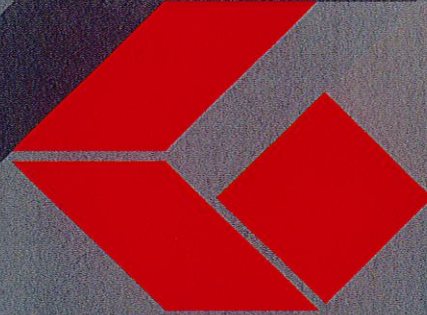


LITOS

n° 54
Mayo
May
2.001

La revista de la Piedra Natural
The Natural Stone sector magazine

Internet edition - www.litosonline.com



GRUPO
GRANINTER
La Nueva Edad de la Piedra

The New Age Of Stone



DNV

UNE-EN-ISO-9002

Las rocas en la construcción monumental: Su deterioro y técnicas de intervención (1ª parte : deterioro)

The rocks in monumental construction: Their deterioration and intervention techniques (Part 1: deterioration)

Pérez Monserrat, E. y Baltuille Martín, J.M.
Area de Rocas y Minerales Industriales.
Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Madrid.
jm.baltuille@igme.es

Las grandes catedrales románicas y góticas ya contaban desde su construcción con una estructura organizativa provista de talleres para su conservación y correcto mantenimiento. Aunque catedrales nunca han dejado de construirse, el tiempo de las monumentales catedrales de piedra terminó y llegó el tiempo de restaurarlas.

La carta del Restauero (1972) y la carta de Venecia (1964), establecieron criterios de intervención ante la situación alarmante en la que se encontraban muchos edificios y monumentos debido a sucesivas intervenciones que sufrieron durante años sin ningún tipo de control, norma o sistemática. Estos criterios se resumen en la permanencia del mensaje histórico-artístico que el autor quiso transmitir, en atender a las causas de deterioro para eliminarlas o minimizarlas en la medida de lo posible y en la apropiada intervención directa sobre la piedra. Cuando nos referimos a la reforma o restauración de catedrales lo hacemos como término genérico que engloba iglesias, ermitas, conjuntos catedralicios, conventos y palacios arzobispaes. Las restauraciones no sólo afectan a fachadas y portadas, sino también a balaustradas, bordillos, escaleras, bancos... "y siempre la piedra es el material protagonista" (ver Fig. 1)

The big Romanic and Gothic cathedrals when they were built had an organised structure of workshops for their conservation and correct maintenance. Though the cathedrals have never stopped being built, the age of the monumental cathedrals of stone came to an end and began the era of restoring them.

The letter of Restauero (1972) and that of Venice (1964) established criteria of intervention in the face of an alarming situation in which many buildings and monuments were found owing to the successive interventions they suffered during years without there being any type of control, norm or system. These criteria were summarised in the permanence of the historical-artistic message that the author wanted to transmit, in attending to the causes of deterioration, so as to eliminate or minimise them as much as possible and towards the appropriate direct intervention on the stone. When we refer to the reform or restoration of cathedrals we do it in generic terms that covers churches, hermitages, cathedrals, convents and palaces for archbishops. The restorations do not affect only the facades and claddings, but also the railings, kerbs, staircases, benches..... "and stone is always the protagonist" (see Fig.1)

LITOS

Nº 54, Mayo / May 2.001

Director: Anil Taneja
Editora: Leonor Mate Peña
Administración: Teresa González

DIRECCIÓN / ADDRESS

Plaza Ángel Carbajo, 6, 9º B
28020-MADRID (SPAIN)
Tel.: 34-91 570 5419 Fax: 34-91 570 9855
E-mail: litosweb@teleline.es
litos@litosonline.com
Edición Internet: www.litosonline.com

COLABORADORES:

Gloria Ayuso, Cureses, Miguel Fabregues, Paulo L. Florio, Jorge Franz, C. Kaliannan, Shigeto Kondo, Jeffrey Matthews, Vicente Ysamat.

IMPRIME: GRAFISTAFF

EDITA: PUBLICACIONES LITOS, S.L.
CIF: B-81492597 Depósito Legal: M-13456-1.992

Precio por ejemplar / *Unit price*: 1.500.-Ptas.

