

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:

**CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN
DE ROCAS NATURALES**

CURSO: 3º

TIPO: OPTATIVA - *Nº CRÉDITOS: 4,5*

PLAN DE ESTUDIOS: ARQUITECTURA TÉCNICA (B.O.E. 18 DE ABRIL DE 1999)

**DPTO.: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS E INGENIERÍAS
DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL TERRENO**

AREA: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

*CURSO
ACADÉMICO
2003/2004*

PROFESOR/ES
JESÚS GADEA SÁINZ

OBJETIVOS

La enseñanza de la asignatura optativa de Conservación y Restauración de rocas naturales pretende dotar al alumno de los conocimientos necesarios para realizar el estudio del estado de conservación de las rocas y definir los métodos mas adecuados para su conservación y restauración. Entre estos objetivos destacamos:

- Conocer los tipos de rocas naturales más utilizados en nuestro país.
- Conocer los mecanismos de alteración de las rocas naturales.
- Conocer los agentes de degradación de las rocas naturales.
- Conocer los tipos de alteración de las rocas naturales.
- Conocer los sistemas de limpieza de las rocas naturales.
- Conocer los sistemas de consolidación e hidrofugación de las rocas naturales así como los productos utilizados, tanto en la actualidad como en épocas anteriores.
- Conocer los procesos de restauración de las rocas naturales.

- Conocer los sistemas de valoración de la idoneidad de los tratamientos realizados sobre las rocas naturales.

ORGANIZACIÓN DOCENTE

DESARROLLO DEL CURSO

- Clases teóricas
- Prácticas: Laboratorio, Visionado de vídeos, Diapositivas, Visitas
- Tutorías: Colectivas, Individuales, Seminarios

BIBLIOGRAFIA

ACCARDO, G.; VIGLIANO, G. (1989). Strumenti e materiali del restauro. Metodi di analisi, misura e controllo. **ICCROM, Roma.**

ALCALDE, M.; VILLEGAS, R.; VALE, J.F.; MARTÍN, A. (1990). Diagnósis y tratamiento de la piedra. I. La alteración de la piedra en los monumentos. II. Consolidantes e hidrófugos. Productos para el tratamiento de materiales pétreos. **Monografía del ICCET, marzo 90, N°400.**

ALONSO, F.J. (1985). Caracterización petrofísica y alterabilidad de calizas y dolomías. Tesis Doctoral. Facultad de Geología. Universidad de Oviedo.

ALONSO, F.J.; ESBERT, R.M.; ORDAZ, J. (1987). Caracterización del sistema poroso de calizas y dolomías. **Boletín Geológico y Minero. XLVIII-II, pág. 226-237.**

ÁLVAREZ DEL BUERGO, M.; GONZÁLEZ, T. (1994). Restauración de edificios monumentales. **Monografía del CEDEX, Madrid.**

BRANDI, C. (1988). Teoría de la Restauración. **Alianza Editorial, S.A., Madrid.**

C.N.R.-I.C.R. (1981). Assorbimento d'acqua per immersione totale. Capacità d'imbibizione. **Normal 7/81, Roma.**

C.N.R.-I.C.R. (1982). Assorbimento d'acqua per capillarità. Coefficiente di assorbimento capillare. **Normal 11/82.**

C.N.R.-I.C.R. (1985). Permeabilità al vapor d'acqua. **Normal 21/85, Roma.**

ESBERT, R.M.; DÍAZ-PACHE, F. (1993). Influencia de las características petrofísicas en la penetración de consolidantes, en rocas monumentales porosas. **Materiales de Construcción, N°230, vol. 43, pág. 25-36.**

ESBERT, R.M.; MONTOTO, M. (1990). La petrofísica y su aplicación a los estudios de las patologías de la piedra. Curso de patología, conservación y restauración de edificios. Tomo I. **Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.**

ESBERT, R.M.; MONTOTO, M. (1991). La petrofísica y su aplicación a los estudios de las patologías en piedra. Patología, conservación y restauración de edificios. Tomo I, pág. 211-230. **Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.**

ESBERT, R.M.; ORDAZ, J.; ALONSO, F.J. (1985). Metodología para establecer el diagnóstico de lesiones de las piedras de edificación, en el monumento y en el laboratorio. Documento interno. **Área de Petrología y Geoquímica. Universidad de Oviedo.**

