

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312228916>

Laboratorio de caminos, ferrocarriles y aeropuertos (I): Manual de ensayos de rocas y áridos volcánicos. Colección Cuadernos para la Docencia

Book · May 2016

CITATIONS

0

READS

645

3 authors:



Cándida García-González

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

12 PUBLICATIONS 23 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Miguel A. Franesqui

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

26 PUBLICATIONS 27 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jorge Yepes Temiño

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

65 PUBLICATIONS 170 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sustainable development and production of warm-mix asphalt using recycled rubber from used tires and volcanic aggregates from the Canary Islands [VOLCANIC BC-WARM] [View project](#)



Proyecto de Investigación FENIX (Investigación estratégica en carreteras más seguras y sostenibles) [View project](#)



MANUAL DE ENSAYOS DE ROCAS Y ÁRIDOS VOLCÁNICOS



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Escuela de Ingenierías Industriales y Cíviles



LABORATORIO DE CAMINOS, FERROCARRILES Y AEROPUERTOS (I): Manual de ensayos de rocas y áridos volcánicos.

Este libro ha sido posible gracias a un proyecto de innovación financiado por la FULP

Cómo se debe citar este material

García-Gonzalez C, Franesqui MA, Yepes J (2016). Laboratorio de caminos, ferrocarriles y aeropuertos (I): Manual de ensayos de rocas y áridos volcánicos. Colección "Cuadernos para la Docencia". Servicio de Reprografía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas. Creative Commons BY-NC-ND. Depósito Legal: GC-582-2016. ISBN: 978-84-608-9628-9 EDITA: Jorge Yepes. ULPGC

DEPÓSITO LEGAL: GC-582-2016.
ISBN: 978-84-608-9628-9

1ª edición: Mayo 2016



1.PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

2.ENSAYOS DE LA ROCA MATRIZ

- Índice de rebote
- Velocidad de propagación de las ondas S y P
- Densidad aparente
- Resistencia a compresión simple (RCS)
- Resistencia a tracción indirecta (ITSR)
- Resistencia a carga puntual (PLT)

3.ENSAYOS DE ÁRIDOS: FRACCIÓN GRUESA (4/20 mm)

- Limpieza superficial
- Granulometría
- Densidad y absorción de las partículas
- Índice de lajas
- Caras de fractura
- Coeficiente de forma
- Índice de Los Ángeles
- Índice De Micro-Deval

4.ENSAYOS DE ÁRIDOS: FRACCIÓN FINA (0/4 mm)

- Densidad y absorción de las partículas
- Friabilidad de las arenas
- Equivalente de arena

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN



Los áridos son los recursos naturales más empleados en construcción. Son materiales básicos para la fabricación de hormigones, mezclas asfálticas, rellenos y capas estructurales. Su caracterización requiere determinar su resistencia mecánica frente a las tensiones y su resistencia química frente a la alteración. Ambos aspectos resultan básicos para evaluar el uso de los materiales. Sin embargo, algunas litologías son poco conocidas, como los materiales volcánicos.

Esta publicación ofrece una guía rápida de los ensayos de rocas y áridos que recoge la norma española de carreteras. Se trata de un cuaderno para la docencia práctica de la Ingeniería Civil en territorios volcánicos.

El documento se estructura en fichas que recogen, de forma sintética, el objetivo, material y método de los ensayos; la interpretación de los resultados; y unas cuestiones para pensar. El material gráfico refuerza los conceptos y facilita su comprensión.

Las Palmas, 26 de junio de 2016

CGG, MAFG, JYT



PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

1-Preparación de las muestras de ensayo

FABRICACIÓN DE PROBETAS

UNE 22950-5

Objetivo: Obtener probetas de diferentes tamaños para los ensayos mecánicos a partir de bloques de roca.

Material:

- Perforadora
- Mesa de corte radial
- Estufa

Observaciones:

Las resistencias varían con el contenido de agua. Los fragmentos secados en estufa suelen ser más resistentes que los que tienen una humedad $<25\%$.



CUARTEO

UNE-EN-932-2

Objetivo:

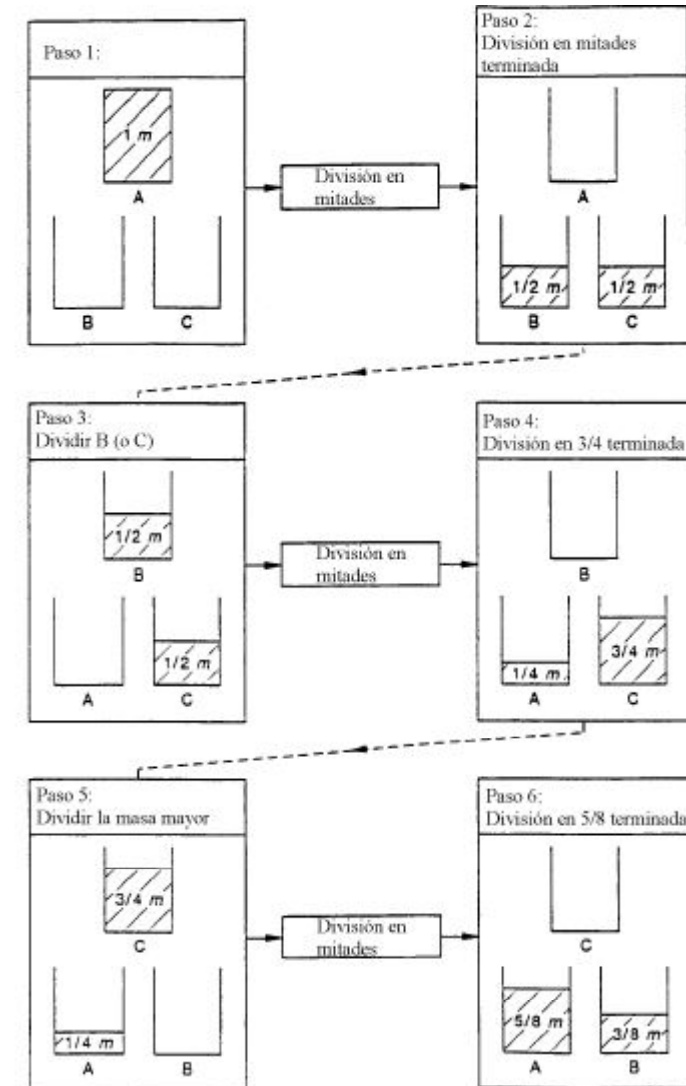
Obtener un tamaño de muestra de ensayo representativo y aleatorio.

Material:

- Pala
- Cuarteador

Procedimiento:

- Por paladas alternas:** se reparte la muestra en varios montones hasta agotar la masa total mediante paladas consecutivas. Se eligen las submuestras aleatoriamente.
- Con cuarteadores:** se vierte la muestra sobre el cuarteador y se recoge en los recipientes laterales. Se elige uno y se vuelve a verter sobre el cuarteador, así sucesivamente.
- Por cuarteo:** se coloca el árido sobre la superficie de trabajo formando un cono. Se mezcla y se vuelve a formar el cono, así 3 veces. El último cono se aplasta y se divide en 4 partes. Se toman 2, se unen y se repite el proceso hasta obtener el tamaño de muestra deseado.



1-Preparación de las muestras de ensayo

Cuestiones:

- a) Dos canteras fabrican áridos del mismo litotipo. La primera separa por cribado tres fracciones (10/20, 5/10, y 0/5). La segunda diferencia la producción en dos tamaños (6/18 y 0/6) ¿Qué cantera ofrecerá más garantías de obtener un huso granulométrico más heterométrico? ¿Qué cantera permitirá fabricar terraplenes con una mayor compacidad? Justificar la respuesta.
- b) Una gravera explota los cantos rodados de un depósito aluvial. Entre los acarreos se aprecian tres litotipos diferentes: uno denso y masivo, otro liviano y masivo y un tercero liviano y poroso ¿Qué resultará más beneficioso? ¿Moler el todo uno o hacer una criba selectiva? ¿Qué parámetros de resistencia se deberían ofrecer para etiquetar el árido resultante? ¿Los del litotipo más liviano y poroso, los del más denso y masivo o los del todo uno? ¿Qué criterios de selección se deberían aplicar en caso de aplicar una criba selectiva? Justificar las respuestas.
- c) Un laboratorio recoge muestras de áridos para su ensayo ¿Qué resultará más representativo? ¿Muestrear varios puntos de un mismo acopio el mismo día o realizar varios muestreos del mismo acopio en diferentes momentos? Justificar la respuesta.
- d) Una cantera explota dos litotipos diferentes con la misma maquinaria. Uno poroso y otro masivo. Para evitar mezclas, alterna mensualmente de material. En ambos casos diferencia el árido en tres fracciones (10/20, 5/10, y 0/5). Para reducir costes, realiza ensayos de caracterización bimensuales ¿Cuándo sería recomendable realizar los ensayos? ¿Debería indicarse alguna observación a los resultados obtenidos? Justificar las respuestas.





ENSAYOS DE LA ROCA MATRIZ

INDICE DE REBOTE

UNE-EN-12504-2

Objetivo:

Determinar la dureza y el grado de alteración de un material in situ.
Estimar la resistencia a compresión del mismo por correlación.

Material:

- Esclerómetro o martillo Schmidt

Procedimiento:

- Sujetar el esclerómetro perpendicular a la superficie de ensayo
- Aplicar presión sobre el vástago gradualmente hasta el impacto
- Mínimo 9 lecturas espaciadas 25mm entre sí y con el borde

Resultados:

Promediar las lecturas obtenidas, aplicando las correcciones por orientación del esclerómetro y las instrucciones del fabricante.

Interpretación:

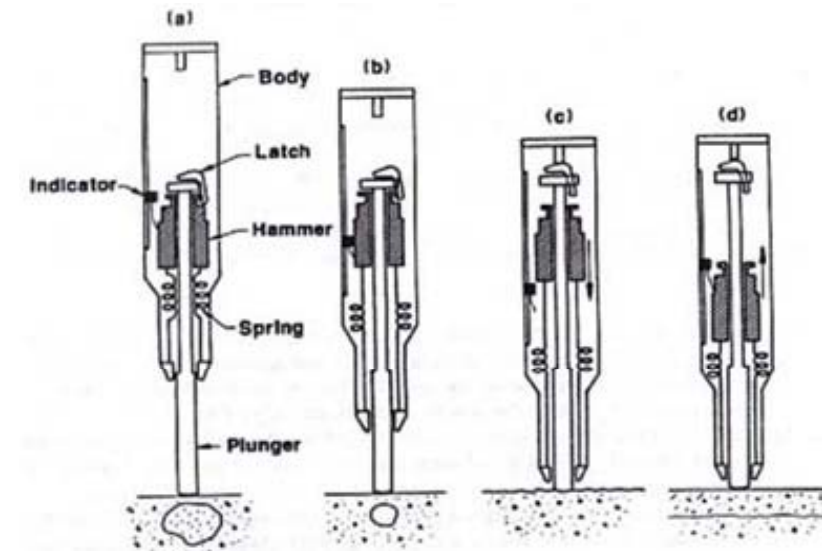
Permite estimar la resistencia a compresión mediante ábacos. Indica la alterabilidad de la capa superficial de roca (<5cm). El resultado depende de las condiciones de ensayo:

- Orientación de la fuerza aplicada
- Limpieza de la superficie rocosa



Cuestiones:

- a) En una cantera de roca masiva se han realizado varias estaciones geomecánicas (EG) sobre una roca poco o nada alterada. Los resultados obtenidos con el esclerómetro son dispares (EG1=10. EG2=0. EG3=50. EG4=55. EG5=52). Las estaciones 1 y 2 se localizan en las bancadas superiores de la cantera, pocos metros por debajo de la cota que define la topografía previa a la explotación. Las estaciones 3 a 5 se localizan en la zona más profunda de la cantera, unos 30 m por debajo de la topografía previa ¿Cómo explicar la disparidad de resultados? Justificar las respuestas.
- b) Una persona realiza varios ensayos con el esclerómetro en un macizo rocoso homogéneo. A lo largo de la campaña olvida apuntar la dirección en la que aplica el martillo sobre la roca ¿Cómo será la distribución estadística de los resultados? ¿Sería posible diferenciar el tipo de ensayo realizado? ¿Sería posible aplicar las correcciones debidas a la dirección de la fuerza aplicada o habría que repetir toda la campaña de ensayos? Justificar las respuestas.
- c) Dos personas distintas realizan, por separado, varias estaciones geomecánicas en una misma cantera de roca masiva y homogénea. La primera persona obtiene unos valores moderados, mientras que la segunda obtiene unos valores más altos ¿Cuál es el motivo? Justificar la respuesta.
- d) Una misma persona realiza varios ensayos con el esclerómetro en un mismo punto de un muro de carga en servicio que contiene el empuje de una ladera de suelo inestable que se satura durante la estación lluviosa. Entre el primer y el segundo ensayo hay 10 años de diferencia. Al comparar los resultados, observa que los valores obtenidos son diferentes ¿En qué campaña habrá obtenido un índice de rebote mayor? ¿Por qué motivo? ¿Qué recomendaciones dar a la propiedad? Justificar las respuestas.



VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ULTRASONIDOS

UNE-EN- 12504-4

Objetivo:

Determinar la velocidad de propagación de las ondas S y P de los materiales para correlacionarlas con los módulos de elasticidad.

Material:

- Equipo de ultrasonidos
- Transductores con distintas frecuencias

Procedimiento:

- Medir la longitud de la probeta
- Impregnar las caras de la probeta con gel para facilitar la transmisión de la onda
- Colocar los transductores a ambos lados de la probeta
- Generar un Impulso sónico por un transductor y recibir la señal por el otro, midiendo el tiempo que tarda en atravesar el testigo

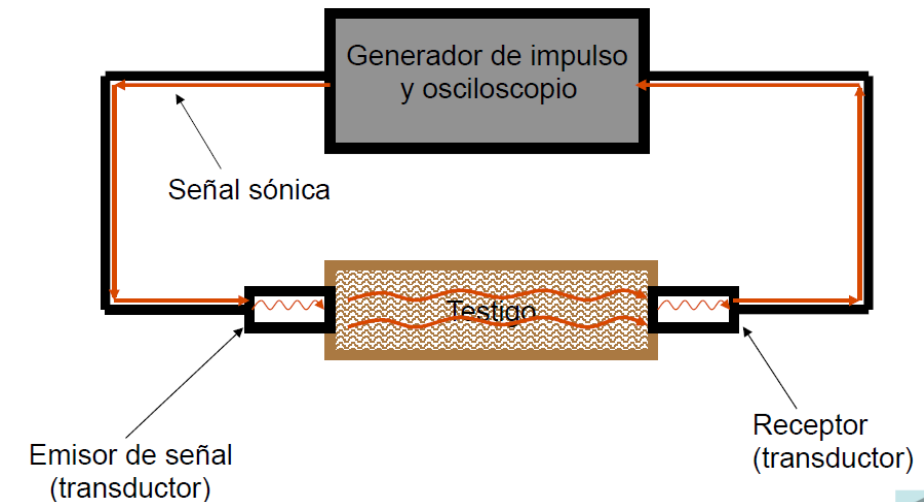
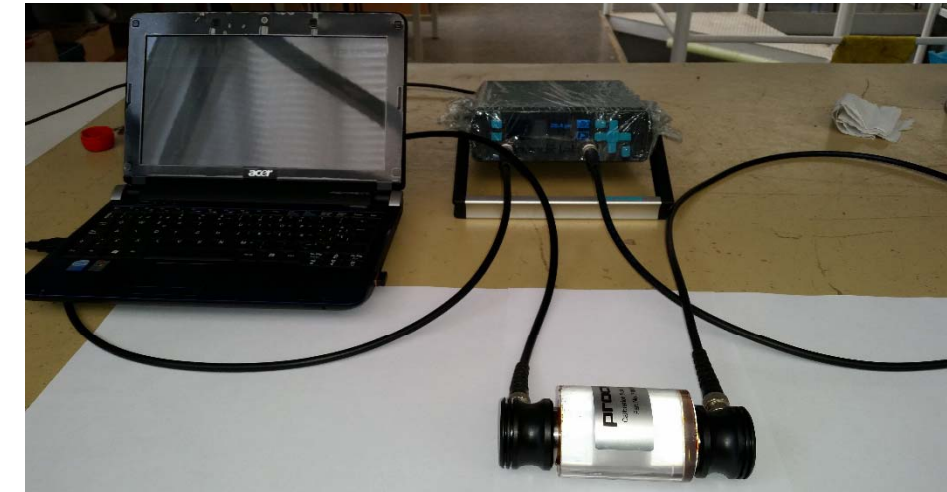
Resultados:

Módulo de Young $E = \frac{\rho v_p^2 (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$

Coef. de Poisson $\mu = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2(v_p^2 - v_s^2)}$

Interpretación:

Conocida la velocidad de propagación, se puede determinar la calidad del material (IQ)



Cuestiones:

- a) Se realizaron ensayos con el equipo de ultrasonidos en cuatro rocas diferentes: una masiva, otra ligeramente fracturada, una tercera alterada y la cuarta muy porosa. Ordenar los materiales atendiendo a la velocidad de la onda P que se espera registrar en cada uno de ellos. Hacer otro tanto en relación al Módulo de Young y al Coeficiente de Poisson. Justificar la respuesta.
- b) Se realizaron ensayos con el equipo de ultrasonidos en una misma roca bajo condiciones de humedad diferentes: seca, húmeda, saturada y sumergida. Ordenar las condiciones del macizo atendiendo a la velocidad de la onda P que se espera registrar en cada uno de los ensayos. Justificar la respuesta.
- c) Se realizaron varios ensayos geotécnicos para el anteproyecto de una carretera que atravesaría un macizo calcáreo. El material presentaba una notable porosidad pero ofrecía una resistencia adecuada y el nivel freático se encontraba muy por debajo de la rasante del trazado. Durante la ejecución de la obra se excavaron varios desmontes que se desplomaron a lo largo del primer invierno. El director de obra solicitó de inmediato un estudio geotécnico a otro laboratorio para que le ofreciese una explicación en un plazo de 48 h. Ante la premura de tiempo, se realizó un estudio geofísico que mostraba unos valores de las velocidades de las ondas P muy inferiores a los que recogía el primer informe realizado ¿Cómo explicar la disparidad de resultados? ¿Se pueden considerar válidos los resultados obtenidos durante la primera campaña? ¿Serían representativos? ¿Qué recomendaciones dar a la constructora? Justificar las respuestas.
- d) Durante la campaña de exploración geotécnica para la excavación de un túnel largo y profundo que atravesaría una cordillera alpina se realizaron varias calicatas sísmicas a lo largo del eje de la traza. Al analizar los resultados se detectaron dos puntos en los que se registraron unos valores bajos de la velocidad de las ondas P y S. Los puntos coincidieron con los márgenes laterales de un valle fluvial excavado en roca, por lo que se desestimaron los informes y se procedió a la excavación con una tuneladora. Cuando el frente de excavación alcanzó el valle se produjo un grave accidente: la clave del túnel experimentó una convergencia instantánea de varios decímetros, atrapando la cabeza de corte de la tuneladora y un caudal ingente de agua inundó en pocos minutos el frente de la galería, arrastrando la maquinaria ligera. Como consecuencia, murieron varios técnicos y la tuneladora quedó inutilizada ¿Cuáles fueron las causas del suceso? ¿Cómo explicar que no se hubiesen percatado del peligro? ¿Qué soluciones ofrecer a la constructora? Justificar la respuesta.

DENSIDAD APARENTE: MÉTODO DE LA BALANZA HIDROSTÁTICA

UNE-EN-1936

Objetivo:

Determinar la densidad aparente de las probetas de roca.

Material:

- Balanza hidrostática
- Cesto

Procedimiento:

- Secar las probetas en estufa a 105 ± 5 °C, hasta masa constante (m_d)
- Colocar en campana de vacío a una presión de 2 kPa durante 2 horas
- Dejar las probetas sumergidas en agua 24h
- Pesar las muestras bajo el agua en la balanza hidrostática (m_h)
- Secar superficialmente con un trapo y pesar (m_s)

Resultados:

$$\rho_a = \frac{m_d}{m_s - m_h} \rho_w (\text{g/cm}^3)$$

m_d : masa seca (g)

m_s : masa saturada (g)

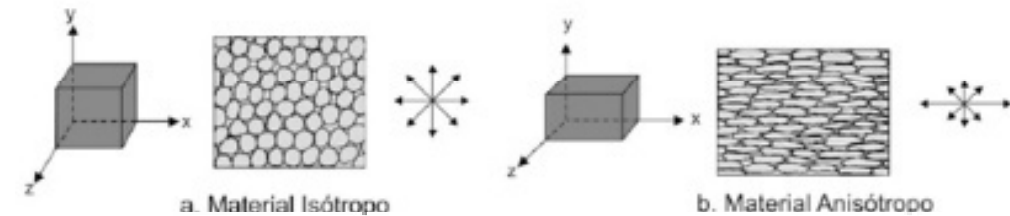
m_h : masa sumergida (g)

ρ_w : densidad del agua (g/cm³)



Cuestiones:

- a) Cómo se ordenarían los diferentes pesos específicos (*1) que se pueden determinar para un mismo litotipo rocoso? Justificar la respuesta. Nota: (*1) Peso específico sumergido, peso específico saturado, peso específico seco.
- b) ¿Cuándo resultará más desfavorable cimentar un viaducto? Cuando el sustrato rocoso presente una fábrica isotropa, cuando la fábrica sea anisótropa en el plano horizontal o cuando la anisotropía sea vertical. Justificar la respuesta.
- c) ¿Cuándo resultará más desfavorable excavar un túnel? Cuando el sustrato rocoso presente una fábrica isotropa, cuando la fábrica sea anisótropa en el plano horizontal o cuando la anisotropía sea vertical ¿Cabe la posibilidad de añadir algún matiz? Justificar la respuesta.
- d) La fracción gruesa de dos áridos calcáreos ofrecen cualidades muy diferentes. El primero presenta una porosidad muy inferior a su índice de poros, mientras que el segundo presenta una porosidad solo algo menor que el índice de poros ¿Qué tipo de fábrica presenta cada uno de los dos litotipos? ¿Cual se supone que presentará un menor índice de Los Ángeles? ¿Cómo explicar las diferencias de porosidad? Justificar las respuestas.



RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (Point Load Test)

UNE 22950-5

Objetivo:

Obtener el índice $Is(50)$, mediante la aplicación de una carga concentrada en 2 puntos.

Material:

- Prensa manual
- Puntazas cónicas

Procedimiento:

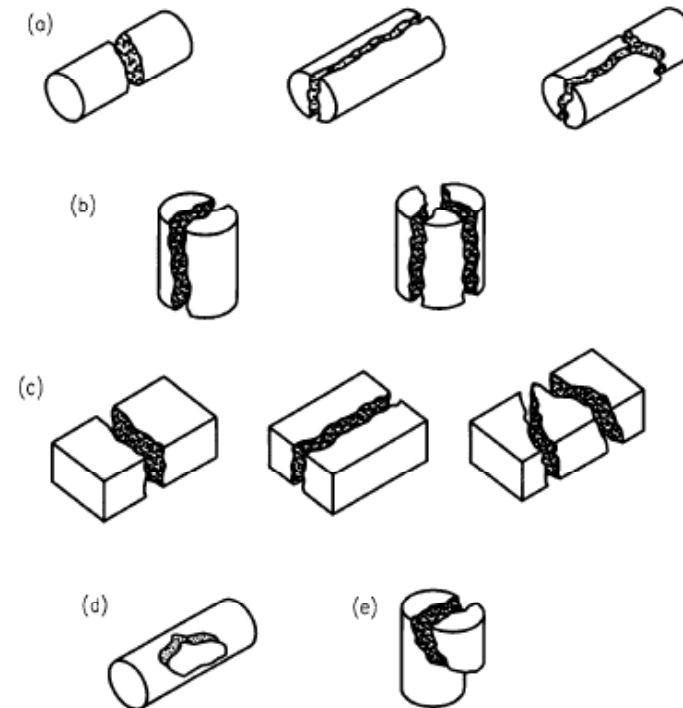
- Modalidades de ensayo: Diametral y axial
- Introducir la probeta entre las puntazas
- Incrementar la carga de forma constante hasta rotura (P)
- Tiempo de rotura: 10-60 seg

Resultados:

$$Is = (P/D)^2$$
$$Is(50) = F \cdot Is$$
$$F = (D/50)^{0.45} MPa$$

Interpretación:

La rotura será válida si la probeta se rompe según las opciones tipo: a, b o c.



Cuestiones:

- a) ¿Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una RCP con una distribución bimodal? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para diseñar un terraplén con áridos de este material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales? ¿Cómo mejorar la calidad del material? Justificar las respuestas.
- b) ¿Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una RCP con una elevada desviación estándar? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para diseñar un terraplén con áridos de este material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales? ¿Cómo mejorar la calidad del material? Justificar las respuestas.
- c) ¿En qué dirección ofrecerá mayor RCP un litotipo rocoso con una fábrica anisótropa? Justificar la respuesta.
- a) ¿Qué ensayo ofrece valores de RCP más bajos? El diametral o el axial. Justificar la respuesta.

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (Ensayo Brasileño)

UNE 22950-2

Objetivo:

Determinar la capacidad resistente de una roca sometida a tracción mediante un ensayo de compresión.

Material:

- Prensa mecánica
- Mordaza metálica de gran radio de curvatura.

Procedimiento:

- Colocar la probeta en la mordaza, teniendo en cuenta la anisotropía
- Aplicar una carga progresiva de forma continua hasta la rotura (P)
- Velocidad de ensayo: 200 N/s
- Tiempo de rotura: 15-60 s

Resultados:

$$\sigma_t = \frac{2P}{D} \text{ e (MPa)}$$

P: carga máxima en KN

D: Diámetro de la probeta en mm

e: espesor de la probeta en mm



Cuestiones:

- a) ¿Qué valores de RTI cabe esperarse de un macizo rocoso masivo sin alterar (Grado I de la escala ISRM)? ¿Mayores o menores que los valores obtenidos a RCS? Justifica la respuesta.
- b) El trazado de una carretera está previsto que atraviese una profunda garganta en macizo rocoso estratificado. El sustrato presenta una alternancia de dos materiales dispuestos en capas subhorizontales. Un material es duro y el otro blando. El paso del tiempo y la acción de los agentes geológicos ha favorecido la socavación de las capas duras por efecto de la erosión diferencial ¿Qué ensayos conviene realizar para evaluar las tensiones que afectan a las cornisas de roca dura que se encuentran descalzadas? ¿Qué tensión es la determinante en el cálculo? ¿Qué ensayo ofrece ese dato? Justifica las respuestas.
- c) Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una RTI con una distribución bimodal? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para calcular el equilibrio límite de un talud excavado en ese material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales? Justifica las respuestas.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE

UNE-EN-1926

Objetivo:

Determinar la capacidad resistente de una roca sometida a un esfuerzo de compresión uniformemente repartido.

Material:

- Prensa hidráulica de gran capacidad

Procedimiento:

- Colocar la probeta en la prensa hidráulica, teniendo en cuenta la anisotropía
- Aplicar una carga progresiva de forma continua hasta la rotura
- Velocidad de ensayo: 0,5-1 Mpa/s
- Tiempo de rotura : 1-10 min

Resultados:

$$RCS = \frac{P}{\pi \cdot R^2} \text{ (MPa)}$$

P: Carga máxima en KN

R: Radio de la probeta en mm



Cuestiones:

- a) ¿Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una RCS con una distribución bimodal? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para diseñar un terraplén con áridos de este material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales? ¿Cómo mejorar la calidad del material? Justificar las respuestas.
- a) ¿Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una RCS con una elevada desviación estándar? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para diseñar un terraplén con áridos de este material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales? ¿Cómo mejorar la calidad del material? Justificar las respuestas.
- b) ¿En qué dirección ofrecerá mayor RCS un litotipo rocoso con una fábrica anisótropa? Justificar la respuesta.
- c) ¿Cómo mejorar la RCS de un terraplén construido con materiales piroclásticos?



ENSAYOS DE ÁRIDOS (FRACCIÓN GRUESA)

LIMPIEZA SUPERFICIAL

UNE 146130 (ANEXO C)

Objetivo:

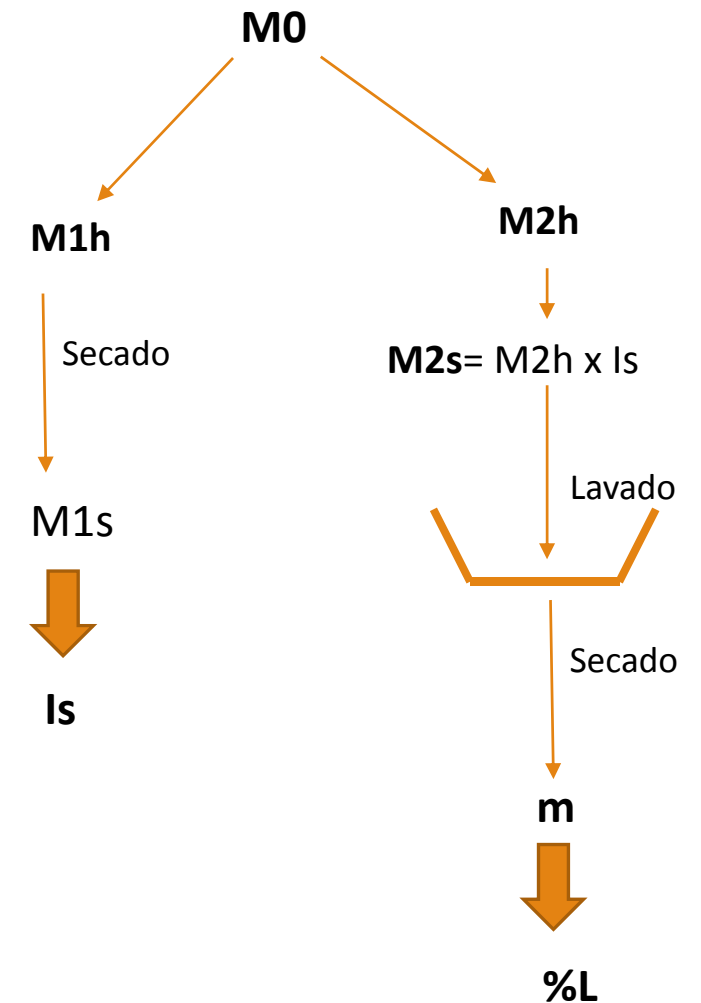
Separar por lavado las impurezas mezcladas o adheridas a la superficie de los áridos.

Material:

- Tamiz 0,5 mm
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

- La muestra de laboratorio M_0 se divide en dos
- La submuestra M_{1h} se pesa, se deja en la estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ y se anota la nueva masa M_{1s}
- La submuestra M_{2h} se lava sobre el tamiz 0.5mm con agua abundante
- El material retenido se recupera cuidadosamente y se seca (m)



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

LIMPIEZA SUPERFICIAL

UNE 146130 (ANEXO C)

Resultados:

Índice de sequedad

$$Is = \frac{M_{1s}}{M_{1h}}$$

Masa seca de ensayo (g)

$$M_{2s} = M_{2h} \times Is$$

Impurezas (g)

$$I = Ms - m$$

Coefficiente de limpieza

$$\%L = \frac{Ms - m}{Ms} \times 100$$

Interpretación:

Un árido sucio puede ser la causa de la degradación prematura de un firme de carreteras.

Las fracciones gruesas deben estar exentas de polvo, ya que se pretende garantizar que la capa de firme conserve sus características resistentes en presencia de agua y que no se produzcan problemas de adhesividad con los ligantes.

REF: FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE 146130:2000 (Anexo C).
Determinación de la Limpieza Superficial del árido grueso.

EQUIPOS:

Estufa n°:

Balanza n°:

MASA TOTAL DE LA MUESTRA. (g)	(M) =
MASA PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD. (g)	(M _{1h}) =
MASA PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO. (g)	(M _h) =

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SEQUEDAD (Is)

MASA HÚMEDA M _{1h} (g)	
MASA SECA M _{1s} (g)	
Is = M _{1s} / M _{1h}	

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE LIMPIEZA

MASA SECA (Ms = M _{1h} x Is)
Ms =

MASA PARTÍCULAS >0,5 mm
m =

IMPUREZAS (I = Ms - m)
I =

PORCENTAJE DE LIMPIEZA
(I / Ms) x 100

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones:

- a) ¿Qué efectos tendría fabricar un terraplén con un árido grueso recubierto por una película superficial de limo? ¿Qué efectos tendría si se utilizara esa misma fracción para fabricar una capa asfáltica? Justificar las respuestas.
- b) ¿Qué método de molienda genera un mayor porcentaje de polvo durante la fabricación de los áridos? Justificar la respuesta.
- c) ¿Cómo se podría reducir el porcentaje de polvo en la fabricación de un árido? Justificar la respuesta.



DENSIDADES Y ABSORCIÓN DE AGUA

UNE-EN 1097-6

Objetivo:

Determinar la densidad aparente, real, saturada y el porcentaje de absorción de agua de las partículas de árido grueso.

Material:

- Picnómetro 2L
- Equipo de aplicación de vacío
- Tamiz 1,6 mm
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

- Pesar el picnómetro totalmente seco con su enrase
- Introducir la muestra en el picnómetro con cuidado y pesar el conjunto
- Rellenar el picnómetro con agua hasta cubrir el material
- Extraer las posibles burbujas de aire balanceando y dando ligeros golpes al picnómetro
- Aplicar el vacío durante 20- 30 min para terminar de extraer el aire
- Poner al baño María a 25º durante 24h
- Enrasar el picnómetro, secar exteriormente , pesar y medir temperatura **(M2)**
- Vaciar el picnómetro sobre el tamiz 1,6mm, extender sobre una superficie y con aire caliente dejar secar hasta que la capa superficial de agua desaparezca. Pesar **(M1)**
- Secar la muestra en estufa y pesar **(M4)**
- Rellenar el picnómetro solo con agua hasta el enrase. Pesar y medir temperatura **(M3)**



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

DENSIDADES Y ABSORCIÓN DE AGUA

UNE-EN 1097-6

Resultados:

Densidad aparente (T/m³)

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

Densidad real (T/m³)

$$\rho_r = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Densidad s.s.s. (T/m³)

$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Absorción de agua (%)

$$W = 100 \frac{(M_1 - M_4)}{M_4}$$

M1: muestra s.s.s.

M2: Picnómetro+ H₂O+muestra

M3: Picnómetro+H₂O

M4: muestra seca

Interpretación:

Los materiales masivos suelen presentar mayores densidades que los materiales porosos, por el contrario, los materiales porosos presentan valores de absorción mayores que los de los materiales masivos.

Por lo general, los materiales más densos ofrecen más resistencia al desgaste y la fragmentación.

REF:

FRACCION:

ENSAYO SOLICITADO: UNE-EN 1097-6:2001. Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

EQUIPOS:

Balanza n°

Estufa n°

Baño de agua n°

		Uds.	Peso en gramos
Muestra inicial		g	
Picnómetro vacío		g	
Picnómetro+muestra		g	
Picnómetro+muestra+agua enrasado	M ₂	g	
Picnómetro+agua enrasado	M ₃	g	
Muestra s.s.s.	M ₁	g	
Masa del árido seco (110 ± 5°C)	M ₄	g	
Densidad aparente de partículas (g/cm ³):			
$\rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} =$			
Densidad de partículas tras secado en estufa (g/cm ³):			
$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} =$			
Densidad de partículas s.s.s. (g/cm ³):			
$\rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} =$			
% Absorción de agua (g/cm ³):			
$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4} =$			

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones:

- a) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con áridos masivos o con áridos porosos? Justificar la respuesta.
- b) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con áridos procedentes de una roca masiva parcialmente meteorizada (Grado III de la escala ISRM) o uno fabricado con áridos procedentes de una roca blanda sana (Grado I de la escala ISRM)? Justificar la respuesta (cfr. CTE-2006, SEC-C).
- c) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de ser trasmisivo al agua? Un árido con una gran porosidad intragranular y una baja porosidad intergranular; o bien, un árido con una baja porosidad intragranular y una alta porosidad intergranular. Justifica la respuesta.
- d) ¿Cómo mitigar la porosidad intergranular de un árido poroso? ¿Qué sentido tendría esta mejora del terreno?
- e) ¿Cómo mitigar la porosidad intragranular de un árido? ¿Qué sentido tendría esta mejora del terreno?
- f) ¿Cómo mejorar la densidad aparente de un terraplén construido con áridos piroclásticos?
- g) Una corporación local requiere la reparación urgente de un terraplén destruido por las últimas lluvias. La estructura de cimentación salva una pequeña vaguada y enlaza dos barrios que de otra manera quedarían desconectados. Por razones presupuestarias solo se dispone de liquidez para adquirir el material de préstamo y la maquinaria de compactación al mismo proveedor. Las opciones que se barajan son dos. El primer proveedor ofrece una compactadora de alta energía y las fracciones media y fina de un árido silíceo de buena calidad. El segundo proveedor ofrece una compactadora de baja energía y la fracción gruesa del mismo árido que la competencia. Proponer una opción de compra razonada que base su argumentación en los factores que condicionan la fricción interna del material granular (Hough, 1957).

3. ENSAYOS DE ÁRIDOS: FRACCIÓN GRUESA (4/20 mm)

GRANULOMETRÍA:

Método del tamizado

UNE-EN 933-1

Objetivo:

Determinar los diferentes tamaños de partículas de un árido.

Material:

- Serie de tamices reticulares
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

- Tras el lavado y secado del material de ensayo, se vierte la muestra sobre una columna de tamices, colocados en orden descendente de tamaños de abertura
- Se agita la columna mecánicamente o cada tamiz manualmente
- Se pesa el material retenido en cada tamiz y se anota



3. ENSAYOS DE ÁRIDOS: FRACCIÓN GRUESA (4/20 mm)

GRANULOMETRÍA:

Método del tamizado

UNE-EN 933-1

Resultados:

Los resultados se representan con la función que relaciona el peso acumulado (%) con respecto a la luz de los tamices (mm) o bien el peso que pasa (%) con respecto a la luz de los tamices (mm).

Interpretación:

Los áridos bien graduados suelen presentar menor porosidad, mayor densidad y mayor resistencia a la compresión.

Suelen utilizarse granulometrías sensiblemente continuas, a fin de conseguir la máxima compacidad del conjunto.

La granulometría debe ajustarse a un huso normalizado partiendo de fracciones uniformes que se mezclan en las proporciones adecuadas.

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE EN 933-1:1998. Análisis granulométrico.
Áridos

EQUIPOS:

Balanza n°:

PESO INICIAL (g).

PESO LAVADO (g).

TAMICES UNE	RETENIDO ENTRE TAMICES		(%) RETENIDO ACUMULADO	(%) PASA	(%) PASA ACUMULADO
	PESO (g)	%			
20					
16					
10					
8					
4					
2					
1					
0,5					
0,25					
0,125					
0,063					
FONDO					

OBSERVACIONES:

Masa de los finos eliminados tras lavado (g)	
%Finos < 0,063mm	
Pérdida de finos: $100 * (M2 - \Sigma R) / M2 < 1\%$	

3. ENSAYOS DE ÁRIDOS: FRACCIÓN GRUESA (4/20 mm)

Interpretación: HUSOS GRANULOMÉTRICOS PG-3, Art.542

Capas de base

Tipo de mezcla	Semidensa		Gruesa	
#Tamices (mm)	AC 32 S	AC 22 S MAM	AC 22 G	AC 32 G
40	100			100
32	90-100	100	100	90-100
22		90-100	90-100	
16	68-72	70-88	65-86	58-76
8	48-63	50-66	40-60	35-54
2	24-38	24-38	18-32	18-32
0,5	11-21	11-21	7-18	7-18
0,25	3-7	8-15	4-12	4-12
0,063	3-7	5-9	2-5	2-5

Capas intermedias

Tipo de mezcla	Densa	Semidensa		Alto módulo
#Tamices (mm)	AC 22 D	AC 32 S	AC 22 S	AC 22 bin S MAM
40		100		
32	100	90-100	100	100
22	90-100		90-100	90-100
16	73-88	68-82	70-88	70-88
8	55-70	48-63	50-66	50-66
2	31-46	24-38	24-38	24-38
0,5	16-27	11-21	11-21	11-21
0,25	11-20	7-15	7-15	7-15
0,063	4-8	3-7	3-7	5-9

Capas de rodadura

Tipo de mezcla	Densa		Semidensa		BBTM A		BBTM B		Drenante	
#Tamices (mm)	AC 16 D	AC 22 D	AC 16 S	AC 22 S	BBTM 8A	BBTM 11A	BBTM 8B	BBTM 11B	PA 11	PA 16
32		100		100						
22	100	90-100	100	90-100						100
16	90-100	73-88	90-100	70-88		100		100	100	90-100
11,2					100	90-100	100	90-100	90-100	
8	64-79	55-70	60-75	50-66	90-100	62-82	90-100	60-80	50-70	40-60
5,6					50-70		42-62			
4	44-59		35-50		28-38	28-38	17-27	17-27	13-27	13-27
2	31-46	31-46	24-38	24-38	25-35	25-35	15-25	15-25	10-17	10-17
0,5	16-27	16-27	11-21	11-21	12-22	12-22	8-16	8-16	5-12	5-12
0,25	11-20	11-20	7-15	7-15						
0,063	4-8	4-8	3-7	3-7	7-9	7-9	4-6	4-6	3-6	3-6

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones:

- a) ¿Qué fracción convendría utilizar de modo predominante para construir el núcleo de un terraplén muy alto ($h > 40\text{m}$)? ¿FG, FM o FF? Justificar la respuesta.
- b) ¿Qué fracción convendría utilizar de modo predominante para fabricar un relleno pelicular ($h < 1\text{m}$) que suavice los baches del sustrato? ¿FG, FM o FF? Justificar la respuesta.
- c) ¿Qué fracción convendría utilizar de modo predominante para construir el núcleo de una pantalla vertical impermeable? ¿FG, FM o FF? Justificar la respuesta.
- d) ¿Qué fracción convendría utilizar de modo predominante para construir el vaso de una balsa filtrante para la recarga de un acuífero? ¿FG, FM o FF? Justificar la respuesta.
- e) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con un huso homométrico o con una granulometría heterométrica? Justificar la respuesta.
- f) ¿Qué tipo de árido resulta más eficiente para apoyar una cimentación superficial? ¿Y para construir un terraplén de carretera? ¿Y para fabricar el núcleo de una presa de tierras? Justificar las respuestas.
- g) ¿Cómo debería ser el huso granulométrico de un árido muy permeable? ¿Y el de un árido muy poco permeable?

INDICE DE LAJAS

UNE-EN 933-3

Objetivo:

Indicar el número de partículas planas o delgadas que tiene el material a ensayar.

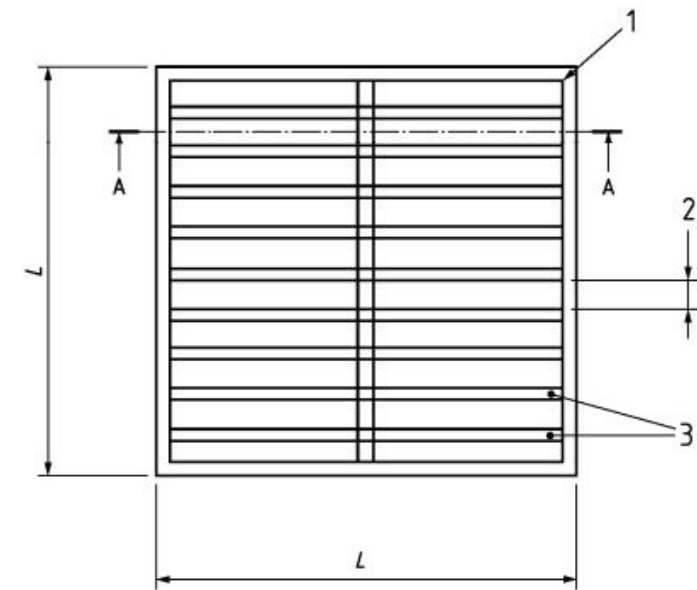
Material:

- Serie de tamices reticulares
- Serie de tamices de barras
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

Realizar dos operaciones de tamizado consecutivas:

- Mediante tamices reticulares para dividir la masa en fracciones. Anotar el peso retenido para cada fracción granulométrica
- Mediante tamices de barras para separar las lajas y agujas. Anotar el peso de las partículas que pasan



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

INDICE DE LAJAS

UNE-EN 933-3

Resultados:

$$IL = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

M1: masa total de ensayo

M2: masa total de las partículas que pasan.

Interpretación:

- $IL \approx (0)$ material con pocas lajas
- $IL < 35$ áridos aptos para su uso en capas asfálticas

Las partículas con forma de lajas y agujas se rompen con facilidad durante la compactación de los terraplenes e incluso bajo la acción del tráfico. Esto favorece la aparición de fracturas en la capa superior del terraplén (capa asfáltica) y el proceso de micro colapso que afecta a toda la estructura (terraplén).

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE EN 933-3:1997.

Determinación del Índice de lajas según la EHE

EQUIPOS:

Balanza n°:

Estufa n°:

MASA INICIAL: $M_0 =$		MASA > 80 mm = MASA < 4 mm = Σ MASAS RECHAZADAS =		
TAMIZADO		CRIBADO		
D(mm)	MASA RETENIDA (R_i) (g)	TAMICES DE BARRAS (mm)	MASA QUE PASA (m)	IL (m_i/R_i)*100
63		40		
50		31.5		
40		25		
31.5		20		
25		16		
20		12.5		
16		10		
12.5		8		
10		6.3		
8		5		
6.3		4		
5		3.15		
4		2.5		
$M_2 = \Sigma R_i =$		$M_2 = \Sigma m_i =$		

$$IL = (M_2/M_1) \times 100 =$$

$$100 \times \frac{M_0 - [\Sigma R_i + \Sigma \text{Masas rechazadas}]}{M_0} = < 1\%$$

OBSERVACIONES:

COEFICIENTE DE FORMA

UNE-EN 933-4

Objetivo:

Representar la proporción de partículas no cúbicas de la muestra total

Material:

- Serie de tamices reticulares
- Pie de rey
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

Se realizan dos operaciones, de forma consecutiva:

- Tamizado, para dividir la masa en fracciones. Anotar el peso retenido para cada fracción
- Separación manual de las partículas prismáticas atendiendo al criterio ($L/e > 3$), donde L es la longitud de la partícula y e es el espesor. Usar el pie de rey, si fuera necesario. Anotar el peso final de cada grupo de partículas (prismáticas/no prismáticas)



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

COEFICIENTE DE FORMA

UNE-EN 933-4

Resultados:

$$SI = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \times 100$$

M1: masa total de la muestra de ensayo

M2: sumatorio de la masa de las partículas no cúbicas que hay en cada fracción granulométrica

Interpretación:

Un coeficiente de forma elevado indica un árido de calidad.

Interesan los áridos con formas cúbicas, debido a la alta compactidad que ofrecen, frente a los que presentan un carácter elongado.

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE EN 933-4:2008 Determinación del coeficiente de forma del árido grueso.

EQUIPOS:

Estufa n°:

Balanza n°:

Masa inicial= M_0 (g) =		Masa < 4 mm=		ΣM Rechazadas=
Masa de ensayo= M_1 (g) =		Masa >63 mm =		
Fracción granulométrica (Di/di)	Masa retenida (Ri)	Partículas no cúbicas (Mi)	Partículas cúbicas (M3)	Coeficiente de forma SI=(M2/M1)X100
20/25				
16/20				
10/16				
8/10				
4/8				
	$\Sigma Ri=M1=$	$\Sigma Mi=M2=$		

CARAS DE FRACTURA

UNE-EN 933-5

Objetivo:

Determinar el porcentaje de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso.

Las partículas trituradas son aquellas que tienen más del 50% de sus caras con aristas vivas. Los áridos que tengan más del 90% de sus caras trituradas, son partículas totalmente trituradas.

Material:

- Serie de tamices reticulares
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

Se realizan dos operaciones consecutivas:

- Tamizado para dividir la masa en fracciones. Anotar el peso retenido para cada fracción
- Separación manual de las partículas redondeadas y las elongadas (lajas). Anotar el peso de cada tipo de partícula



a) Angulosas



b) Poco angulosas
(subangulosas)



c) Poco redondeadas
(subredondeadas)



d) Redondeadas



e) Bien redondeadas

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

CARAS DE FRACTURA

UNE-EN 933-5

Resultados:

$$C_{(c,r,tc,tr)} = \frac{M_{(c,r,tc,tr)}}{M_1} \times 100$$

Cc: porcentaje de partículas trituradas

Ctc: porcentaje de partículas totalmente trituradas

Cr: porcentaje de partículas redondeadas

Ctr: porcentaje de partículas totalmente redondeadas

M1: masa de ensayo

Interpretación:

La angulosidad de las partículas que forman el árido influye en la resistencia que ofrecerá el esqueleto mineral de las cimentaciones en las que se utilicen (terraplenes, etc.).

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE EN 933-5:1999 Determinación del porcentaje de caras de fracturas de las partículas de árido grueso.

EQUIPOS:

Estufa n°:

Balanza n°:

Masa inicial= M_0 (g) =		Masa < 4 mm=		EM Rechazadas=				
Masa de ensayo= M_1 (g) =		Masa > 63 mm =						
Ensayo cuando $D \leq 2d$								
d_i/D_i (mm)	P. Trituradas + P. Totalmente Trituradas M_c (g)	P. Totalmente trituradas M_{tc} (g)	P. Redondeada s + P. Totalmente redondeas M_r (g)	P Totalment e redondead as M_{tr} (g)	Porcentaje de partículas de cada tipo (%) $M(c,tc,r,tr) / M_1 \times 100$			
	Cc	Ctc	Cr	Ccr				
20/25								
16/20								
10/16								
8/10								
4/8								
Porcentaje ponderado %								
Ensayo cuando $D > 2d$								
d_i/D_i (mm)	Reduc ida S/N	Particul as < 100	Masa M_i (g)	Masa frac. A ensayar M_{ii} (g)	% de cada frac. V_i (%) $R \times$ M_{di}/D_i $\times 100$	Masa de las partículas (g)		
	Mc	Mtc	Mr	Mtr				
Porcentaje ponderado %								

Observaciones:

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones relativas a la forma del árido:

- a) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con áridos lajosos o con áridos redondeados? Justificar la respuesta (cfr. CTE-2006, SEC-C).
- b) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con áridos cuarcíticos o con áridos graníticos? Justificar la respuesta (cfr. CTE-2006, SEC-C).
- c) ¿Qué índice de lajas resulta más eficiente para apoyar una cimentación superficial? ¿Y para construir un terraplén de carretera? ¿Y para fabricar el núcleo de una presa de tierras? Justificar las respuestas.
- d) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un asiento no admisible? ¿Un terraplén fabricado con áridos prismáticos o con áridos redondeados? Justificar la respuesta.
- e) ¿Qué coeficiente de caras de fracturas resulta más eficiente para apoyar una cimentación superficial? ¿Y para construir un terraplén de carretera? ¿Y para fabricar el núcleo de una presa de tierras? Justificar las respuestas.

RESISTENCIA AL DESGASTE (Micro-Deval)

UNE-EN 1097-1

Objetivo:

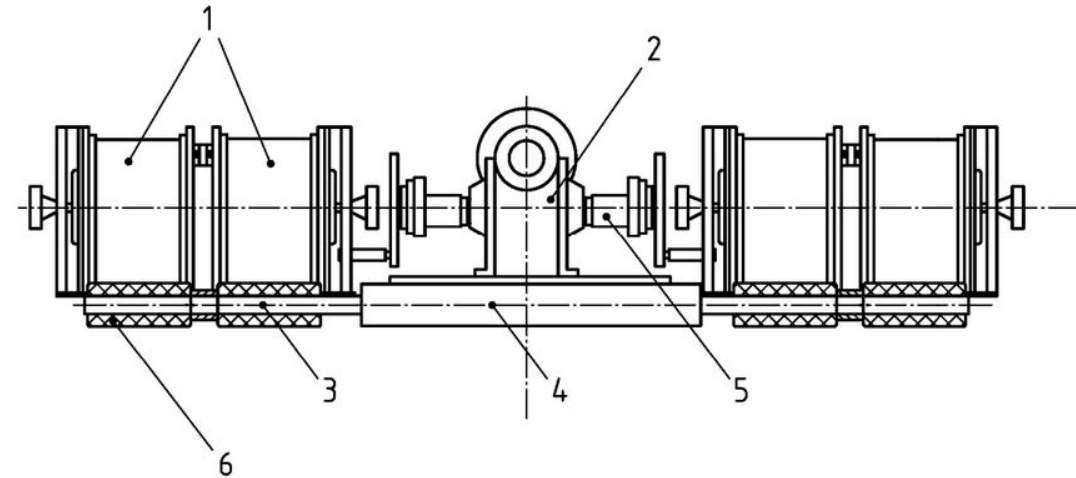
Medir el desgaste producido por el rozamiento entre los áridos y una carga abrasiva bajo unas determinadas condiciones.

Material:

- 2000g del árido de fracción 10/14 mm (30-40% de partículas < 11,2 mm)
- Máquina de Micro-Deval
- Carga abrasiva, según la fracción del árido (bolas de acero: $\varnothing$ 10 mm, 4 g)
- Tamiz 1.6 mm y 8 mm
- Tamices 10, 11.2 ó 12.5 y 14 mm
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

- Introducir en cada tambor una muestra de 500 g + boliches + 2.5 l de agua
- Cerrar cada tambor y hacerlos girar durante (12000 ± 10) revoluciones
- Velocidad: 100 ± 5 r.p.m.
- Vaciar tambores en el tamiz 1.6 mm. Usar el tamiz 8mm como protección
- Lavar, secar y pesar el material retenido (**m**)



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

RESISTENCIA AL DESGASTE (Micro-Deval)

UNE-EN 1097-1

Resultados:

$$MDA = \frac{500 - m}{5}$$

m: masa retenida en el tamiz 1.6 mm (g)

Interpretación:

Cuanto menor es el coeficiente MDA mejor es la resistencia que ofrece el árido al desgaste por abrasión.

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE-EN 1097-1:2011. Micro-Deval
Ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos.
Métodos para la determinación de la resistencia al desgaste

EQUIPOS:

Máquina desgaste Micro Deval n°:

Estufa n°:

Balanza n°:

RESULTADOS OBTENIDOS:

TAMIZ UNE (mm)	RETENIDO (g)	PASA (%)	INTERVALOS DE MASAS (g)
TOTAL	500 g		

N° de bolas ____; Masa de las bolas: ____ (g); N° de vueltas: 2 horas

Retenido tamiz UNE 1,6 (m): ____ (g)

COEFICIENTE DE MICRO-DEVAL (MDA):

$$MDA = \frac{500 - m \text{ (g)}}{5} = \text{ (g)}$$

OBSERVACIONES:

Tamiz (mm)	16	14	12.5	10	8	4	1.6
Peso retenido (g)							

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones:

- a) ¿Cómo explicar que un litotipo más denso ofrezca un coeficiente MDA mayor y un coeficiente LA menor que un árido algo más ligero?
- b) Dos áridos fabricados del mismo material (granito) solo se diferencian por el tamaño cristalino. Uno está formado por cristales grandes (pegmatita) y el otro por cristales pequeños (aplita) ¿Cabe esperarse que ofrezcan diferente coeficiente de MDA? ¿Cuál sería más resistente al desgaste? Justificar las respuestas.
- c) ¿Que configuración ofrece más probabilidades de experimentar un desgaste acelerado? ¿Una capa de rodadura fabricada con áridos procedentes de una roca masiva parcialmente meteorizada (Grado III de la escala ISRM) o una mezcla bituminosa fabricada con áridos procedentes de una roca blanda sana (Grado I de la escala ISRM)? Justificar la respuesta (cfr. CTE-2006, SEC-C, Anexo D).

RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN (Los Ángeles)

UNE-EN 1097-2

Objetivo:

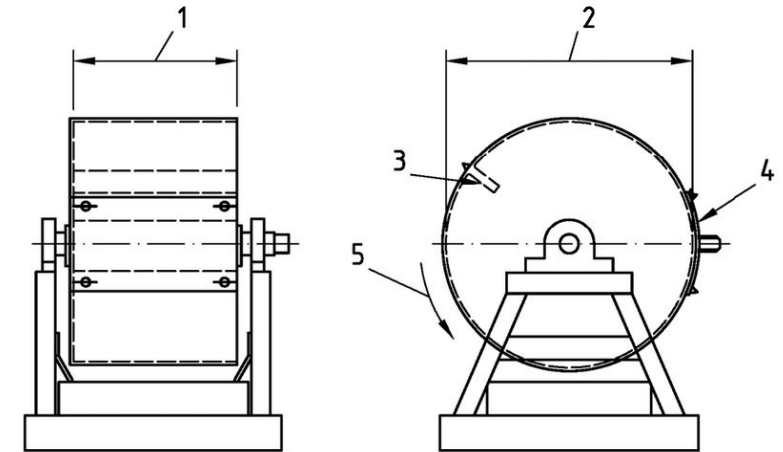
Determinar la resistencia a la rotura de un árido cuando se somete a una carga abrasiva mediante volteo giratorio.

Material:

- 5 Kg de árido de la fracción 10/14 mm (30-40% de partículas < 11,2 mm)
- Máquina de Los Ángeles
- Carga abrasiva en función de la fracción de árido: bolas de acero $\varnothing$ 45-49 mm y 400-445 g
- Tamiz 1.6 mm
- Tamices 10, 11.2 ó 12.5 y 14 mm
- Báscula
- Estufa

Procedimiento:

- Introducir la masa de ensayo más la carga abrasiva en el tambor de la máquina
- Cerrar el tambor y hacerlo girar durante 500 vueltas
- Velocidad de ensayo: 31-33 r.p.m.
- Vaciar el tambor, retirar la carga y lavar la muestra con agua sobre el tamiz 1.6mm
- Secar en estufa y pesar el material retenido (m)



3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN (Los Ángeles)

UNE-EN 1097-2

Resultados:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

m: masa retenida en el tamiz 1.6 mm (g)

Interpretación:

LA>50 áridos de mala calidad, no aptos para capas de firme.

LA<20 áridos óptimos para capas de rodadura con tráfico pesado.

El coeficiente de LA depende de la cohesión entre las partículas minerales y la forma del grano. La dureza (escala de Mohs) y homogeneidad mineral de la partícula, así como la forma cúbica (bajo índice de lajas) favorecen la resistencia a la fragmentación

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE-EN 1097-2:1999. DESGASTE DE LOS ANGELES
Ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos.
Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

EQUIPOS:

Máquina desgaste de Los Angeles nº:

Estufa nº:

Balanza nº:

RESULTADOS OBTENIDOS:

TAMIZ UNE (mm)	RETENIDO (g)	PASA (%)	INTERVALOS DE MASAS (g)
TOTAL	5000 g		

Nº de bolas _____ ; Masa de las bolas: _____ (g) ; Nº de vueltas: 500

Retenido tamiz UNE 1,6 (m): _____ (g)

COEFICIENTE DE LOS ANGELES (LA) :

$$LA = \frac{5000 - m \text{ (g)}}{50} = \text{ (g)}$$

OBSERVACIONES:

Tamiz (mm)	16	14	12.5	10	8	4	1.6
Peso retenido (g)							

3-Ensayos de áridos: Fracción gruesa (4/20 mm)

Cuestiones:

- a) Dados dos áridos homogéneos, uno de naturaleza silíceo y otro de naturaleza calcárea ¿Cuál ofrecerá un menor índice LA? Justificar la respuesta.
- b) Dados dos áridos silíceos, el primero de naturaleza homogénea, formado solo por sílice; y el segundo heterogéneo, formado por varios silicatos, entre los que se encuentra la sílice ¿Cuál ofrecerá un menor índice LA? Justificar la respuesta.
- c) A partir de un mismo material se han elaborado cuatro áridos con un coeficiente de forma distinto. En el primer tipo predominan las partículas esféricas, en el segundo las cúbicas, en el tercero las cilíndricas y en el cuarto las planares. Ordenar los cuatro tipos de áridos atendiendo al coeficiente de LA que se prevé ofrezcan. Justificar la respuesta.
- d) ¿Cómo explicar que un litotipo rocoso ofrezca una elevada densidad aparente y una baja resistencia a la compresión simple, mientras que sus áridos ofrecen un bajo índice de Los Ángeles? ¿Qué valores de resistencia deberían utilizarse para diseñar un terraplén con áridos de este material? ¿Qué recomendar al constructor para mitigar problemas colaterales?
- e) Se pretende construir una vía ferroviaria que atravesase un extenso territorio calcáreo. En el estudio previo se desestimó usar materiales de préstamo de naturaleza silíceo para fabricar el balasto, dado el sobre coste que supondría para el proyecto ¿Qué recomendaciones proponer a la constructora para la fabricación del árido? ¿Qué recomendaciones ofrecer a la propiedad para prolongar la durabilidad de la infraestructura? Justificar las respuestas.



ENSAYOS DE ÁRIDOS (FRACCIÓN FINA)

DENSIDADES Y ABSORCIÓN DE AGUA

UNE-EN 1097-6

Objetivo:

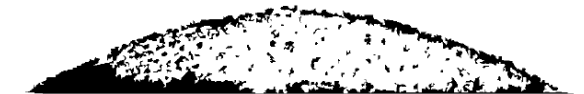
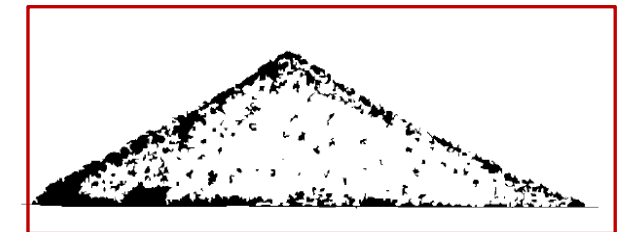
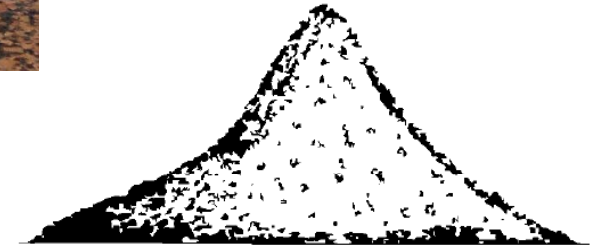
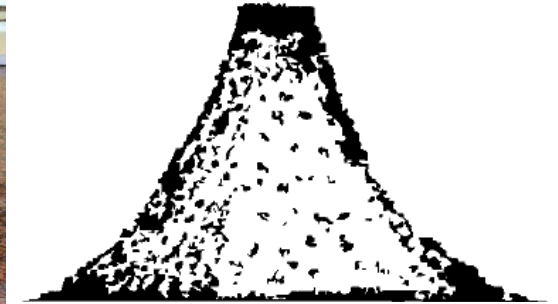
Determinar la densidad aparente y la capacidad de absorción de agua de las partículas finas.

Material:

- Picnómetro 2L
- Equipo de aplicación de vacío
- Tamiz 0.063mm
- Molde tronco cónico y pisón

Procedimiento:

- Pesar el picnómetro totalmente seco con su enrase
- Introducir la muestra en el picnómetro con cuidado y pesar el conjunto
- Rellenar el picnómetro con agua hasta cubrir el material
- Extraer las burbujas de aire removiendo el contenido del picnómetro
- Aplicar el vacío durante 20-30 min para extraer el aire
- Poner al baño María (25º C) durante 24h
- Enrasar el picnómetro, secar exteriormente y pesar
- Vaciar el picnómetro en el tamiz 0,063mm, extender sobre una superficie y secar al aire hasta evaporar la película superficial. Pesar
- Para saber si la humedad es adecuada: rellenar el molde golpeándolo 25 veces, desmoldar y observar el resultado, cfr. figura
- Secar la muestra en estufa y pesar



4-Ensayos de áridos: Fracción Fina (0/4 mm)

Cuestiones:

- a) Dos operarios distintos realizaron el ensayo de la densidad aparente con el mismo litotipo ¿Cómo se explica que obtuviesen diferentes valores de la densidad saturada con la superficie seca?
- b) Un técnico que realiza numerosos ensayos para la determinación de la densidad aparente suele secar en exceso la muestra antes de determinar el peso saturado con la superficie seca ¿Qué error introduce en el cálculo de la densidad real?
- c) Un técnico que realiza numerosos ensayos para la determinación de la densidad aparente suele secar en defecto la muestra antes de determinar el peso saturado con la superficie seca ¿Qué error introduce en el cálculo de la densidad real?
- d) ¿Cómo comprobar de forma experimental el punto que sugiere la norma de áridos para medir el peso saturado con la superficie seca de la fracción fina?

EQUIVALENTE DE ARENA

UNE-EN 933-8

Objetivo:

