



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

INTI

50
ANIVERSARIO
1957 - 2007



Unión Europea

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina

SERVICIO
GEOLÓGICO
MINERO
ARGENTINO
(SEGEMAR)

CARACTERIZACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES Y DESARROLLO DEL SECTOR EN ARGENTINA

CUADERNO TECNOLÓGICO N° 2
SEGEMAR

Autor
JOSÉ MANUEL BALTUILLE MARTÍN

Junio de 2007

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO
ARGENTINO (SEGEMAR)



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Unión Europea

INTI

50
ANIVERSARIO
1957-2007

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina



Unión Europea

Delegación de la Comisión Europea en Argentina
Ayacucho 1537
Ciudad de Buenos Aires
Teléfono (54-11) 4805-3759
Fax (54-11) 4801-1594



INTI
50
ANIVERSARIO
1957-2007

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

INTI
Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157, B1650WAB San Martín, Buenos Aires, Argentina
Teléfono (54-11) 4754-4070 / grobles@inti.gov.ar

www.ue-inti.gov.ar

CONTACTO

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR)

infointemin@inti.gov.ar
www.segemar.gov.ar
www.mineria.gov.ar
Atención al cliente: 4754-4070
Ing. Ramiro Fernández

INFORMACIÓN Y VISIBILIDAD: GUILLERMINA ROBLES
grobles@inti.gov.ar

CARACTERIZACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES Y DESARROLLO DEL SECTOR EN ARGENTINA

JOSÉ MANUEL BALTUILLE MARTÍN

INDICE

1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	6
2 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE PIEDRA NATURAL	7
2.1.1 Ensayos de caracterización básica	7
2.1.2 Ensayos de caracterización del comportamiento	8
2.1.3 Ensayos de envejecimiento acelerado	11
3 CATÁLOGO DE PIEDRA NATURAL DE ARGENTINA	14
4 LANZA TÉRMICA DE GAS	15
LISTADO DE FIGURAS	1
Figura 1: Microscopio petrográfico	8
Figura 2: Prensa para ensayos de compresión	9
Figura 3: Equipo de abrasión	10
Figura 4: Péndulo (USRV)	11
Figura 5: Cámara de heladicidad	12
Figura 6: Cámara de choque térmico	13
Figura 7: Propuesta de modelo de ficha de variedad	14
Figura 8: Lanza térmica de gas	15
LISTADO DE TABLAS	
Tabla 1: Distribución de niveles máximos de presión sonora en la cantera El Venero (Caldas de los Vidrios, Madrid-España)	16

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Entre los días 28 de mayo y 9 de junio el Licenciado José Manuel Baltuille Martín ha participado como experto en Rocas Ornamentales de la Unión Europea en el Proyecto "Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina".

El Sr. Baltuille Martín es licenciado por la facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. En la actualidad es jefe de un proyecto de investigación minera en Mauritania, en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y la Office Mauritanian de Recherches Géologiques (OMRG) y dirige, por parte del IGME, el Convenio entre el Instituto Geológico y Minero de España y el Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR).

Autor de más de un centenar de publicaciones en diversas revistas, nacionales y extranjeras, y autor de una treintena de ponencias y conferencias en diferentes congresos nacionales e internacionales (Argentina, Cuba, Mauritania, etc.).

El objetivo específico de esta misión fue difundir la necesidad de caracterización tecnológica de las Rocas de Aplicación o Rocas Ornamentales como condición necesaria para la apertura de estos productos a la aceptación de mercados externos. Asimismo, reforzar el entendimiento de todas las implicancias medioambientales para la explotación de rocas y minerales industriales de acuerdo a normas europeas o normas aceptadas por la Unión Europea. Esto incluye la comprensión del efecto en el medio ambiente de las actividades extractivas de RdA.

2. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE PIEDRA NATURAL

Se entiende por Piedra Natural a todo aquel conjunto de materiales pétreos utilizados en el campo de la construcción, bien como elemento portante o como elemento de revestimiento o pavimento.

Estos usos vienen condicionados por la aptitud tecnológica del material, que depende de la propia naturaleza de la roca.

El término Piedra Natural es más amplio que el de Roca Ornamental, pues éste sólo incluye aquellos materiales que admiten pulido.

El uso idóneo de la Piedra Natural se determina mediante la caracterización del material, con el fin de conocer sus prestaciones y características tecnológicas y, de ese modo, determinar su uso más adecuado. Ello se lleva a cabo mediante la realización de ensayos de laboratorio.

La normalización de estos ensayos es el instrumento técnico que permite garantizar la calidad de las piedras que se comercializan. Este desarrollo normativo de la Piedra Natural ha sido intenso en los últimos 5 años (normas UNE-EN).