ESBERT, R.M.; ORDAZ, M.; MARCOS.; VALDEÓN. (1987-1988). Propiedades físicas a considerar en el deterioro de las rocas como materiales de construcción. **Rev. Inv. Geol., vol. 44-45, pág. 303-311.**

GROLIER, J; FERNÁNDEZ, A.; RISS, J. (1991). Les propriétés physiques des roches. **Edit. Masson, París.**

GROSSI, C.M.; ESBERT, R.M. (1994). Las sales solubles en el deterioro de las rocas monumentales. Revisión bibliográfica. **Materiales de Construcción, vol.44, N°235, pág. 15-29.**

ISRM (1981). Rock characterization testing and monitoring. **E.T. Brown. Ed. Pergom Press. Oxford.**

KRUMBEIN, W.E. (1988). Biotransformations in monuments. A sociobiological study. **Durability of Building Materials, vol.5, pág. 359-382.**

LAZARRINI, L.; LAURENZI-TABASSO, M. (1986). Il Restauro della pietra. **CEDAM. Edit. Dott. Antonio Milana, Padova.**

MARCOS, R.M. (1992). Tratamientos de conservación aplicados a rocas carbonatadas: Catedral de León. **Tesis Doctoral, Área de Petrología y Goequímica, Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.**

RILEM (1980). Essais recommandés pour mesurer l'alteration des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement. **Materiaux et Constructions, 13(75), pág. 216-220.**

RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.; SEBASTIAN, E. Técnicas de análisis de materiales pétreos ornamentales: usos y limitaciones. **Ingeniería Civil, N° 96, pág. 130-142.**

ORDAZ, J.; ESBERT, R.M. (1988). Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción. **Materiales de Construcción, vol.38, N°209, Pág. 39-45.**

SORIANO, J.; PEÑA, J.A.; MARFIL, R. (1991). Aplicación de la microscopía óptica y electrónica de barrido al estudio de los procesos de alteración diagenética de rocas volcanoclásticas. **Cuadernos de Investigación del CEDEX, Madrid.**

SISTEMA DE EVALUACION

- Examen ordinario de Junio.
Examen Final.
- Examen extraordinario de Septiembre.
Examen Final.

Cada examen consta de:

1. Un parte teórica:
 - Preguntas cortas.
 - Batería de preguntas de verdadero ó falso.
 - Tema.

CONDICIONES PARA APROBAR EN LOS EXÁMENES FINALES DE JUNIO Y SEPTIEMBRE

- ◆ Se aprueba con dos notas por encima del cinco o con una nota entre cuatro y cinco compensada con la otra.
- ◆ Se necesita tener realizadas las prácticas y aprobadas.

INFORMACION ADICIONAL

PROGRAMA

1.- LAS PIEDRAS MAS HABITUALES DE CONSTRUCCIÓN EN NUESTRO PAÍS

- 1.1 Calizas
 - 1.1.1 Calizas micríticas
 - 1.1.2 Calizas fosilíferas
 - 1.1.3 Calizas oolíticas
 - 1.1.4 Calizas con arcillas
 - 1.1.5 Calizas cristalinas
- 1.2 Dolomías
 - 1.2.1 Dolomía micrítica
 - 1.2.2 Dolomía cristalina
- 1.3 Areniscas
 - 1.3.1 Areniscas con cemento silíceo
 - 1.3.2 Areniscas con cemento carbonatado
 - 1.3.3 Areniscas con matriz arcillosa

- 1.4 Granitos y rocas afines
- 1.5 Mármoles y rocas afines
- 1.6 Alabastro
- 1.7 Travertino

