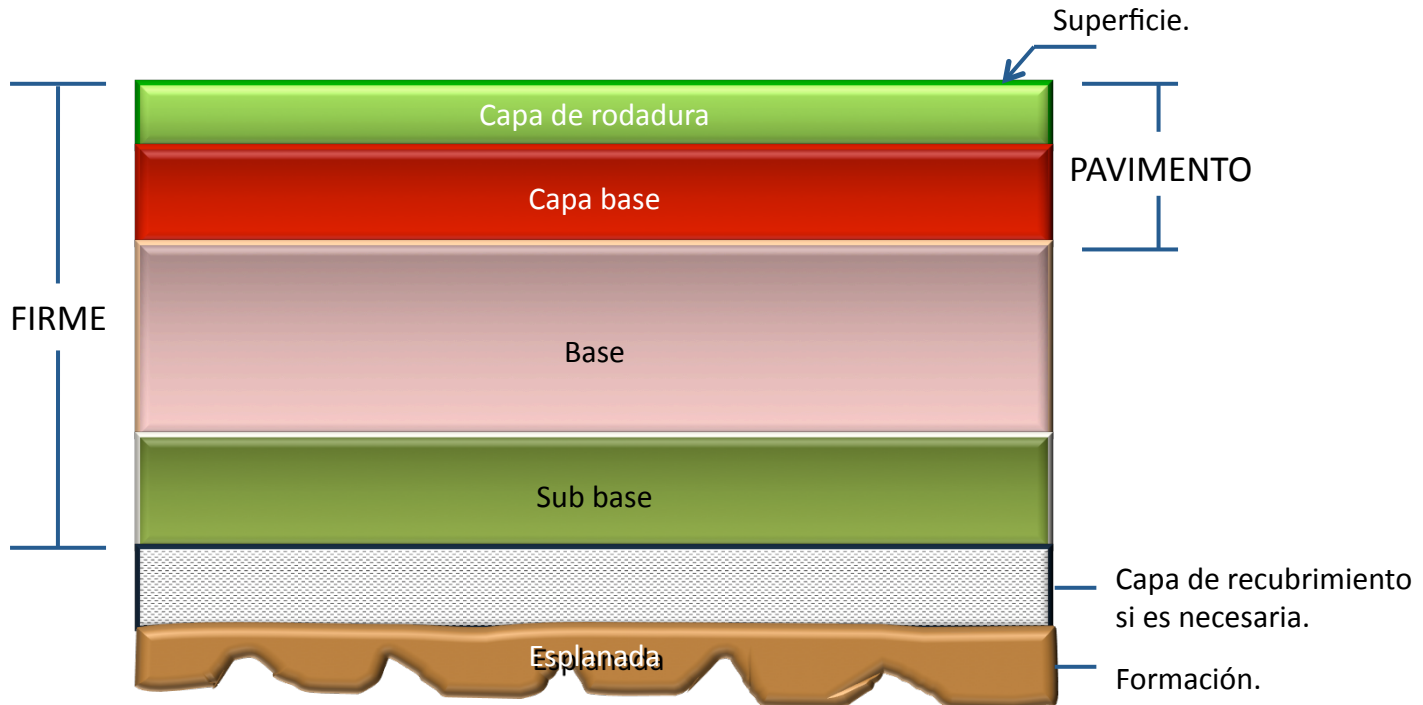
Tipos \ Índices	Adhesividad a los ligantes bituminosos	Resistencia al desgaste (1)	Resistencia al pulido (2)
Areniscas	BAJA	BAJA	MUY ALTA
Basaltos	ALTA	ALTA	MEDIA
Calizas	ALTA	MEDIA	BAJA
Cuarcitas	MUY BAJA	MEDIA	ALTA
Esquistos	MEDIA	BAJA	MEDIA
Garbos	MEDIA	ALTA	ALTA
Granitos	BAJA	MEDIA	ALTA
Pórfidos	MEDIA	MUY ALTA	MEDIA

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Carreteras



Sección constructiva típica de las capas de un pavimento flexible.