La caracterización de las cualidades de la piedra natural comporta dos tipos de ensayos en función de su composición y de su comportamiento:

Caracterización básica: Descripción de sus componentes más básicos e importantes.

Caracterización de comportamiento: Descripción de cómo responde el material ante las distintas situaciones, como pueden ser esfuerzos mecánicos y condiciones ambientales.

2.1.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN BÁSICA

En este apartado se documenta la constitución básica de la roca, y se describirá la caracterización petrográfica y la determinación de la densidad aparente y la porosidad total.

El estudio petrográfico describe y clasifica desde el punto de vista petrográfico la piedra natural definiendo sus componentes minerales, su textura y estructura.

Su procedimiento consiste en extraer muestras de la roca representativas de la cantera, preparándose de cada una de las muestras, una o varias láminas delgadas. La lámina delgada deberá cumplir una longitud, anchura y espesor determinado, permitiendo que a través del microscopio petrográfico de polarización (Figura 1), se identifiquen sus componentes.

A partir de estos datos obtenidos, se le asignará a la roca una definición petrográfica y se establecerá su familia petrográfica. Este ensayo permite inducir, en gran parte, el comportamiento geomecánico del material, ya que clasifica la roca en función de sus componentes minerales, su tamaño de grano y la disposición de los mismos.

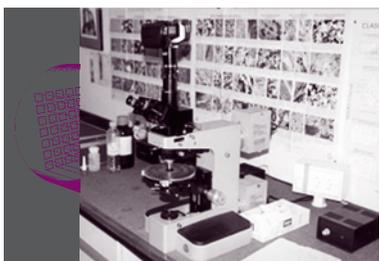


Figura 1 . Microscopio petrográfico

La determinación de la densidad aparente informa sobre el peso de una unidad de volumen de la roca, y la porosidad abierta determina el conjunto de huecos o poros que existen en la roca conectados entre sí.

Para determinar la densidad aparente y la porosidad abierta, se seleccionarán 6 probetas representativas del producto a ensayar, secándose hasta masa constante.

Estos datos nos permiten comprender el comportamiento de las rocas a la intemperie o a la acción del agua, y hacer valoraciones sobre el posible uso de los materiales y sobre la calidad de los mismos.

2.1.2 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO

Este apartado engloba los ensayos que evalúan al material pétreo ante distintas situaciones, como pueden ser esfuerzos mecánicos y condiciones ambientales.

Son de tres tipos:

- ensayos de comportamiento hídrico
- ensayos de comportamiento mecánico
- ensayos de envejecimiento acelerado

2.1.2.1 ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO HÍDRICO

Se utilizan para comprobar el comportamiento que presenta la piedra frente al agua. El agua en las rocas es un importante agente de alteración, ya que participa en la mayoría de los procesos de deterioro, tanto químicos, físicos-químicos como biológicos. El contenido de agua en las rocas contribuyen a su pérdida de resistencia.

El ensayo de absorción de agua a presión atmosférica determina la cantidad de agua que puede absorber la piedra, bajo condiciones específicas de inmersión.

El procedimiento de este ensayo consistirá en sumergir gradualmente las probetas en agua a presión atmosférica. Determinándose finalmente la masa de la probeta saturada. La absorción de agua a presión atmosférica de cada probeta se calculará por medio de una ecuación.

Este ensayo nos permite examinar el comportamiento y el posible uso de las rocas a la intemperie o a la acción del agua.

Dentro de los ensayos de comportamiento hídrico, encontramos también el coeficiente de absorción de agua por capilaridad, que estudia la velocidad y el volumen de penetración del agua dentro de la roca mediante el mecanismo de succión capilar.

Las humedades son el principal agente de deterioro de las distintas rocas. Este ensayo permite conocer la facilidad con la que la humedad puede distribuirse a través de la roca, bien por la acción de la lluvia o bien por fenómenos de capilaridad en los basamentos de los edificios, y nos permite conocer los usos más adecuados para ese tipo de piedra.

2.1.2.2 ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO MECÁNICO

Nos permiten determinar la resistencia de la piedra ante los esfuerzos mecánicos. Estos ensayos son adecuados para evaluar la resistencia tanto de materiales que desempeñan una función estructural en un edificio, como de aquellos que, por su ubicación están sometidos a tensiones mecánicas, como sucede por ejemplo en los pavimentos.

En este grupo de ensayos encontraremos: la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la determinación del módulo de elasticidad estático y dinámico, la energía de rotura, la resistencia a la abrasión, y la resistencia al deslizamiento.