PRECIO SUSCRIPCIÓN / SUBSCRIPTION PRICE

España: un año: 8.200.-Ptas., dos años: 16.000.Ptas.,
tres años: 23.800.-Ptas. (IVA incluido).

FUERA DE ESPAÑA / OUTSIDE SPAIN

| | superficie <i>surface mail</i> | via aérea <i>air mail</i> |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| un año / <i>one year</i> | 70Euros | 150Euros |
| dos años / <i>two years</i> | 140 “ | 300 “ |
| tres años / <i>three years</i> | 210 “ | 450 “ |

LITOS no comparte necesariamente las opiniones de sus colaboradores. Prohibida la reproducción de los artículos sin permiso.

All rights reserved. Reproduction of articles forbidden without permission.



Miembro de
Interstone Press
Member of

Sumario / Contents

| | Página / Page |
|--|---------------|
| Bolsa / <i>Stockmarket</i> | 4 |
| LIP | 6 |
| Animómetro / <i>Moralemeter</i> | 8 |
| Feria Izmir (Turquía) <i>Izmir Fair (Turkey)</i> | 12 |
| Un superviviente ucraniano <i>A Ukrainian survivor (by Paul Daniel)</i> | 22 |
| ¿Tenemos que hacer algo más? ¿Qué? <i>Do we have to do more? What? Dr. R. Barca</i> | 38 |
| Hay música en la piedra <i>There is music in stone</i> | 44 |
| La industria de la piedra española en cifras <i>Spanish stone industry in figures</i> | 60 |
| El sector de la piedra en el mundo: perspectivas <i>The world stone industry: prospects</i> | 82 |
| Algo en lo que pensar <i>Something to think about (J. Franz)</i> | 94 |
| Una casa de 250 millones de libras para los políticos británicos <i>A £ 250 m new home for British politicians (C. Santry)</i> | 96 |
| Desarrollo de una metodología informática para canteras de mármol subterráneas <i>Development of an integrated computer methodology for underground marble quarries</i> | 118 |
| La Piedra de Calatorao <i>The Calatorao Stone</i> | 130 |
| La industria del alabastro en Aragón <i>The alabaster industry in Aragón (Spain)</i> | 140 |
| Las rocas en la construcción monumental: su deterioro y técnicas de intervención (I) <i>The rocks in monumental construction: their deterioration and intervention techniques (I)</i> Pérez Monserrat, E. y Baltuille Martín, J.M. | 148 |
| La industria india de monumentos funerarios <i>Indian gravestone industry</i> | 162 |
| La controversia anti-dumping <i>The anti-dumping controversy</i> | 170 |
| Noticias del sector <i>News from the sector</i> | 177 |
| FOTORREPORTAJES / PHOTO-REPORTS: | |
| Premios Carrara / <i>Carrara Awards</i> | 52 |
| Diseños turcos de fuentes <i>Fountains designs from Turkey</i> | 108 |

En los últimos años, el tema de la restauración y la problemática asociada con su ejecución está en boca de todos, formándose equipos multi-disciplinarios cada vez con mayor conocimiento y perfeccionamiento en sus técnicas. La intervención en monumentos no es algo exclusivo de nuestro tiempo, pero sí la restauración como "ciencia", que a pesar de estar en pleno apogeo, está en observación y no sabemos cómo algunas de las intervenciones realizadas sobre la piedra van a evolucionar.

In recent years, the topic of restoration and the problem associated with its execution has been on the minds of everyone, thus forming multi-disciplinary teams with increasingly more knowledge and perfected techniques. The intervention in monuments is not something exclusive to our time, but it is restoration as science", which in spite of being in apogee, is under observation, and we do not know how some of the interventions realised on stone are going to evolve over time.



Fig. 1.- Pérdida del revoco y enfoscado, con aparición del muro de mampostería calcáreo.
Loss of whitewashing with appearance of wall of calcium masonry.
Iglesia -Palacio de Goyeneche, Nuevo Baztán, Madrid.(Foto R. Fort).