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

- 2.1 Interés de las propiedades físicas y mecánicas
 - 2.1.1 Caracterización petrofísica
 - 2.1.2 Alterabilidad/durabilidad
 - 2.1.3 Valoración de los tratamientos
- 2.2 Propiedades relativas al aspecto y constitución de los materiales rocosos
 - 2.2.1 Color
 - 2.2.2 Densidad
 - 2.2.3 Porosidad
- 2.3 Propiedades hídricas
 - 2.3.1 Absorción de agua (imbibición)
 - 2.3.2 Absorción de vapor de agua (higroscopicidad)
 - 2.3.3 Absorción de agua por succión capilar (capilaridad)
 - 2.3.4 Desorción de agua
 - 2.3.5 Permeabilidad al vapor de agua (difusividad)
 - 2.3.6 Expansión por absorción de agua (hinchamiento)
- 2.4 Propiedades mecánicas
 - 2.4.1 Resistencia a la compresión
 - 2.4.2 Resistencia a la tracción
 - 2.4.3 Resistencia a la flexión
 - 2.4.4 Resistencia al desgaste por rozamiento
 - 2.4.5 Resistencia al choque
 - 2.4.6 Resistencia a la penetración
- 2.5 Propiedades térmicas
 - 2.5.1 Conductividad térmica
 - 2.5.2 Expansión térmica

3.- MECANISMOS DE ALTERACIÓN DE LAS ROCAS

- 3.1 Acción del agua
 - 3.1.1 Disolución
 - 3.1.2 Hidrólisis
 - 3.1.3 Oxidación/reducción
 - 3.1.4 Acción del hielo
- 3.2 Acción de los contaminantes atmosféricos
 - 3.2.1 Reacciones piedras/contaminantes
 - 3.2.2 Deposición en seco y en húmedo
- 3.3 Acción de las sales solubles

- 3.3.1 Cristalización
 - 3.3.2 Hidratación
 - 3.3.3 Cambios estructurales
 - 3.4 Acción de los organismos vivos.

- 4.- AGENTES DE DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES ROCOSOS
 - 4.1 El agua
 - 4.1.1 Líquida
 - 4.1.2 Vapor de agua
 - 4.1.3 Hielo
 - 4.2 Los contaminantes atmosféricos
 - 4.2.1 Compuestos de azufre
 - 4.2.2 Compuestos de nitrógeno
 - 4.2.3 Óxidos de carbono
 - 4.2.4 Cloruros y fluoruros
 - 4.2.5 Partículas sólidas
 - 4.3 Las sales solubles
 - 4.3.1 Sulfatos
 - 4.3.2 Cloruros
 - 4.3.3 Nitratos
 - 4.3.4 Carbonatos

 - 4.4 Agentes biológicos
 - 4.4.1 Bacterias
 - 4.4.2 Algas
 - 4.4.3 Hongos
 - 4.4.4 Líquenes
 - 4.4.5 Plantas, animales, hombre
 - 4.5 Agentes mecánicos
 - 4.5.1 Esfuerzos mecánicos
 - 4.5.2 Viento
 - 4.5.3 Temperatura
 - 4.5.4 Vibraciones

- 5.- TIPOS DE ALTERACIÓN
 - 5.1 Principales formas de alteración
 - 5.1.1 Pátinas, alteraciones cromáticas
 - 5.1.2 Depósitos superficiales
 - 5.1.3 Costras negras, ampollas
 - 5.1.4 Eflorescencias
 - 5.1.5 Arenización, pulverización
 - 5.1.6 Alveolización

- 5.1.7 Desplacación, descamación, fisuración.
 - 5.1.7.1 Aspectos descriptivos y ejemplos
 - 5.1.7.1 Relación con la litología del sustrato
 - 5.1.7.2 Influencia del medio ambiente en su desarrollo
- 5.2 Distribución de las formas de alteración en los edificios
 - 5.2.1 Zonas de lavado
 - 5.2.2 Zonas de depósito seco
 - 5.2.3 Zonas de depósito húmedo
 - 5.2.4 Zonas con vegetación
- 5.3 Las formas de alteración como indicadores del grado de deterioro

6.- ETAPAS DE INTERVENCIÓN EN LAS ROCAS

- 6.1 Consideraciones previas
- 6.2 Etapas de intervención
 - 6.2.1 Limpieza
 - 6.2.2 Consolidación
 - 6.2.3 Protección o hidrofugación
 - 6.2.4 Restauración
 - 6.2.5 Mantenimiento