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Carreteras



Datos de ensayos

Grupos de áridos

Coeficientes	Arenisca	Basalto	Caliza	Cuarcita	Esquisto	Gabro	Granito	Pedernal	Pórfido
Densidad relativa	8.0	2.0	4.5	2.0	10.0	6.0	3.5	15.0	10.0
Absorción de agua	30.0	17.0	28.0	26.0	20.0	18.0	32.0	17.0	15.5
Pulimento acelerado	0.62	0.49	0.35	0.51	0.54	0.48	0.50	0.38	0.49

Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 8. Yacimientos y tipos de áridos. Ensayos y propiedades de los áridos

Tema 9. Características de los áridos para hormigón, para balasto y de los áridos de carretera. Aplicaciones

Propiedades químicas

- **Incluye propiedades derivadas de:**
 - La composición química del árido.
 - Las reacciones árido-álcali:
 - Formación de geles silicocalcoalcalinos.
 - Expansión con rotura del hormigón.
 - Dedolomitización del árido.

Las propiedades más importantes de los áridos para su uso en construcción son

- **Naturaleza petrológica.**
- **Calidad mecánica:** resistencia a la compresión, al choque y al rozamiento.
- **Textura superficial de las partículas.**
- **Absorción de agua y de ligante.**
- **Actividad superficial de las partículas.**

Caracterización de los áridos. Normalización

- **Norma UNE 83-101-90:** definiciones y clasificaciones de áridos.
- **Norma UNE 83-108-90:** elementos para la identificación.
- **Norma UNE 83-109-85:** toma de muestras.
- **Normas UNE 7133 y UNE 7244:** determinación de terrones de arcilla y de partículas de bajo peso específico en áridos.
- **Normas UNE 7139 y UNE 83-100-84:** clasificación granulométrica de áridos.
- **Norma UNE 7238:** determinación del índice de forma del árido grueso para fabricación de hormigón.

Caracterización de los áridos. Normalización

- **Norma UNE 7135:** determinación de los finos de áridos para hormigones.
- **Norma UNE 83-131-90:** determinación del equivalente de arena.
- **Norma UNE 83-130-90:** ensayo del azul de metileno.
- **Norma UNE 83-115-89:** medida del coeficiente de friabilidad de las arenas.
- **Norma UNE 83-116-90:** determinación del Coeficiente de Los Ángeles.
- **Norma UNE 83-133-90:** determinación de las densidades, coeficiente de absorción y contenido de agua en el árido fino.

Caracterización de los áridos. Normalización

- **Norma UNE 83-134-90:** determinación de las densidades, coeficiente de absorción y contenido en árido grueso.
- **Norma NLT 174/72:** coeficiente de pulimento acelerado (CPA).
- **Norma UNE 83-120-88:** determinación cuantitativa de los compuestos de azufre.
- **Norma UNE 83-124-90:** determinación cuantitativa de cloruros.
- **Norma UNE 83-121-90:** determinación de la reactividad árido-ligante.
- **Norma 7136:** estabilidad de áridos frente disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico.

Factores que condicionan la explotabilidad de un yacimiento de áridos de machaqueo

- **Características intrínsecas:**

- Naturaleza, estructura y relación con la topografía.
- Nivel freático regional.
- Estado tensional y distribución de diaclasas.
- Cobertura no utilizable.
- Composición mineralógica.
- Propiedades de la roca.
- Aptitud para molienda
- Forma y propiedades de superficie de los producto de trituración.

- **Características extrínsecas:**

- Situación respecto al centro de consumo.
- Tipo de instalaciones, flexibilidad y rendimiento.
- Demanda.
- Suelo edificable.
- Características climáticas de la zona.
- Impacto ambiental.