La resistencia a la compresión determina la carga máxima por unidad de superficie que es capaz de soportar un material hasta que se produzca la rotura, cuando es sometido a una compresión simple.

Las probetas después de un mecanizado de las superficies se colocan entre las mordazas de una prensa bajo un esfuerzo compresivo uniaxial vertical creciente (Figura 2). La carga se aplica de forma uniforme y continua, hasta que se produce la rotura.

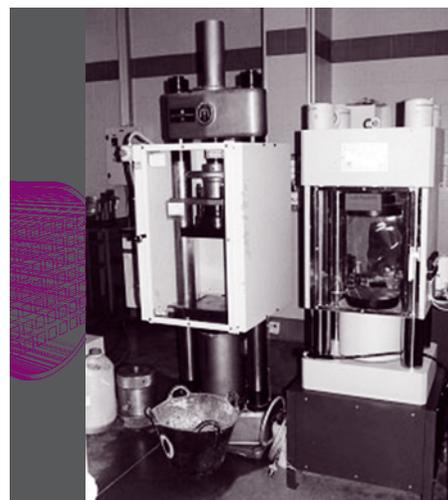


Figura 2. Prensa para ensayos de compresión

Este ensayo sirve para evaluar si el material es adecuado o no para su instalación como pavimento en lugares donde debe soportar cargas importantes de personas o vehículos, así como para cumplir funciones estructurales o monumentales.

La resistencia a la flexión consiste en conocer la carga máxima que puede soportar una probeta apoyada en los extremos hasta que se rompe.

Se seleccionarán como mínimo 10 muestras de un lote homogéneo, y las dimensiones de las probetas vienen dadas por su espesor.

La RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO CARGA CONCENTRADA:

Una vez seca la probeta se sitúa sobre los dos apoyos cilíndricos y se aplica la carga sobre la parte central de la probeta. La carga se incrementa uniformemente hasta la rotura de la probeta.

La RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO MOMENTO CONSTANTE:

Al realizar la resistencia a la flexión bajo momento constante aplicamos 2 líneas de carga sobre la probeta.

Estos ensayos informan sobre posibles problemas de fractura en la instalación del material cuando está sometido a cargas mayores que las que puede soportar. También será de gran interés en piezas para pavimentos o peldaños de escalera, además de servir como indicativo de la resistencia mecánica en placas para revestimiento.

La determinación de la energía de rotura o índice de impacto comprueba la resistencia de rotura de un material sometiendo la muestra al efecto de la caída vertical de una masa esférica de un peso determinado a distintas alturas.

Se determina la energía de rotura por impacto haciendo caer una bola de acero, de 1000 g, desde alturas crecientes hasta que rompa la probeta.

Este ensayo permite estimar la calidad del material para su uso en pavimentos. En cualquier solado es frecuente el impacto de objetos, por lo que el material instalado deberá tener una buena resistencia al impacto.

La determinación de la resistencia a la abrasión representa la resistencia de la piedra al desgaste, causada generalmente por tráfico peatonal, de automóviles, o por arrastre de objetos sobre su superficie.

El procedimiento de este ensayo consiste en desgastar la cara superior de la probeta con un material abrasivo (Figura 3).

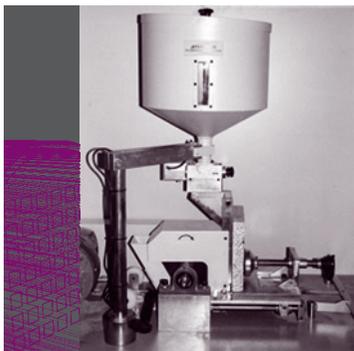


Figura 3. Equipo de abrasión

Este ensayo se usa para determinar si una roca puede ser empleada para revestimientos exteriores.

La resistencia al deslizamiento (USRV) evalúa hasta qué punto la roca inhibe la formación de una superficie deslizante.

Se mide la fricción provocada por el roce entre la superficie de ensayo y un péndulo de fricción (Figura 4). El resultado de este ensayo será el valor medio de los valores de fricción de cada una de las probetas. Resulta de utilidad para determinar la calidad de uso de la roca para baldosas empleadas en pavimentos exteriores e interiores.

Es un ensayo se solicita cada vez más al existir un incremento importante de acciones judiciales, sobre proveedores, productores y arquitectos, debido a lesiones en vianantes producidas por solados que no tenían una resistencia al deslizamiento adecuada.