FACTORES DE ALTERACION DE LAS ROCAS

A) CAUSAS EXTERNAS

Desde el momento que extraemos la roca de una cantera y la separamos del conjunto rocoso en el que se formó, la estamos alterando. Las rocas se forman en unas condiciones de presión, temperatura y humedad muy diferentes a las reinantes en la superficie terrestre y al entrar en contacto con la atmósfera, tienden a equilibrarse con ella, experimentando una serie de reacciones que conllevan cambios estructurales y de composición. Además, al alcanzar las rocas la superficie terrestre, quedan expuestas a la acción de los agentes atmosféricos, sufriendo muchos cambios físicos y químicos englobados bajo el término de meteorización.

Agua

El agua es el principal agente de alteración, reacciona con el sustrato pétreo disolviendo sus componentes y actúa como vehículo de transporte. La congelación del agua o condensación del vapor de agua aumenta el volumen de la

FACTORS OF ALTERATION OF THE ROCKS

A) EXTERNAL CAUSES

From the moment in which we extract the rocks in a quarry and the separation from the whole rock in which it was formed, we are altering it. The rocks are formed in conditions of pressure, temperature and humidity very different to those reigning on the surface and when entering in contact with the atmosphere, tend to create an equilibrium with it, experimenting a series of reactions that leads to structural changes and of its composition. Moreover, when the rocks reach the exterior surface, they are exposed to the action of atmospheric agents, suffering many physical and chemical changes coming under the term meteorisation.

Water

Water is the main agent of alteration, reacting with the stone substrate, dissolving its components, and acting as a vehicle of transport. The freezing of ice or condensation of vapour increases the volume of the rock, the tensions provo-

roca, las tensiones provocadas por el hielo sobre paredes internas y capilares de la roca pueden llegar a romperla y los ciclos de hielo-deshielo originan exfoliaciones. Los efectos provocados por el hielo dependen del volumen del mismo y de su lugar de formación.

Agentes atmosféricos

Los agentes atmosféricos actúan como catalizadores de las reacciones intensificando la acción química del agua. A partir del siglo XIX, el desarrollo de actividades industriales y el aumento de población han producido la emisión masiva de partículas a la atmósfera. Los principales contaminantes atmosféricos son: los óxidos de nitrógeno, carbono y azufre procedentes de la combustión de hidrocarburos, el gas metano emitido por los fertilizantes y la quema de bosques, y los gases de combustión liberados en la incineración de residuos sólidos (Anguita, 1993)

Mal de la piedra

Si existe un término muy extendido y que despierta gran confusión es el denominado "mal de la piedra". Hablar de un sólo mal de la piedra no es adecuado y en numerosas ocasiones se utilizan términos confusos referentes a un aspecto que presenta la roca, así se habla de la arenización del granito, el cáncer de las piedras o el mármol sacaroideo, que no es otra cosa que pérdida de material y cuyo origen puede estar en diferentes procesos. El término de "mal de la piedra" como tal sí que se refiere a una patología determinada ocasionada por un proceso en concreto, se trata de una degradación sufrida por las rocas calizas debido a la presencia de partículas atmosféricas contaminantes, formándose unas costras de calcín y sulfín muy perjudiciales. Carbonell de Massy (1993) explica el proceso de formación de estas costras.

.Costras de calcín

La capacidad de disolución del agua de lluvia aumenta con el CO₂, éste acidifica el agua y produce una rápida disolución de las rocas calizas. El ácido carbónico formado a partir del agua con el dióxido de carbono, reacciona con el carbonato cálcico forma bicarbonato cálcico que al ser muy soluble es lavado. Pero esta

ked by the ice on the internal walls and capillaries of the rock can break it, and the cycles of icing and melting lead to exfoliation. The effect provoked by the ice depends on its volume and the place of formation.

Atmospheric agents

The atmospheric agents act as catalysts of the reactions intensifying the chemical action of water. Since the nineteenth century, the development of industrial activities and the increase in population has produced massive emission of particles to the atmosphere. The main atmospheric contaminants are: nitrogen oxides, carbon and sulphur proceeding from the combustion of hydrocarbons, the methane gas emitted by the fertilisers and the burning of forests, and the combustion gases liberated in the incineration of solid residues (Anguita, 1993).