Utilización estimada de áridos

- **Vivienda de unos 120m²: 330 t.**
- **Escuela tipos medio u hospital: 14000 t.**
- **Carretera de dos vías, equipada con servicios: 18500 t/km.**
- **Autopista: 40000 t/km.**
- **Reparación o reconstrucción de carreteras existentes: 40 a 320 t/km.**

Áridos para hormigón

- El hormigón se define como una mezcla de agua, cemento y árido, donde el agua y el cemento forman la pasta y el árido constituye la carga inerte (Bustillo, 2001).
- El árido constituye aproximadamente el 75% en volumen del hormigón.
- Las características del árido influirán en las propiedades del hormigón.
- **Requisitos del árido:**
 - Debe permanecer estable dentro del hormigón así como en cada situación durante la vida del hormigón.
 - Debe cumplir parámetros de costes económicos que hagan factible su empleo.

Áridos para hormigón

- **Requerimientos que afectan a las propiedades:**
 - Distribución granulométrica, afectando a la durabilidad, resistencia mecánica, trabajabilidad...
 - Forma de las partículas.
 - Contenido en finos y otros componentes.
 - Condicionantes físicos: Resistencia mecánica y desgaste por abrasión.
 - Condicionantes químicos: Contenidos en cloruros, sulfatos, reacciones álcali-áridos.

Áridos para hormigón

- **Distribución granulométrica:**

- Parámetro clave en la dosificación.
- Constituye el esqueleto.
- Afecta a la durabilidad, resistencia mecánica, trabajabilidad, etc.
- La idónea es aquella en la que el conjunto tenga la menor porosidad posible.

- **Forma de las partículas:**

- Afecta directamente a las propiedades generales del hormigón.
- La más útil es la equidimensional.
- Morfologías lajosas y/o alargadas pueden ser perjudiciales (mayor cantidad de agua y cemento).

Áridos para hormigón

- **Cantidad de finos:**

- Partículas inferiores a 75 u 80 micras.
- Tienen su origen en el proceso de trituración para los áridos de machaqueo o pueden tener un origen sedimentológico en los áridos naturales (son de naturaleza arcillosa).
- Pequeñas cantidades, hasta un máximo de 6% en la fracción arenosa y un 1% en el árido grueso, pueden ser beneficiosas para la trabajabilidad y permeabilidad del hormigón.
- Si su naturaleza es arcillosa, afectan negativamente (sobre todo en forma de terrones). Si es calcárea pueden llegar a ser beneficiosos, mejorando características básicas del hormigón tanto en estado fresco como endurecido, como la trabajabilidad o la resistencia mecánica.

Áridos para hormigón

- **Otros componentes que pueden afectar negativamente al hormigón, no relacionados directamente con la composición básica del árido:**
 - **Materia orgánica:** en muy pequeñas cantidades puede retardar o evitar la hidratación del cemento y, por tanto, el endurecimiento del hormigón.
 - **Sulfatos:** en gran cantidad generan una expansión excesiva, hasta llegar a la rotura del hormigón.
 - **Componentes metálicos (pirita):** producen defectos superficiales y manchas asociadas.
 - **Álcalis:** las reacciones entre ciertos minerales de los áridos y metales alcalinos (sodio y potasio) presentes en el cemento, pueden producir una expansión con rotura del hormigón (se puede desintegrar). Cuando el árido contiene determinadas formas de la sílice, estas reaccionan con los álcalis del cemento dando lugar a la formación de geles silicoalcalinos que tienen gran capacidad de absorber agua, aumentando su volumen y produciendo la rotura del hormigón: reacción álcali-sílice.

Áridos para carreteras

- Los áridos constituyen entre el 85% y el 95% de las capas de los firmes de carretera.
- Las propiedades de los áridos condicionan el resultado final de la obra.
- Las propiedades de un árido para ser utilizado en carreteras depende de:
 - Si va a formar parte de un capa sin ligantes o con ligantes bituminosos.
 - Tráfico suave o pesado y continuo.
- Es importante el tamaño y forma de las partículas:
 - Morfologías lajosas o en agujas se rompen en la compactación o con la acción del tráfico.
 - Se utilizan granulometrías continuas (máxima compacidad).
 - En mezclas bituminosas es importante el filler (tamaño < 0.063 mm).

Áridos para carreteras

- Los áridos a emplear en un firme de carretera deben estar libres de materia orgánica, polvo y partículas arcillosas para conseguir que, en presencia de agua, la capa de mezcla asfáltica conserve sus características resistentes (Bustillo, 2001).
- **Propiedades mecánicas:**
 - Resistencia al desgaste y pulimento.
 - Coeficiente Los Ángeles inferior a 20 procede de áridos excelentes, con resistencia al desgaste suficiente para cualquier posible aplicación y, especialmente, para capa de rodadura bituminosa que tenga que soportar tráfico pesado.

Áridos para carreteras

- **Desde el punto de vista de la composición, se suelen utilizar:**
 - En Subbases: áridos calcáreos o silíceos.
 - En Rodadura: áridos de origen metamórfico.

- **Otros aspectos:**
 - Permeabilidad.
 - Rotura por congelación y debilitamiento por descongelación.
 - Influencia de las humedades o sales solubles.

Áridos para balasto

- **Balasto:** árido grueso donde se encajan las traviesas de un ferrocarril. El balasto puede descansar sobre la subbase o sobre una capa de arena.
- **Objetivo del balasto:** proporcionar una base drenante estable para mantener la alineación de la vía con un mínimo de mantenimiento.
- **Función de la capa de arena:** servir de filtro para evitar la contaminación del balasto por partículas finas procedentes de las aguas ascendentes.
- **La capa de balasto debe tener:**
 - Suficiente espesor para mantener la vía en su sitio y evitar distorsiones en la subbase.
 - Suficiente dureza para resistir el desgaste y degradación.

Áridos para balasto

• Requisitos del árido:

- Fuerte y muy anguloso.
- Buena resistencia al desgaste por abrasión.
- Son idóneas las rocas silíceas duras y densas.
- Las calizas no son buenas, debido a su baja resistencia al desgaste por abrasión.
- Material grueso y anguloso, de manera que sus fragmentos encajen unos en otros para conformar una capa con una buena estabilidad dimensional.
- Excluir materiales muy finos, su presencia tiende a reducir la estabilidad del conjunto y la resistencia al deslizamiento del balasto.

Áridos para balasto

- **Características que debe cumplir un material para su utilización como balasto (Durán 1998, en Bustillo 2001):**
 - Granulometría: elementos comprendidos entre 32 mm y 50 mm.
 - La limpieza del balasto incluirá un máximo de 0.6% en peso para partículas inferiores a 0.5 mm.
 - El contenido en finos no debe ser superior a 0.5% en peso.
 - Forma de las partículas: índices de aplastamiento y de forma deben ser inferiores a 15 y 20. Los elementos aciculares < 9%. El porcentaje de partículas con longitud mayor o igual a 100mm no debe exceder del 4.
 - CLA < 15 para los trenes de Alta velocidad.
 - Resistencia al Desgaste (ensayo Micro Deval) no puede superar el valor 7.

Áridos para morteros

- **Mortero:** mezcla de arena fina con algún ligante (cal y/o cemento), que se utiliza para la unión de ladrillos o bloques ó acabados superficiales.
- El principal componente del mortero es el árido, en este caso la arena.
- **Condicionantes que debe cumplir la arena afectan a:**
 - Distribución granulométrica.
 - Forma y composición de las partículas o impurezas.
- Esto determina la trabajabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia y durabilidad del mortero.
- **Además afectan negativamente:**
 - Presencia de cloruros: condiciona el tiempo de fraguado y endurecimiento.
 - Presencia de compuestos de azufre: determinan la durabilidad y aspecto exterior del mortero, o las reacciones álcalis-áridos.

Áridos para filtrado y drenaje

- **Es importante:**
 - **Composición de las partículas:**
 - Minerales estables y duros (cuarzo).
 - **Permeabilidad:**
 - Íntimamente ligada a la granulometría.
 - Coeficiente de permeabilidad superior a 10^{-3} cm/s.
 - No son buenos drenantes los materiales con granulometrías continuas cuyos coeficientes de permeabilidad son inferiores a 10^{-7} cm/s.