7.- LIMPIEZA DE LAS ROCAS

- 7.1 Tipos de suciedad
- 7.2 Métodos de limpieza
 - 7.2.1 Acuosos
 - 7.2.2.1 A baja presión
 - 7.2.2.2 A alta presión
 - 7.2.2 Químicos
 - 7.2.2.1 Tensoactivos
 - 7.2.2.2 Ácidos y sales de ácidos
 - 7.2.2.3 Sustancias alcalinas
 - 7.2.2.4 Disolventes orgánicos
 - 7.2.2.5 Espesantes
 - 7.2.3 Mecánicos
 - 7.2.3.1 Chorro de arena
 - 7.2.3.2 Microchorreado
 - 7.2.3.3 Otros sistemas
 - 7.2.4 Con ultrasonidos
 - 7.2.5 Con rayo láser

8.- CONSOLIDACIÓN

- 8.1 Principales consolidantes inorgánicos
 - 8.1.1 Cal y bicarbonato cálcico

- 8.1.2 Hidróxido de bario
- 8.2.3 Aluminato potásico
- 8.2 Principales consolidantes orgánicos
 - 8.2.1 Resinas acrílicas
 - 8.2.2 Resinas fluoradas
 - 8.2.3 Polietilglicol y polisiloxanos
 - 8.2.4 Resinas epoxídicas
 - 8.2.5 Resinas de poliéster
 - 8.2.6 Monómeros y prepolímeros
- 8.3 Principales consolidantes a base de silicio
 - 8.3.1 Silicatos
 - 8.3.2 Fluosilicatos
 - 8.3.3 Alcoxi-silanos y alquil-aril-polisiloxanos
- 8.4 Aplicación de los consolidantes

9.- PROTECCIÓN O HIDROFUGACIÓN

- 9.1 Principales hidrofugantes
 - 9.1.1 Polisiloxanos
 - 9.1.2 Alquil-aril-siloxanos
 - 9.1.3 Polímeros fluorados
 - 9.1.4 Mezclas acrílicas silicónicas
 - 9.1.5 Mezclas acrílicas fluoradas
- 9.2 Aplicación de los hidrofugantes

10.- RESTAURACIÓN

- 10.1 Con piedra natural
- 10.2 Con piedra artificial
- 10.3 Con morteros de restauración

11.- VALORACIÓN DE LA IDONEIDAD DE LOS TRATAMIENTOS

- 11.1 Ensayos de envejecimiento acelerado
 - 11.1.1 Ciclos de exposición a rayos ultravioletas
 - 11.1.2 Ciclos de humedad-sequedad
 - 11.1.3 Ciclos hielo-deshielo
 - 11.1.4 Ciclos de cristalización de sales
 - 11.1.5 Exposición a atmósferas agresivas (SO₂, CO₂, NO_x, mezclas)
 - 11.1.6 Niebla salina (NaCl)
 - 11.1.7 Ciclos térmicos
 - 11.1.8 Desmoronamiento (slake-durability), para rocas con arcillas
- 11.2 Valoración de los ensayos

11.2.1 Observaciones cualitativas: antes, durante y después de los ensayos

11.2.2 Porcentaje de pérdida del material al final de los ensayos

11.2.3 Comparación de propiedades físicas pre y post ensayo

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ROCAS NATURALES

PRÁCTICA N°1. CONSOLIDACIÓN

- 1). Impregnación de la roca con un consolidante
- 2). Estudio en la probeta impregnada de:
 - a). Penetración del consolidante
 - b). Variación del color
- 3). Estudio en una probeta tratada y en otra sin tratar de las siguientes propiedades:
 - a). Resistencia a las heladas
 - b). Resistencia a los ciclos humedad/sequedad
 - c). Resistencia frente a la cristalización de sales

PRÁCTICA N°2. HIDROFUGACIÓN

- 1). Impregnación de la roca con el hidrofugante
- 2). Evaluación en la roca hidrofugada de:
 - a). Penetración del hidrofugante
- 3). Estudio comparativo en una probeta hidrofugada y en otra sin tratar de las siguientes propiedades:
 - a). La variación del color
 - b). La variación en la absorción de agua
 - c). La variación en la permeabilidad al vapor de agua

PRÁCTICA N°3. CONSOLIDACIÓN + HIDROFUGACIÓN

- 1). Aplicación del consolidante más el hidrofugante
- 2). Estudio comparativo entre la probeta tratada y una probeta sin tratar de las siguientes propiedades:
 - a). La resistencia a las heladas
 - b). La resistencia a los ciclos humedad/sequedad
 - c). La variación frente a la cristalización de sales