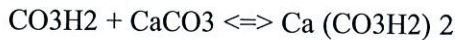
The Stone sickness

If there is a widely used term and which creates great confusion, it is the denominated "sickness of stone". To speak of only one sickness of stone is not quite adequate, and in numerous occasions confusing terms are used referring to an aspect of the rock: thus one hears of the sanding of granite, the cancer of the stone or of marble, which is nothing but the loss of material and the origin of which can be in different processes. The term of the "sickness of stone" as such refers to a determined pathology occasioned by a concrete process, which is one of degradation suffered by the limestone rocks owing to the presence of atmospheric particles, forming a crust of calcine and sulphine that is very damaging. Carbonell de Massy (1993) explains the process of formation of these crusts.

.Crusts of calcine

The capacity of dissolving the rain water increases with CO₂, it makes the water more acid and produces a rapid dissolving of the limestone rocks. The carbonic acid formed from water with the carbon dioxide, reacts with calcium carbonate forming calcium bicarbonate which, being soluble, can be washed. But this reaction

reacción es reversible, el agua en superficie se evapora y precipita carbonato cálcico, formándose una costra de calcín.



La formación de esta costra es beneficiosa a corto plazo, ya que endurece la superficie de la roca y es impermeable. Pero a la larga alcanza mayor grado de compacidad que el propio sustrato y retiene la humedad en el interior.

.Costras de sulfín

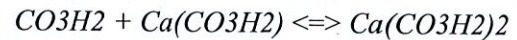
Su proceso de formación es bastante similar, el ácido sulfuroso formado a partir de la reacción del agua con el dióxido de azufre se oxida bajo la presencia del oxígeno atmosférico, formándose ácido sulfúrico, que ataca especialmente a las rocas calizas. Al reaccionar este ácido sulfúrico con el carbonato cálcico bajo la presencia de agua, se forma sulfato cálcico hidratado y tras evaporarse el agua se forma una costra de sulfín, más dañina que la de calcín porque el sulfúrico es más agresivo que el carbónico y porque retiene más humedad al ser su volumen mayor. En las zonas próximas al mar el sulfato cálcico formado reacciona con el cloruro sódico del agua del mar y se forma sulfato sódico, que es muy corrosivo.

Biodeterioro

El biodeterioro es la degradación física y química de la roca provocada por organismos vivos. Los líquenes, hongos y musgos retienen humedad, favorecen la colonización y producen ácidos que modifican el color de la roca. Las bacterias más dañinas son: las autótrofas por desarrollarse con la propia acción de la luz, las sulfobacterias por transformar compuestos silicatados en ácidos y oxidar el azufre a sulfato y las nitrificantes por producir nitritos y nitratos que al reaccionar con el carbonato cálcico de las rocas calcáreas pueden formar nitrato cálcico.

Antes de una limpieza se han de eliminar estas sustancias con algún disolvente que abra los poros de la roca y para arrancarlas posteriormente con un bisturí una vez que estén secos o muertos. Insectos y roedores movilizan material y los ácidos presentes en los excrementos

is irreversible; the surface water evaporates and precipitates calcium carbonate, forming a crust of calcine.



The formation of this crust is beneficial in the short run, since it strengthens the surface of the rock and is impermeable. But with time it reaches a greater degree of compactness than the substrate itself and retains the humidity in the interior.

.Crusts of sulphine

Its process of formation is quite similar, the sulphurous acid formed from the reaction of water with sulphur dioxide oxidises in the presence of atmospheric oxygen forming sulphuric acid, which specially attacks the limestone rocks. When the sulphuric acid reacts with calcium carbonate under water pressure, calcium sulphuric hydrate is formed, and on the water evaporating a crust of sulphine is formed, more damaging than that of calcine because the sulphuric is more aggressive than the carbonic and because it retains more humidity, being of greater volume. In the areas close to the sea the calcium sulphate formed reacts with sodium chloride of sea water and forms sodium sulphate, which is very corrosive.

Bio-deterioration

The bio-deterioration is the physical and chemical degradation of the rock provoked by living organisms. The fungus and moss retain humidity, favour the colonisation and produce acids that modify the colour of the rock. The most damaging bacteria are: the autotrophs because they develop with light, the sulphur bacteria because they transform the silicon compounds in acids and oxidises the sulphur to sulphate, and the nitrifies that produce nitrates that react with calcium carbonate of the rocks can form calcium nitrate.

Before cleaning, these substances have to be eliminated with some solution that opens the pores of the rock for taking them out later once they are dried or dead. Insects and rodents mobilise material and the acids present in the excrement of the birds such as nitrate and

de las aves, como el nítrico y el fosfórico, favorecen la degradación química de la piedra.

Otros

Aquí incluimos el viento, de por sí sus efectos apenas son perjudiciales pero bajo la presencia de sales y humedad agrava los procesos de cristalización y alveolización; y los cambios de temperatura, que regulan la humedad del sistema poroso, solubilidad de gases y sales disueltas y la velocidad de las reacciones químicas.

B) CAUSAS INTERNAS

Aunque sus efectos no son comparables con los producidos por causas externas, debemos tener en cuenta este tipo de causas. Esbert et al. (1997), en su Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos, consideran las siguientes causas:

-Antropogénicas: los golpes sufridos por la roca, peso de la construcción que soporta, su tratamiento superficial, labra que presenta, etc.

-Petrográficas: a mayor tamaño de grano, más disgregable es la roca y viceversa.

-Tectónicas: durante el ascenso de las rocas hacia la superficie terrestre o por pérdida -de material suprayacente, éstas pierden resistencia a la deformación y aparecen diaclasas, vías de entrada para los agentes erosivos.

FORMAS DE DETERIORO

Engloban todas las modificaciones de color, textura, aspecto y composición mineralógica causadas por factores de alteración. La mayoría de las patologías se produce en la superficie de la piedra y contribuye a la penetración de agentes corrosivos.

PÁTINAS

Son películas delgadas superficiales formadas por diversas causas (Fig. 2).

-Envejecimiento: por el propio paso del tiempo y exposición a la intemperie.

phosphoric, and these favour the chemical degradation of the stone.

Others

Here we include the wind, which on its own has little damaging effects but with the presence of salts and humidity aggravate the process of crystallisation and alveole; and the temperature changes, which regulate the humidity of the porous system, dissolution of gases and dissolved salts and the speed of the chemical reactions.

B) INTERNAL CAUSES

Though its effects are not comparable to those produced by external causes, we should take into account these types of causes. Esbert et al. (1997), in his Manual of diagnosis and treatment of stone materials and ceramics, considers the following causes:

-Anthropogenics: the blows suffered by the rocks, the weight of the construction that supports it, its superficial treatment, the work on it, etc.

-Petrographics: the bigger the size of the grain, more separated is the rock and vice versa.

-Tectonic: During the raising of the rocks to the surface or the loss- of the upper side material, these lose resistance to deformation and openings appear, which are ways of entrance for the erosive agents.

FORMS OF DETERIORATION

They include all the modifications of colour, texture, aspect and mineral composition caused by alteration factors. The majority of the pathologies are produced on the surface and contribute to the penetration of corrosive agents.

PATINA

These are thin surface films formed due to various reasons (Fig.2)

-Ageing: due to the passage of time and the exposure to harsh weather.

-Decoloración: varía la tonalidad natural de la piedra, es la llamada "noble pátina".

-De-colouring: Varies the natural tonality of the stone, it is called "noble patina".

-Cromática: son las policromías, muy de moda en la Edad Media.

-Chromatic: they are polychrome, very much in fashion in the Middle Ages.

-Biogénica: la superficie de la roca está recubierta por organismos.

-Biogenic: the surface of the rock is covered by organisms.

-Suciedad: ennegrecimiento causado por contaminación ambiental.

-Dirt: Blackening caused by contamination in the atmosphere.

-Históricos: antiguamente se utilizaban pátinas tradicionales, compuestas por leche y sangre, para uniformar el color de la piedra y para cementar la superficie rocosa (Gárate, 1994).

-Historical: in ancient times the traditional films were used, composed of milk and blood, so as to make the colour of the stone uniform and to cement the rock surface (Gárate, 1994).