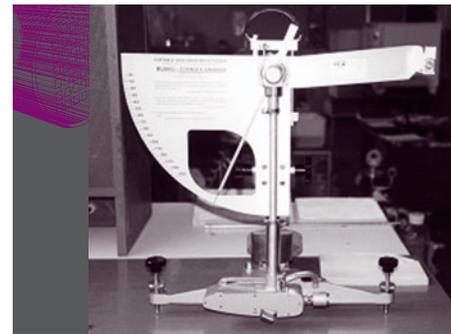


Figura 4. Péndulo (USRV)

2.1.3 ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ACCELERADO

La piedra natural está sometida a alteraciones de origen físico y químico. Estas alteraciones se deben a los siguientes factores:

- *extrínsecos*, es decir factores relacionados con el medio ambiente.
- *intrínsecos*, que dependen de las características petrográficas, químicas, físicas y mecánicas de la roca.

Se entiende por mecanismo de alteración la secuencia de cambios químicos o físicos, que conducen a modificaciones perjudiciales en una o más propiedades del material, cuando el mismo se expone a uno o varios factores de alteración.

Todo material tiene una vida determinada cuya duración está influida por las condiciones del medio ambiente, pero esta alteración en general es demasiado lenta para poder hacer un seguimiento en tiempo real. Por ello son necesarios los ensayos de envejecimiento que reproducen selectivamente los efectos de alteración de cada factor por separado, y se realizan a una escala muy superior a la real.

Los ensayos más comunes de envejecimiento acelerado son:

- resistencia a la heladicidad
- resistencia al envejecimiento por choque térmico
- resistencia a la cristalización de sales

La determinación de la resistencia a la heladicidad analiza la alteración producida en un material debido a la acción del hielo producido en el interior de los poros del mismo al aumentar de volumen, situación que es frecuente en climas húmedos y fríos. Este efecto se traduce a nivel visual en microfisuras.

El ensayo se determina mediante ciclos de congelación en aire (-15°C) y de deshielo en agua ($+20^{\circ}\text{C}$), y se determina el número de ciclos que debe resistir mediante una fórmula (figura 5).



Figura 5. Cámara de heladicidad

Este ensayo nos sirve para evaluar la resistencia de un material a las heladas y ver si es apto o no para utilizarse en zonas donde la temperatura sea inferior a 0°C .

La determinación de la resistencia al envejecimiento por choque térmico evalúa el efecto que las oscilaciones térmicas puedan tener sobre los materiales. Estas oscilaciones vendrán acompañadas de variaciones de humedad, ya que este ensayo simula el efecto que la evaporación y saturación cíclica de la piedra tiene sobre su sistema poroso.

Se seleccionarán, como mínimo siete probetas de un lote homogéneo, manteniéndose una de ellas inalterada como probeta de referencia. Las probetas deben secarse hasta masa constante, y una vez secas se someten a cambios de temperatura durante 18 ± 1 h en un horno ventilado (figura 6) a $105\pm 5^{\circ}\text{C}$; a continuación le siguen $6\pm 0,5$ h completamente sumergidos en agua destilada, cuya temperatura antes de la inmersión de las probetas es de $20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Este procedimiento descrito constituye un ciclo. Después de 20 ciclos, se secarán las probetas hasta masa constante, y finalmente se inspeccionarán visualmente por comparación con la probeta de referencia, se calculará su variación de masa y la variación del módulo de elasticidad dinámico. Este ensayo determina la adecuación del material tanto en exteriores como en interiores.



Figura 6. Cámara de choque térmico

La determinación de la resistencia de la cristalización de sales determina la sensibilidad del material a deteriorarse por cristalización de sales en sus poros.

Este ensayo consiste en someter las probetas a cristalizaciones y solubilizaciones sucesivas de una sal soluble, las probetas se sumergen en una disolución salina durante 2 h, después de ese tiempo, las probetas se secan en un horno como mínimo durante 16 h, y a continuación, se retiran y se dejan enfriar a temperatura ambiente.

Este ciclo de operaciones se repetirá 15 veces en total. Los resultados se analizarán como pérdida o ganancia de masa o bien como el número de ciclos necesarios para provocar la degradación de la probeta.

De esta manera se caracteriza la resistencia de la piedra a la alteración física que produce la acción de las sales.

3. CATÁLOGO DE PIEDRA NATURAL DE ARGENTINA

Dado el potencial geológico-minero de materiales aptos para su aplicación / uso en el campo de las rocas ornamentales en Argentina; la Secretaría de Minería de la Nación ha resuelto suscribir un convenio de colaboración entre el SEGEMAR y el IGME para llevar a cabo, entre otros temas, la realización del primer Catálogo de Piedra Natural de Argentina que muestre las diferentes variedades actualmente en producción. Asimismo, mostrará la potencialidad minera de zonas reconocidas, pero aún sin actividad extractiva.