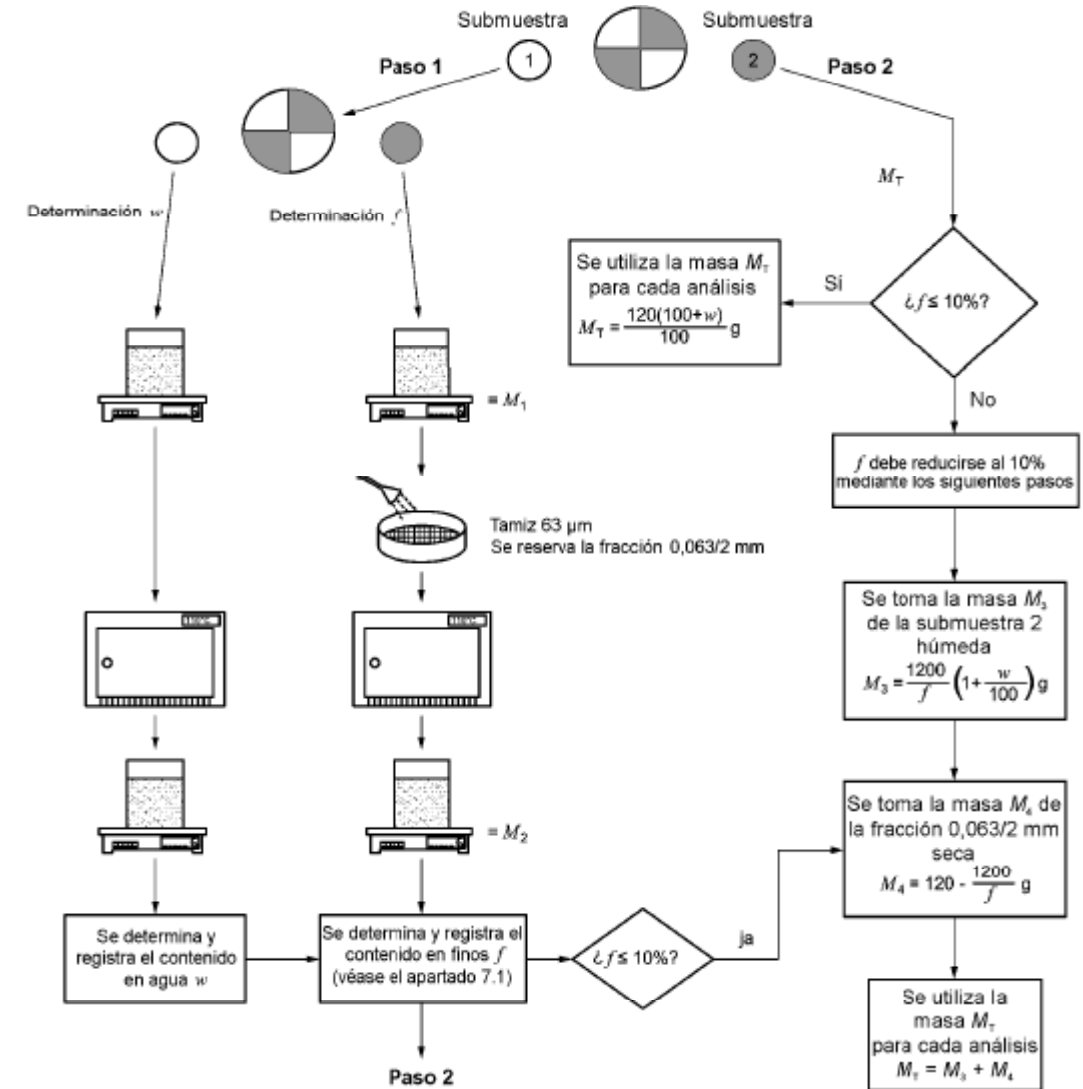
Determinar la cantidad de limo y arcilla que contiene el árido fino.

Material:

- Tamiz 2mm
- Agitador
- Probetas cilíndricas
- Solución de lavado
- Muestra de laboratorio 0/2mm

Procedimiento:

- Dividir en dos submuestras, una para determinar el % de finos y el % de humedad, la otra para el ensayo
- Rellenar una probeta cilíndrica con la solución de lavado hasta la marca inferior
- Verter la submuestra y mezclar bien con la solución
- Dejar reposar 10 min
- Sellar la probeta y ponerla en el agitador 30 s
- Quitar el tapón y rellenar la probeta hasta la segunda marca
- Dejar reposar 20 min y medir



4-Ensayos de áridos: Fracción Fina (0/4 mm)

EQUIVALENTE DE ARENA

UNE-EN 933-8

Resultados:

$$EA = \left(\frac{h_2}{h_1} \right) \times 100$$

h2: altura del árido limpio en cm

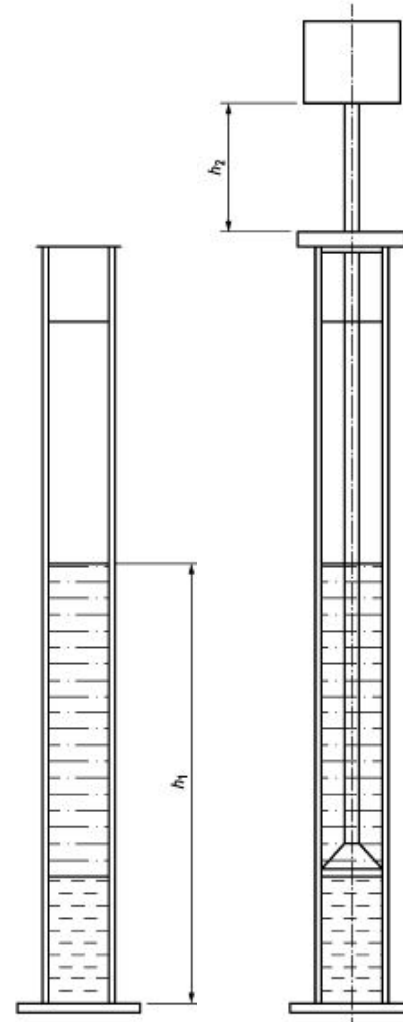
h1: altura de las partículas contaminantes en cm

Interpretación:

La presencia de partículas muy finas provoca problemas de adhesividad con los ligantes.

EA<20 Indica un árido muy contaminado, alto contenido de arcilla o limo.

EA>50 Indica un árido limpio, bajo contenido de arcilla o limo. Apto para cualquier uso.



REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE 933-8:2000. Equivalente de arena

EQUIPOS:

Balanza n°:

Estufa n°:

RESULTADOS OBTENIDOS:

Masa de cada submuestra = =

$$W = \frac{120(100+W)}{100}$$

Muestra	Masa <u>submuestras</u>		h1 arcilla	h2 arena	EA = $\frac{EA}{h_2} \times 100 =$ EA = $\frac{h_2}{h_1} \times 100 =$
1					
2					
3					
4					
5					

4-Ensayos de áridos: Fracción Fina (0/4 mm)

Cuestiones:

- a) ¿Que consecuencias tendría para la construcción de un terraplén que la fracción fina del árido utilizado tuviese >25% de partículas de tamaño <0,06mm? Justificar la respuesta.
- b) ¿Que consecuencias tendría para la fabricación de cemento que la fracción fina del árido utilizado tuviese >25% de partículas de tamaño <0,06mm? Justificar la respuesta.
- c) ¿Que consecuencias tendría para la fabricación de cemento que la fracción fina del árido utilizado tuviese >25% de partículas de tamaño >2mm? Justificar la respuesta.

FRIABILIDAD DE ARENAS

UNE-EN 933-8

Objetivo:

Determinar la resistencia a la fragmentación de las arenas midiendo su degradación granulométrica.

Material:

- Carga abrasiva de distintos diámetros: 2500 g
- Máquina de Micro-Deval
- Tamiz 0.05 mm, 0.2 mm y 8 mm
- Muestra de 500 g de 0/2 mm

Procedimiento:

- Introducir la muestra, la carga abrasiva y el agua en el tambor
- Cerrar los tambores y ponerlos a girar durante 1500 vueltas
- Velocidad: 100 +/- 5 r.p.m.
- Vaciar los tambores sobre el tamiz 0.05 mm usando el tamiz 8mm y 0.2 mm como protección
- Lavar, secar y pesar el material retenido (m)



FRIABILIDAD DE ARENAS

UNE-EN 933-8

Resultados:

$$F.A. = \frac{m}{M} \times 100 = \frac{M - m'}{M} \times 100$$

M: masa inicial de ensayo (g)

m: masa < 0.5 mm (g)

m': masa > 0.5 mm (g)

Interpretación:

Cuanto menor es el coeficiente FA mejor es la resistencia que ofrece el árido al desgaste por fragmentación.

Cuestión:

Se realizaron dos ensayos de friabilidad con el mismo litotipo. Uno en condiciones secas y otro en condiciones sumergidas ¿Cómo se explica que el desgaste medido en condiciones sumergidas sea mayor?

REF:

FRACCIÓN:

ENSAYOS SOLICITADOS: UNE 83-115:1989 Medida del coeficiente de friabilidad de arenas

EQUIPOS:

Balanza n°:

Estufa n°:

RESULTADOS OBTENIDOS:

Masa de cada submuestra =

Muestra	Masa inicial M (g)	Masa retenida > 0.05mm m' (g)	Friabilidad de arenas $FA = \frac{M - m'}{M} \times 100 =$
1			
2			
3			
4			



BIBLIOGRAFÍA

Áridos

UNE 83-115:1989	Áridos para hormigones: Medida del coeficiente de friabilidad de las arenas
UNE 146130: 2000	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas
UNE-EN 932-2:1999	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio.
UNE-EN 933-1:2012	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
UNE-EN 933-3:2012	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3:Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
UNE-EN 933-4:2008	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4: Determinación de la forma de las partículas. Coeficiente de forma.
UNE-EN 933-5:1999	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
UNE-EN 933-8:2012	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena
UNE-EN 1097-1:2011	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
UNE-EN 1097-2:2010	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2:Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
UNE-EN 1097-6:2014	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6:Determinación de la densidad de partículas y absorción de agua.

Rocas y Hormigón

UNE 22950-2:1990	Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 2: resistencia a tracción. Determinación indirecta (Ensayo Brasileño).
UNE 22950-5:1996	Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 5: Resistencia a carga puntual.
UNE-EN-12504-2	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2:Ensayos no destructivos: Determinación del índice de rebote.
UNE-EN- 12504-4	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos
UNE-EN-1926-2007	Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 1: resistencia a la compresión uniaxial.
UNE-EN-1936:2007	Determinación de la densidad real de la piedra natural.

Ministerio de Fomento, España. Dirección General de Carreteras (2008). Orden Circular 24/2008 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3): Artículos 542-Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y 543-Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas. O.C. 24/2008. Madrid: 2008.

Ministerio de Fomento, España. Código Técnico de la Edificación (Documento Básico de Cimentaciones) (2008) Madrid.

Hernández-Jatib N, Rosario-Ferrer Y, Almaguer-Carmenate Y, Otaño-Noguel J (2014). Árbol de excavabilidad para elegir método de arranque en canteras de áridos de la construcción: yacimiento El Cacao . Minería y Geología, 30 (3): 67-84. ISSN 1993 8012.

<http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/viewFile/Jatib/496>

Vega Martínez L (2015) Elección del método de arranque de las rocas en la cantera de áridos Los Caliches. Ciencia & Futuro , 5 (2): 1-16. ISSN 2306-823X.

http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/1072