Fig. 2.- Tipos de pátinas sobre rocas calcáreas; biológicas (negras) e históricas (anaranjadas).
Types of patina over calcium based rocks: biological (black) and historical (orange).
Iglesia-Palacio de Goyeneche, Nuevo Baztán, Madrid (Foto R. Fort).

FISURAS

Todos los materiales de construcción presentan fracturas de dimensión variable. El origen de su formación puede deberse a esfuerzos mecánicos, a la corrosión de elementos mecánicos o que ya estuvieran presentes en la roca de partida (pelos de cantería).

FISSURES

All the construction materials present fractures of variable dimension. The origin of the formation may be due to mechanical forces, the corrosion of mechanical elements or that were present in the initial rock.

EFLORESCENCIAS

Son manchas blancas producidas por la precipitación de sales solubles al migrar y evaporarse el agua en la superficie de rocas porosas. La procedencia de las sales es muy diversa; la fuente puede estar en el suelo, en aguas subterráneas, excrementos de aves, antiguos tratamientos, en morteros utilizados o proceder de la roca original. Las sales más comunes en las rocas de los monumentos son los sulfatos, cloruros, carbonatos y nitratos. Si la formación de estas sales tiene lugar bajo la superficie de la piedra reciben el nombre de subeflorescencias, y si se forman en el interior criptoflorescencias. Su efecto destructor es función de:

FLORESCENCE

They are white spots produced by the precipitation of dissolved salts when the water on the surface of the porous rocks migrates and evaporates. The origin of the salts is highly diverse; the source can be in the floor, in underground water, excrement of the birds, older treatments, in used mortar or proceeding from the original rock. The most common salts in the rocks are the sulphates, chlorites, carbonates and nitrates. If the formation of these salts in the rocks of the monuments take place below the surface of the stone they receive the name of sub-florescence, and if they form in the interior- cryptoflorescence. The destroying effect is a function of:

-Tipo de sal formada y lugar de cristalización de la misma.

-Type of salt formed and the location of its crystallisation.

-Condiciones ambientales, la humedad y temperatura controlan los procesos de evaporación, disolución y precipitación.

-Environment conditions, the humidity and temperature control the process of evaporation, dissolving and precipitation.

COSTRAS

Son láminas de material endurecido resultado de la transformación superficial del sustrato pétreo. Estas costras se desarrollan en capas, presentando una morfología, dureza y color determinados y su naturaleza físico-química nada tiene que ver con la del sustrato.

CRUST

They are laminates of strengthened material as a result of the superficial transformation of stone substrate. These crusts are developed in layers, presenting a determined morphology, strength and colour and its physical-chemical nature has nothing to do with that of the substrate.

PLACAS

Por variación en la humedad y temperatura o por la acción mecánica de hielo y sales, pueden producirse fenómenos de exfoliación paralelos a la superficie de la piedra, originándose descamaciones cuando el espesor es milimétrico, y desplazados cuando es centimétrico (Fig. 3).



Fig. 3.- Desplacado en la superficie de un granito muy arenitizado.
Separation in the surface of a sanded granite.
Royal Palace, Madrid / Palacio Real, Madrid (Foto E. Pérez Monserrat)

PLATES

Due to variation in humidity and temperature or due to the mechanical action of ice and salts, phenomenon of exfoliation parallel to the stone surface are produced, originating plating when the thickness is in millimetre, and separation when it is in centimetres (Fig.3)

OTROS

Aquí se incluyen excrementos de animales como guano o palomina, materiales de naturaleza diversa poco cohesionados y de fácil limpieza, acanaladuras, picaduras, excoiaciones, desconchaduras, moteados, zonas de lavado, etc.

OTHER

In this are included excrement of animals such as worms or pigeons, materials of diverse nature not very cohesive and of easy cleaning, corrugates, pricking, cleaning areas, etc.

En el próximo número de LITOS, publicaremos la segunda parte de este artículo, que trata sobre los métodos de limpieza, protección y conservación de la piedra y restauración.

In the next issue of LITOS we will publish the second part of this article, which deals with cleaning, protection and conservation of stone and restoration.