La publicación será de una extensión aproximada de 100-125 páginas + cubiertas + guardas, tamaño DIN A-4 (210 x 297 mm). La impresión de interiores irá a Offset a 4/4 tintas, en papel estucado, brillo, de 150 gr/m² (figura 7).

Incluirá cinco capítulos que versarán sobre: información del sector de la Piedra Natural (internacional, Cono Sur y Argentina), relación de empresas (productoras, transformadoras y comercializadoras), proyectos arquitectónicos argentinos con uso intensivo de piedra, presentación de unas 30 variedades de rocas argentinas (agrupadas en granitos, mármoles, travertinos, pórfidos y lajas) y, finalmente, un capítulo sobre ubicación de áreas con potencialidad minera.

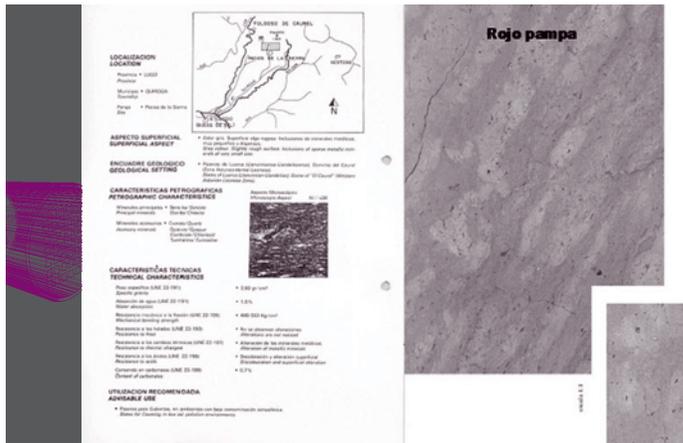


Figura 7. Propuesta de modelo de ficha de variedad

4. LANZA TÉRMICA DE GAS

Dentro de este Seminario, se ha presentado a las empresas mineras argentinas, el resultado de un proyecto de I+D+i que el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) está desarrollando desde 2000 para sustituir a la tradicional Lanza térmica de gasoil, y que suple el combustible por una energía más limpia y ecológica como es el gas.

El método actual de corte de granito en cantera, por medio de una lanza térmica, se basa en la combustión de una mezcla de gasoil y aire. La alta temperatura que alcanza la llama caliente los cristales presentes en la roca hasta producir la rotura de ésta.

El procedimiento es eficaz, económico y rápido, pero presenta varios inconvenientes desde el punto de vista medioambiental, que están conduciendo a su progresiva retirada en Europa.

Sus principales problemas son: una gran contaminación acústica (hasta 125 dB), incluso a grandes distancias del frente de trabajo, elevado grado de contaminación atmosférica, derivada de la presencia de SO₂ en la combustión del gasóleo y que genera un considerable riesgo de contaminación en suelos y aguas.

El IGME, tras varios años de trabajo en el diseño y desarrollo de esta herramienta, ha logrado un "pre-prototipo" que cumple una serie de características que, a diferencia de la lanza de gasoil, le hacen compatible con las actividades mineras y con el mantenimiento y protección del medioambiente.

Se consideró la necesidad de ensayar en cantera el diseño del nuevo producto, pero haciendo especial hincapié en el factor ruido. Para ello se realizaron diferentes estudios de sonoridad y de velocidad y profundidad de corte, en una cantera de granito en la provincia de Madrid, comparando los resultados obtenidos con una lanza térmica de gasoil y con el pre-prototipo que disponemos en la actualidad (Figura 8).

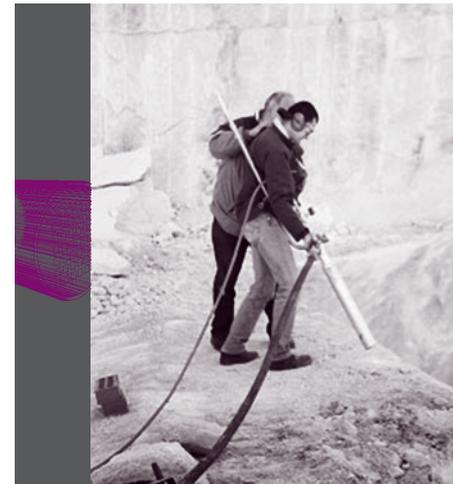


Figura 8. Lanza térmica de gas

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR)

CARACTERIZACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES Y DESARROLLO DEL SECTOR EN ARGENTINA



INTI

50
ANIVERSARIO
1957-2007

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Unión Europea

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina