

# TFG

---

## TRABAJOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN EN MATERIALES PÉTREOS. EL CASO DEL “VIEUX CHÂTEAU” DE NOYERS-SUR-SEREIN

Presentado por Julia Crespo Rizo  
Tutor: Xavier Mas i Barberà

Facultat de Belles Arts de San Carles  
Grado en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural  
Curs 2013-2014



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

## RESUMEN

En este texto se reflexiona sobre el papel del conservador-restaurador de bienes culturales en proyectos de restauración arquitectónica. Para ello, se toma como ejemplo el "Vieux Château" de Noyers, proyecto de restauración donde no está contemplada la participación de la figura del conservador-restaurador en el equipo multidisciplinar. Así, a través de una revisión de las competencias de cada uno de los profesionales que participan en el proyecto, se reivindica el papel del conservador-restaurador en trabajos de esta tipología. De esta manera, y con la aportación de una propuesta de intervención, se demuestra que puede ser de gran ayuda, a su vez que complementa al grupo multidisciplinar con el fin de proteger y prolongar la vida del bien cultural lo máximo posible.

This text discusses the role of the conservator of cultural heritage in projects of architectural restoration. To that end, it is based on the example of the "Vieux Château" of Noyers, a restoration project in which the involvement of a restorer in the multidisciplinary team is not contemplated. Thus, through a review of the competences of each of the professionals involved in the project, is claimed the role of the conservator in jobs of this type. In this way, and with the contribution of an conservation proposal, it shows that the conservator can be of great help, at the same time that it complements the multidisciplinary group to protect and prolong the life of the cultural heritage as much as possible.

## **PALABRAS CLAVE**

Vieux Château, multidisciplinariedad, competencias, conservación de materiales pétreos, monumento construido, conservación preventiva.

Vieux Château, multidisciplinary, competences, Stone conservation, built monument, preservation.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su infinita paciencia.

A la organización "Le Patrimoine Oublié" por haberme brindado la oportunidad de participar en su proyecto.

A mis amigos más cercanos, en especial a Judit Bordería por su apoyo incondicional.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	2
PALABRAS CLAVE .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. OBJETIVOS.....	6
3. METODOLOGÍA .....	7
4. CASO DE ESTUDIO.....	8
4.1. HISTORIA .....	8
4.2. MATERIALES CONSTITUYENTES .....	9
4.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN .....	11
4.3.1. Condición climática del sitio .....	12
4.3.2. Causas Físico-Mecánicas.....	14
4.3.3. Causas Químicas .....	17
4.3.4. Causas Biológicas .....	21
4.4. PERSPECTIVA DE LA RESTAURACIÓN EN FRANCIA.....	24
4.5. FASES DE INTERVENCIÓN .....	25
4.6. PROPUESTA DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN .....	27
4.6.1. Realización de pruebas y ensayos .....	28
4.6.2. Propuesta de preservación o conservación ambiental .....	30
4.6.3. Propuesta de conservación curativa o directa .....	32
4.6.4. Propuesta de Restauración.....	35
5. COMPETENCIAS A REIVINDICAR .....	37
6. CONCLUSIONES.....	39
 BIBLIOGRAFÍA .....	 41

# 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la conservación-restauración del patrimonio arquitectónico se requiere de la existencia de un equipo multidisciplinar, en el que la mayoría de veces la figura del conservador-restaurador de materiales pétreos y sus competencias apenas están definidas. El ejemplo en el que se basa esta comunicación es la experiencia obtenida en el voluntariado de restauración de materiales pétreos realizado en el “Vieux Château” de Noyers-sur-Serein, Borgoña (Francia). Este proyecto se lleva a cabo gracias a la asociación “Le patrimoine oublié”, que aboga por la reactivación de una zona olvidada.

El objetivo del proyecto se centraba en enseñar a intervenir en el monumento, partiendo del conocimiento de las técnicas antiguas y bajo la dirección de un especialista. En este texto se detallan las actuaciones realizadas sobre el monumento así como las competencias del equipo de intervención.

El grupo de trabajo estaba conformado por especialistas que dirigían a voluntarios procedentes de estudios diversos vinculados al patrimonio. El equipo que trabajó en este proyecto a pie de obra estaba constituido por un arquitecto, un jefe cantero y un grupo de voluntarios. El arquitecto era el encargado de dirigir la intervención de reconstrucción (planos y documentación exhaustivos), el cantero encargado de enseñar a los voluntarios la técnica antigua de la talla de piedra y mazonería. El equipo de voluntarios pertenecían al proyecto “Le patrimoine oublié”, a su vez englobado en la organización “Remparts”. Éste, tenía como objetivo el aprendizaje de las técnicas básicas de talla de piedra y mazonería (preparación de morteros y colocación de sillares).

Sin embargo, no se contemplaba la figura del conservador-restaurador en dicho grupo de expertos, de manera que transmitiera los conocimientos de conservación-restauración de materiales pétreos. En definitiva, durante esta experiencia se evidenció que, entre determinados estudiosos de monumentos franceses, se sigue una corriente de actuación arraigada cuyo modo de actuar es el mantenimiento de las técnicas y oficios del saber hacer tradicional. Sería necesario revisarlo y reivindicar la figura del conservador-restaurador especialista en cualquier trabajo realizado sobre un monumento construido. En este sentido, este trabajo expone algunas de las patologías encontradas en el Vieux Château que se podrían haber prevenido y eliminado con la inclusión de un conservador-restaurador en el equipo multidisciplinar. Por esta razón, este trabajo incluye una breve propuesta de intervención, tanto para corregir actuaciones incorrectas como para prevenir futuros daños. Así, por último, se mostrarán algunos de los aspectos y competencias más significativos que debería reunir éste en el seno del equipo formado en el proyecto que nos ocupa.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo ha sido analizar las capacidades del conservador-restaurador de materiales pétreos en proyectos de restauración arquitectónica, concretamente llevado a cabo en Vieux Château, en el marco del proyecto de intervención de "Le patrimoine oublié".

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Obtener una experiencia práctico experimental a través del proyecto de intervención mediante el aprendizaje de las técnicas de la talla de piedra y la mazonería.
- Efectuar una búsqueda bibliográfica exhaustiva que complemente los conocimientos práctico-experimentales adquiridos a pie de obra.
- Realizar un estudio del estado de conservación de la obra.
- Relacionar el estado de conservación con las características técnicas de la obra: determinar conexiones entre los problemas que sufre con sus materiales, las interacciones entre ellos y la climatología a la que ha estado sometida.
- Establecer prioridades de conservación de la obra, planteando una actuación que abarque la solución de problemas desde la raíz.
- Proponer algunas mejoras en el proceso de intervención que se está realizando en estos momentos.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en este trabajo se ha dividido en tres pasos diferenciados.

El primero ha consistido en la experiencia práctica adquirida durante el voluntariado de reconstrucción y restauración de una torre románica del “Vieux Château de Noyers-sur-Serein”, en la Borgoña Francesa. Allí, se recopiló toda la información práctica del proyecto, desde métodos de reconstrucción y talla de piedra hasta el uso de materiales y herramientas. Paralelamente, a través de un examen organoléptico de la obra y la intervención, se realizó una recopilación fotográfica de las patologías encontradas.

Posteriormente, se ha realizado una búsqueda bibliográfica de información referente a la historia del castillo, su destrucción y la iniciación del proyecto de intervención, así como las fases de éste.

Finalmente, y a partir de toda la información recopilada, ésta se ha ordenado y analizado permitiendo el estudio de la obra, su valoración y el análisis de su estado de conservación. A raíz del estudio de las técnicas constructivas, los materiales utilizados y de las patologías encontradas en la torre, se han podido extraer diversas conclusiones sobre el origen de estas últimas, desarrollándose una posible estrategia de intervención.

## 4. CASO DE ESTUDIO

### 4.1. HISTORIA

El Vieux Château se encuentra a 235 metros de altitud en un pequeño pueblo de la Borgoña Francesa, en el departamento de Yonne y distrito de Avallon, llamado Noyers-sur-Serein.

El terreno del señorío de Noyers comprendía unas 15 hectáreas, 8 de las cuales eran el mismo Castillo (Fig. 1). El historiador especializado en la historia de Borgoña, Ernest Petit (1885)<sup>1</sup> revela en “Les sires de Noyers”, que se trata de “Una formidable fortaleza, una de las más importantes de toda Borgoña”.



Fig. 1 Fotomontaje: Vista aérea de la zona junto con un plano del castillo original en amarillo y remarcando en rojo la zona en la que se están llevando a cabo las obras de reconstrucción. Realizado por el autor del texto.

La historia del castillo, a pesar de su importancia, no había sido estudiada en profundidad hasta el trabajo de Ernest Petit, cuyos textos se han de interpretar con cierta precaución dada la subjetividad de la exposición. A partir de estos estudios y la creación de la fundación “Le patrimoine oublié” se hace un análisis más pormenorizado de la zona, que comprende desde un estudio histórico exhaustivo hasta la realización de excavaciones arqueológicas. Todo esto se ve reflejado en los diversos trabajos publicados por Fabrice Cayot<sup>2</sup>, colaborador actual de la asociación, donde se reflejan dichas investigaciones.

La construcción del castillo comenzó en el S.XI, con los primeros “Señores de Noyers”, y éste fue ampliando su tamaño según pasaban las décadas y,

---

<sup>1</sup> Petit, E. *Les sires de Noyers*.

<sup>2</sup> Cayot, F. *Le Château de Noyers-sur-Serein*.

variando su aspecto a través de las reformas, las guerras, demoliciones y el abandono. Tal y como nos cuenta Fabrice Cayot en su tesis doctoral titulada “Le château de Noyers-sur-Serein”, la fortaleza fue pasando de mano en mano sufriendo los cambios que de ello se derivan. Se destaca, sobre todo, el trabajo realizado por Hugues de Noyers, Obispo de Auxerre<sup>3</sup>, hijo de Clérambault<sup>4</sup>, y tutor de Miles VII<sup>5</sup>, que siendo señor del castillo, realiza reformas de gran importancia entre los años 1196-1206.

Después de cinco siglos de historia<sup>6</sup> y las sucesivas ampliaciones, demoliciones y reconstrucciones de la fortaleza, el último señor de Noyers, alrededor del año 1788, decide demoler las torres restantes y grandes partes del muro para construir una fortificación alrededor del río Serein. Poco tiempo después se vende el condado y sus dependencias, quedando los últimos vestigios del castillo en el olvido, como se demuestra en las encuestas realizadas en el siglo XX a la mayor parte de la población de la aldea.

A partir de entonces, comienza una nueva etapa de investigación, rehabilitación y reactivación del sitio con diversos proyectos, entre los cuales estaría comprendida la reconstrucción de las dos torres de defensa y la sección del muro que las une, cuya intervención es objeto de nuestro estudio<sup>7</sup>.

## 4.2. MATERIALES CONSTITUYENTES

Por un lado, en cuanto a los materiales primigenios de la construcción original, se tienen bastantes datos gracias a fuentes escritas como cuentas o inventarios de la época y por supuesto los vestigios que se encuentran en el emplazamiento del castillo. Mucha de esta información es recopilada por Fabrice Cayot (2007)<sup>8</sup>. Concretamente, en cuanto a los materiales constituyentes de los muros y torres, se cita la arena del río Serein, la piedra

---

<sup>3</sup> Hugues de Noyers, señor del castillo de Noyers, fue nombrado Obispo de Auxerre en 1183 y realiza grandes reformas en el castillo.

<sup>4</sup> Clérambault, padre de Hugues y Señor de Noyers; quién manda amurallar el castillo. Muere en el año 1190 acompañando al Rey Phillippe Auguste a las cruzadas.

<sup>5</sup> Miles VII, sobrino de Hugues y señor de Noyers. Perteneció al consejo real y fue nombrado mariscal, además de librar diversas batallas en el castillo durante la Guerra de Sucesión de la Champagne.

<sup>6</sup> CAYOT, F. *Une monographie d'un château bourguignon disparu... pour quoi faire?*

<sup>7</sup> El proceso seguido en la consolidación y reconstrucción de las torres, así como las excavaciones arqueológicas se pueden encontrar en la página web del proyecto. [consulta 2014/02/26]. Disponible en: <http://www.lepatrimoineoublie.fr/index.php?page=restauration-du-vieux-chateau>.

<sup>8</sup> CAYOT, F. *Noyers-sur-Serein (Yonne). Le château*.



caliza gris<sup>9</sup> <sup>10</sup> extraída de la meseta cercana al castillo y utilizada para las murallas y las torres y, también, la piedra más amarilla y dura denominada “Massangis”, traída desde el pueblo de ese mismo nombre y utilizada para las oberturas de tiro y el sótano (Fig. 2).



Por otro lado, se encuentran los nuevos materiales, añadidos en la reconstrucción que se lleva a cabo en el castillo. Estos no divergen de los mencionados anteriormente, dado que se utilizan los mismos, exceptuando los ligantes del mortero. Así, para los muros y juntas exteriores se utilizará el mortero de cal aérea<sup>11</sup> <sup>12</sup>, mientras que para el muro o estructura interna se utiliza cemento gris tipo Portland<sup>13</sup> (Fig.3).



Finalmente, en cuanto a la construcción y distribución del castillo, se tiene bastante información gracias a inventarios de la época que ofrecen un cuadro de vida bastante completo y, por lo tanto, un estudio del castillo a través de las fuentes escritas<sup>14</sup>.

<sup>9</sup> “La roca caliza es un tipo de variedad masiva, procedente de la descomposición de bicarbonatos, que por volatilización del anhídrido carbónico se convierten en carbonatos insolubles. Compuesta mayoritariamente por calcita ( $\text{CaCO}_3$ )” MAS, X. *Conservación y Restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*.

<sup>10</sup> “Sediments and sedimentary rocks are the product of mechanical and chemical fractionation processes on a large scale. In this case, mechanical weathering or the disintegration of the original rock into smaller fragments is often the prerequisite for a deep and intensive chemical segregation. Alternatively, sedimentary rocks can be formed via chemical and biological processes and can be precipitated from water (marine or freshwater)” VV.AA. *Stone in Architecture. Properties, Durability*. p. 31

<sup>11</sup> “Las rocas calizas más o menos puras, a temperaturas de cocción de 900°C, se descomponen dando lugar a la cal viva, la cual está compuesta fundamentalmente por óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) “. MAS, X. *Op. Cit.*

<sup>12</sup> GARCÍA, J.M. *Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros*. pp.220-223

<sup>13</sup> “El cemento Portland se preparaba calcinando la piedra caliza, entre 1.000 y 1.200 °C (hoy en día la temperatura alcanza los 1.400 °C), a la que se agrega arcilla. A esas temperaturas los silicatos sufren una fusión parcial generando, por enfriamiento, vidrio reactivo. Además, se suele añadir hasta el 7% de yeso para condicionar la velocidad del fraguado y otros aditivos. Una composición típica de la materia prima puede ser un 60% de cal, 19% de sílice, 8% de alúmina, 5% de hierro, 5% de óxido de magnesio y 3% de ión sulfato”. *Ibid.* p. 227

<sup>14</sup> Entre estas fuentes, se encuentran los 62 registros o cuentas de los “chateliens” del ducado de Borgoña que documentan un período de entre 1355 y 1501, y las “Gestes des évêques d’Auxerre” que evocan el trabajo que Hugues de Noyers llevó a cabo a finales del S. XII y principios del XIII. Gracias a ellos, se sabe la atmósfera que reinaba en el ducado, la calidad de la vida aristocrática y la realidad militar del lugar.

Fig. 2 Talla de sillar “Massangis” para obertura de tiro. Imagen propia.

Fig.3 Uso de cemento gris en la parte interior del muro. Imagen propia.

Fig. 4 Estado de la Torre nº 1 en el verano de 2013. Imagen propia.

### 4.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN

Como ya se ha citado en la introducción histórica, el castillo original se encuentra en un estado de total destrucción, ya que los únicos vestigios que quedan en pie son los de las dos torres defensivas, en las cuales se lleva a cabo el proyecto de intervención (Fig. 4).

Así, para comprender este apartado, se han de tener en cuenta dos factores importantes, el material original y el material de nueva construcción. En este sentido, esta sección aporta datos sobre el estado de conservación del Castillo "nuevo", dada la reconstrucción que se está llevando a cabo actualmente.

A través de un examen organoléptico de la obra y gracias a la adquisición de experiencia práctica en cuanto a técnicas de reconstrucción de la torre, además de un conocimiento aproximado del clima del lugar, se pudieron identificar las patologías más acusadas por causas físicas, químicas y biológicas (Fig. 5). Será, en este apartado donde se estime la necesidad del conservador-restaurador de materiales pétreos.



Fig. 5 Principales causas, agentes y mecanismos de deterioro en el Vieux Château. Realizado por el autor del texto.

### 4.3.1. Condición climática del sitio

Previamente, para entender un poco mejor las patologías desarrolladas en los nuevos materiales de la obra, se han de conocer las condiciones climáticas del lugar, dado que afectan de manera sustancial en la conservación de la misma.

El Castillo se encuentra en una zona de montaña donde el porcentaje de humedad y de lluvias al año es muy elevado. El pueblo de Noyers llegó a recoger en el año 2013 hasta 770 mm anuales de lluvia, situándose entre los pueblos más lluviosos de Francia. A esto, hay que sumarle que las temperaturas mínimas pueden llegar a pasar los 0°C. En la Figura 6 podemos ver diversos gráficos sobre las precipitaciones y las variaciones de temperatura<sup>15</sup>.

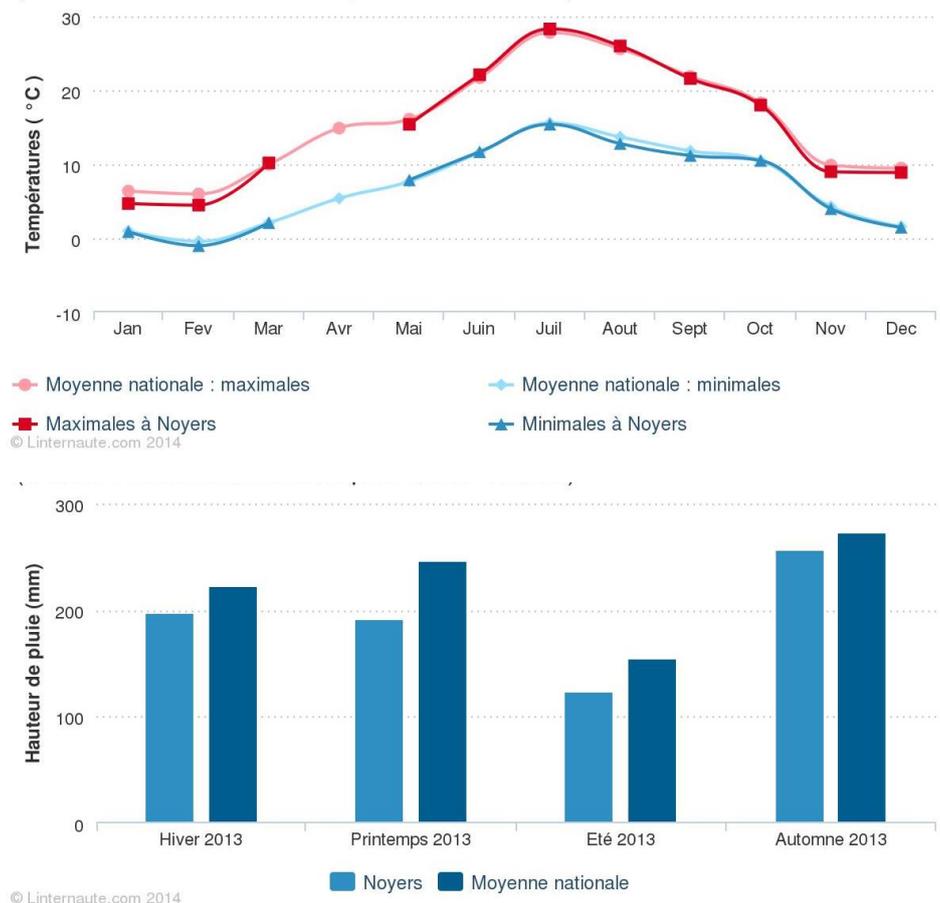


Fig. 6 Variaciones climáticas en Noyers-sur-Serein durante el año.  
 Información extraída de <http://www.linternaute.com/voyage/climat/noyers/ville-89279>

<sup>15</sup> Se trata de una aproximación, dado que los datos son referentes al pueblo (a 175 m de altura), mientras que el castillo se encuentra a 235 m.

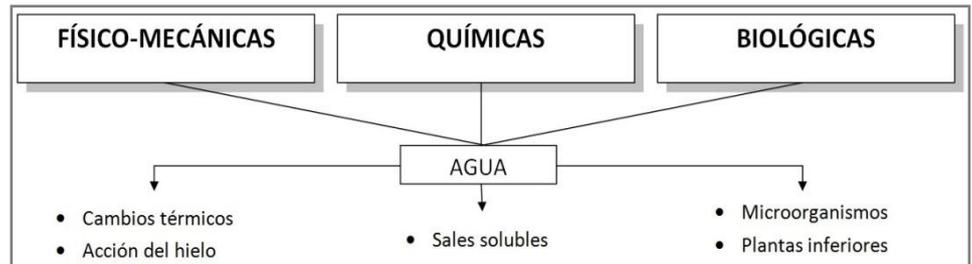


Fig. 7 Participación del agua en el desarrollo del deterioro en las torres. Realizado por el autor del texto.

El principal y más agresivo agente de deterioro de los materiales pétreos es el agua, dado que puede tener tanto una acción directa causando patologías físico-mecánicas, como una indirecta, desarrollando desde deterioros físico-mecánicos hasta deterioros químicos y biológicos. Así, ésta facilita la acción de otros mecanismos de alteración y vehicula el transporte de sustancias nocivas. En el caso del castillo de Noyers, todos los deterioros encontrados vienen causados o se complementan con la presencia del agua (Fig.7).

La penetración del agua en la piedra puede llegar a ser muy nociva para el material, dado que conjugándose con unas condiciones climáticas determinadas y la suma de otros agentes de deterioro, pueden llegar a desarrollarse desde sales hasta microorganismos y plantas en el soporte pétreo, así como producirse la congelación de éste con la posterior consecuencia de la rotura o fragmentación del material.

### 4.3.2. Causas Físico-Mecánicas

El primer aspecto a tener en cuenta es el sistema constructivo a base de piedra caliza compacta con una porosidad entre 4 y 8%. Las piedras más susceptibles de ser atacadas por heladas son aquellas cuya porosidad es superior al 5%, siendo las que tienen una porosidad desde el 8 al 25 % las que se encuentran en el rango más crítico<sup>16</sup>. En segundo lugar, se ha de mencionar que durante la extracción y la labra de los pétreos se crean microhendiduras o microfisuras<sup>17</sup>. Esto supone un deterioro por esfuerzos mecánicos y por lo tanto una modificación de los estratos superficiales del material, favoreciendo la penetración del agua en el seno del pétreo.

Así, en zonas de lluviosas como Noyers, la penetración del agua en la obra es evidente. Sumando esto al porcentaje de porosidad de la caliza gris<sup>18</sup>, las variaciones térmicas y el nivel de humedad existente, las consecuencias de conjugarse estos factores pueden ser destructivas para la obra.

En el caso del Vieux Château, asumiremos que la degradación físico-mecánica por helada viene dada por la penetración directa del agua de lluvia en la piedra y por capilaridad<sup>19</sup> a través del terreno. Así, cuando las temperaturas bajan a 0º C, se produce la congelación; sin embargo, los mayores efectos se desarrollan entre los -3 y -6ºC, dado que el volumen del agua aumenta hasta un 9 % y se ejercen presiones superiores a los 500 Kg/cm<sup>2</sup>, provocando tensiones en el pétreo, ya que se sobrepasa el límite de deformación de éste<sup>20</sup> (Fig. 8). Estos ciclos de hielo-deshielo provocan en el material importantes alteraciones, dado que en los poros más grandes el agua solidificará antes, aumentando su volumen y ejerciendo una elevada presión hacia los capilares

---

<sup>16</sup> Sin embargo, se debe remarcar que los pétreos con porosidad muy elevada no son tan susceptibles de ser atacados como aquellos que tienen una porosidad media. Esto sucede porque en las piedras con porosidad mediana el poro se satura antes de agua, mientras que en aquellos materiales de porosidad elevada no se llega a saturar por completo. Por lo tanto, al bajar las temperaturas la congelación provoca tensiones sobrepasando el límite de deformación del material, desembocando en fracturas.

<sup>17</sup> "Se definen fisuras o fracturas las discontinuidades planares, macroscópicas o microscópicas de orígenes diversos y con formas y dimensiones variables. Generalmente la denominación de fisura se corresponde con una separación reducida, prácticamente imperceptible de los labios de fractura, es decir, una fractura o rotura cerrada" MAS, X. *Op.Cit.* p.62

<sup>18</sup> La caliza compacta que encontramos en el Vieux Château tiene una porosidad aproximada entre el 4 y el 8 %. Los pétreos que contienen una porosidad fina entre 8 y 25% suelen ser bastante sensibles a los ataques de las heladas y las sales, especialmente si el tamaño de los poros no supera las 7 micras.

<sup>19</sup> GARCÍA, J.M. *Op. Cit.* p.421-431

<sup>20</sup> *Ibid.* p.392-393.



Fig. 8 Diferencia entre la parte inferior (reconstrucción) y la superior, fragmentada por las variaciones de temperatura. Imagen propia.

más finos, empujando el agua no solidificada. Como consecuencia, el pétreo, incapaz de retener el incremento del volumen del agua, tiende a romperse, dejándonos sillares fracturados<sup>21</sup>, fisurados<sup>22</sup>, fragmentados<sup>23</sup> o incluso disyunciones<sup>24</sup>.

Se han de tener en cuenta también en este apartado otros factores como la anisotropía<sup>25</sup> térmica de la caliza, ya que los minerales que la componen tienen unos coeficientes de dilatación<sup>26</sup> muy variados. Así, las variaciones bruscas de temperatura pueden llegar a causar tensiones internas entre los propios componentes del pétreo, que mediante ciclos de dilatación-contracción<sup>27</sup> sufrirá un deslizamiento irreversible de los planos cristalinos provocando deformaciones, combaduras y agrietamientos entre otros de las capas más superficiales del pétreo<sup>28</sup>.

<sup>21</sup> "Fracturación (cracking;fracturazione;fracture) Alteración por ruptura que se manifiesta en la formación de soluciones de continuidad en la piedra, generalmente sin desplazamiento relativo de las dos partes; es el accidente de RUPTURA de mayor extensión aunque, por otra parte, es aquél que crea soluciones de continuidad menos evidentes". ALCALDE, M. *Indicadores de alteración de los materiales pétreos*.

<sup>22</sup> "Fisuración (fissuring; fissurazione; fissurement) Alteración por ruptura que se manifiesta en la formación de soluciones de continuidad en la piedra con desplazamiento o separación macroscópica de las dos partes". *Ibid.*

<sup>23</sup> "Fragmentación (spalling; frammentazione; effritement) Alteración por ruptura con pérdida de material, que se manifiesta por la formación de trozos más o menos compactos". *Ibid.*

<sup>24</sup> "Los accidentes de disyunción implican la separación abierta entre partes de la piedra originariamente juntas, son paralelos a la superficie de la piedra y producen porciones de distinta forma o tamaño". *Ibid.*

<sup>25</sup> La anisotropía indica que un mineral se comporta diferente según la dirección considerada. Ésta se revela a través de propiedades como la dilatación térmica, la dureza, el índice de refracción, etcétera. GARCÍA, J.M. *Op.Cit.*

<sup>26</sup> "El cristal de calcita, componente principal de calizas y mármoles, dilata mucho más en la dirección de eje "c" que en cualquiera de las direcciones normales a él. Las rocas carbonatadas están formadas por cristalitos en direcciones aleatorias, la dilatación de unos respecto a otros, cada uno en la dirección de su eje "c", provoca tensiones. Estas tensiones se alivian mediante la apertura de los planos de cruce de los propios cristales de calcita (los carbonatos mantienen tres direcciones de cruce). Este proceso abre una neoporosidad en la que puede introducirse el agua con los conocidos efectos de disolución, cristalización de sales y heladas que aumentan, aún más, la porosidad". GARCÍA, J.M. *Op.Cit.*

<sup>27</sup> La piedra es mala conductora del calor. Así, como consecuencia de la exposición a la insolación de las capas externas durante el día, el material se dilata, y por la noche contraerá al bajar las temperaturas. Esto genera tensiones en la capa superficial, mientras que el cuerpo interior permanece estable, desembocando en desprendimientos en placas del material afectado.

<sup>28</sup> GARCÍA, J.M. *Op.Cit.* Pp.509-515.

Por último, otro elemento importante que interviene en las alteraciones físico-mecánicas que desembocan en fragmentaciones y disyunciones es el cemento gris de tipo Portland utilizado para la reconstrucción del castillo. Este cemento hidráulico es conocido por su tenacidad, su elevada resistencia y baja porosidad. Sin embargo, se ha comprobado que resulta ser muy inestable en el tiempo, produciendo diversas patologías<sup>29</sup> en las restauraciones de edificios históricos. Entre ellas, las que conciernen a cambios físico-mecánicos, están relacionadas con el comportamiento de éste ante los agentes atmosféricos en comparación a los materiales históricos. Así, al tratarse de un material más rígido que la piedra, transmitirá a ésta todas las tensiones, ya que ante vibraciones, dilataciones térmicas<sup>30</sup> o tensiones estructurales será el material histórico el que asuma todos los daños, causando fracturaciones o deformaciones del soporte (Fig. 9).

MATERIAL	COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL TÉRMICA (m/m ° C)	EXPANSIÓN DE UN METRO DE MATERIAL AL ELEVAR 30°C LA TEMPERATURA (mm)
Piedra caliza	$7 \cdot 10^{-6}$	0'15
Mortero de cemento	$10-11 \cdot 10^{-6}$	-----
Mortero de cal	$8-10 \cdot 10^{-6}$	0'3-0'4

Fig. 9 Coeficientes de dilatación y expansión de algunos de los materiales constituyentes del Vieux Château. Información extraída de GARCÍA, J.M. *Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros*.

<sup>29</sup> Feilden, B.M. *Conservation of Historic Buildings. Technical Studies in the Arts, Archaeology and Architecture*.

<sup>30</sup> Dado que el coeficiente de dilatación térmica en el cemento Portland es más alto que el de la caliza, mantiene un comportamiento totalmente distinto frente a los cambios de temperatura, ocasionando tensiones internas en la estructura de la obra.



Fig. 10 Ejemplo de algunas de las eflorescencias encontradas en la Torre nº 1. Imagen propia.

#### 4.3.3. Causas Químicas

En este apartado, dado que no se han podido determinar ni la proveniencia ni la naturaleza exacta de las patologías por causas químicas, se van a exponer las posibles hipótesis creadas a partir del análisis organoléptico de éstas y el conocimiento de los materiales y el entorno de la obra. Así, por un lado encontraremos los posibles ataques por sales y sus principales causas y, por otro, la formación de costras de carbonato.

Los ataques por sales utilizan un mecanismo muy parecido al de las heladas, descrito en el apartado anterior. Éstas penetran en el pétreo gracias al agua, que actúa como vehiculante, haciendo que circulen del interior al exterior, cristalizando al evaporar el agua y produciendo una alteración tanto estética como estructural. Además, tratándose Noyers de una zona donde la temperatura y los niveles de humedad varían mucho durante el año, cuando la primera es más elevada en verano y la humedad relativa es más baja, las presiones de cristalización y expansión de las sales en el pétreo aumentan, lo que puede llegar a causar, a parte de un deterioro estético, grandes daños de tipo mecánico. Todo esto, sumado a la porosidad ya mencionada de la caliza gris, hace que sea más fácil que el ataque por sales evolucione en patologías como fracturas y disyunciones, al igual que en el caso de la rotura por heladas.

Así, la piedra saturada de agua va secando por evaporación haciendo que las sales migren hacia el estrato más superficial, cerrando los poros más finos y quedándose los grandes parcialmente obstruidos. Todo esto dejará una superficie más maciza, lo que desembocará en una pérdida de cohesión y adherencia de la zona inmediata. En el caso del castillo, y mediante una observación a nivel macroscópico, se encontraron eflorescencias<sup>31 32</sup> salinas muy desarrolladas que formaban en algunas zonas estalactitas (Fig. 10). Esto resulta ser muy alarmante, dado que se situaban en la zona de nueva construcción, y debido a la gran cantidad de éstas habría posibilidades de que existieran subeflorescencias<sup>33</sup> e incluso criptoeflorescencias<sup>34</sup>. La mayor

<sup>31</sup> "Eflorescencias (efflorescence; efflorescenza, efflorescence): Altreación en forma de depósito cristalino, blanco, poco coherente, de sales solubles, originado por migración y evaporación de soluciones". ALCALDE, M. *Op.Cit.*

<sup>32</sup> "Efflorescence is commonly the result of evaporation of saline water present in the porous structure of the stone. Efflorescences are often constituted of soluble salts such as sodium chloride (halite : NaCl) or sulphate (thenardite : Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), magnesium sulphate (epsomite : MgSO<sub>4</sub> . 7H<sub>2</sub>O), but they may also be made of less soluble minerals such as calcite (CaCO<sub>3</sub>), barium sulphate (BaSO<sub>4</sub>) and amorphous silica (SiO<sub>2</sub> . nH<sub>2</sub>O)" ICOMOS-ISC. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*. p.48

<sup>33</sup> "Subeflorescencias (subflorescence; subflorescenza; subflorescence) Las sales que se mueven hacia la superficie de la piedra cristalizan inmediatamente debajo de la superficie original de la

diferencia en el proceso de proliferación de unas u otras es la velocidad de aporte de humedades, ya que si el aporte del interior al exterior es rápido las sales quedarán en superficie, mientras que si este es más lento la cristalización de las sales se producirá en el interior del pétreo, causando graves daños estructurales.

Determinar el origen de las sales en un soporte pétreo requiere diversos estudios específicos, por lo que mediante el simple análisis organoléptico no se pueden sacar conclusiones definitivas<sup>35</sup>. Sin embargo, conociendo la intervención realizada en el monumento, los materiales seleccionados para ésta, el clima y el nivel de contaminación del lugar, se pueden llegar a aproximaciones sobre el origen y tipología de las sales encontradas en el soporte calcáreo.

La proliferación de sales puede producirse por diversas causas. Dado que no se puede determinar el origen de estas con exactitud a través del simple análisis organoléptico, se han creado en este apartado tres hipótesis de la aparición de frentes salinos en el Vieux Château. La primera causa proviene de la propia piedra, que puede llevarlas en origen, sobre todo si la cantera se encuentra en lugares interestratificados con otros de naturaleza evaporítica, como yesos o sales (García de Miguel, 2009). La segunda, es la aportación de sales del terreno a través de la ascensión del agua por capilaridad, ya que, como se ha dicho anteriormente, el castillo se encuentra bajo el efecto de la lluvia y la humedad cuasi permanentes. La tercera de las causas se debe al uso erróneo de cemento gris hidráulico tipo Portland<sup>36</sup> <sup>37</sup> para el relleno entre los muros interior y exterior. Esto sucede por la reacción que causan sus componentes en sí mismos y a su vez con las rocas carbonatadas, creando múltiples

---

misma, la cual queda como una delgada y endurecida costra de material alterado". ALCALDE, M. *Op.Cit.*

<sup>34</sup> "Criptoeflorescencias (criptoeflorescence; criptoeflorescenza; criptoeflorescence) Es el resultado de la cristalización de las sales en el interior de la piedra, en materiales pétreos con grandes poros". *Ibid.*

<sup>35</sup> Se requieren estudios sobre la naturaleza de las sales, su distribución, un análisis de las posibles fuentes de procedencia en relación a su entorno, etcétera.

<sup>36</sup> Cemento Portland marca Lafarge.

<sup>37</sup> "El clínker de cemento Portland es una sustancia multiconstituyente que consta de 4 fases principales: silicatos tri- y dicálcicos ((3CaO.SiO<sub>2</sub> y 2CaO.SiO<sub>2</sub>); aluminato tricálcico (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y aluminoferrito tetracálcico (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Habitualmente puede haber cierta cantidad de cal (CaO) sin reaccionar. Se origina por medio de una transformación mineralógica de una mezcla específica y precisa de materias primas basada en óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro y pequeñas cantidades de otros elementos". *Ficha de datos de seguridad del Clínker de cemento Portland.*

patologías relacionadas con las sales. Algunas de las causas del desarrollo de éstas pueden ser:

- Este mortero puede contener sales solubles dañinas originadas en el proceso de fabricación. Éstas proceden de:

a) Las cenizas de combustión en el proceso de calcinación.

b) La arcilla agregada a la mezcla.

c) Por la reacción de los materiales minerales con los gases de combustión que suelen contener azufre.

d) Por la reacción con sulfuros de la propia piedra caliza, que en el proceso de combustión pueden oxidar a sulfatos.

e) Por el 7 % de yeso que contiene para modificar sus tiempos de fraguado, que reacciona con el aluminato tricálcico<sup>38</sup> después de su puesta en obra, formando una sal expansiva llamada ettringita<sup>39</sup>.

- La penetración del agua en el mortero, que lava y transporta las sales que contiene, normalmente sulfatos y cloruros, a un material más poroso (como podría ser la caliza gris o el mortero de cal).

- Alto nivel de impermeabilidad frente al vapor de agua, que evita la transpiración y tiende a formar frentes salinos.

- Por otras reacciones posteriores a su puesta en obra, formando la thaumasita<sup>40</sup>.

Por último, como se ha dicho en la introducción de éste apartado, también se considerarán las costras de carbonato cálcico<sup>41</sup> como patologías por causas químicas. Cuando se suman en una construcción el uso de piedra caliza, cemento calcáreo y la constante penetración del agua de lluvia, los poros de ambos materiales se saturan con mucha facilidad. Así, el agua disuelve el

---

<sup>38</sup> El 90% del Cemento gris Portland se compone de silicatos tricálcico y bicálcico, aluminato tricálcico y aluminato de hierro y calcio

<sup>39</sup> "Las agua ricas en sulfatos atacan el aluminato de calcio hidratado y junto con la portlandita pueden generar la peligrosa ettringita (sulfoaluminato de calcio) sal muy expansiva con la humedad" GARCÍA, J.M. *Op.Cit.* p.234

<sup>40</sup> "Junto con ettringita es una de las sales resultado de la degradación del portland por ataque de soluciones sulfatadas. Se trata de un sulfato hidratado de Ca y Al, y Si, de fórmula  $(Ca_3Si(CO_3)(SO_4)(OH)_6 \cdot 12H_2O)$ " *Ibid.* p.672

<sup>41</sup> "Concretion: Kind of encrustation having a specific shape: nodular, botryoidal (grape-like) or frambooidal (raspberry like). Concretions may even have conic shapes of form drapery-like vertical sheets. Stalagmites and stalactites are kinds of concretions. In general, concretions do not outline, contour the surface of the stone, and are of limited extent". ICOMOS-ISC. *Op.Cit.* p.50

carbonato cálcico de éstos y cuando evapora, la disolución migra hacia el exterior depositando compuestos de baja solubilidad en el exterior como carbonato de calcio, carbonato de magnesio o sulfatos de calcio. Además, si los ciclos de humedad-sequedad resultan ser continuos se crea una diferencia entre la capa interior y exterior del pétreo, ya que los poros se encuentran obstruidos por las sales. Así, en el estrato más superficial, la piedra se consolidará y se volverá más compacta, mientras que la parte interior perderá partes de sus sales y se modificará la estabilidad de sus agregados minerales. Esto generará la creación de una interfase entre el interior y el exterior, teniendo el pétreo en ésta zona una escasa adhesión y un soporte altamente arenizado. Por último, esto desembocará en la caída de la costra superficial y más dura, provocando una pérdida de espesor en la piedra y una exposición a los agentes atmosféricos de la nueva superficie (Fig. 11).

Sin embargo, no se podrá determinar si las eflorescencias encontradas provienen de la propia piedra y del mortero de cal, o si por el contrario se han formado según los procesos anteriormente expuestos.

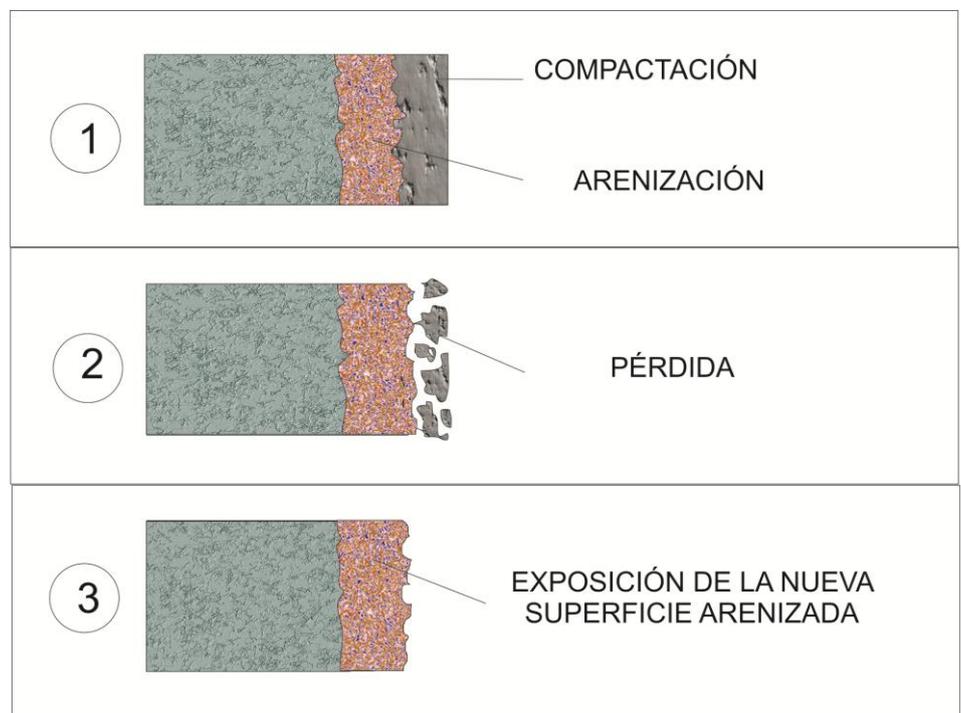


Fig. 11. Diagrama explicativo. Compactación de la superficie del pétreo, con posterior pérdida y exposición de la interfase arenizada. Realizado por el autor del texto.

#### 4.3.4. Causas Biológicas

En este apartado, se describirán las principales causas de deterioro encontradas en el Castillo de Noyers, centrándonos en los agentes biológicos.

Como ya se ha dicho en la introducción del apartado, el agua es la principal causante de las patologías en la piedra, lo que se verifica con los daños encontrados en la reconstrucción de la torre defensiva. Ésta, conjugándose con la elevada humedad relativa y otros factores facilitan la proliferación de microorganismos sobre el soporte pétreo y los morteros.

Encontramos un ejemplo en la parte interior de la torre (Fig. 12), en la que se han podido distinguir hasta tres tipos de agentes de biodeterioro como son los líquenes, el musgo y las plantas hepáticas y/o vasculares.



Fig. 12 Ampliación de algunos de los agentes de biodeterioro encontrados en el interior de la torre. Realizado por el autor del texto.

Sin embargo, antes de explicar las características de cada una de ellas y las posibles patologías que puedan llegar a causar, se ha de entender cuál es su proceso de formación. Lo primero que se ha de tener en cuenta es que las condiciones ambientales del lugar fomentan la aparición de éstos, dado que con un elevado porcentaje de precipitaciones, una alta humedad relativa y una temperatura más o menos cálida en verano, los microorganismos bacterianos son los primeros en colonizar el soporte pétreo. Éstos, preparan el sustrato y permiten el crecimiento de posteriores colonizadores como son las bacterias organótrofas y los hongos, a los que les seguirán los líquenes, una simbiosis de hongo más alga. Estos últimos prepararán el hábitat para las plantas hepáticas y los musgos, que junto a los líquenes facilitan la aparición de plantas superiores<sup>42</sup>.

Como se ha dicho anteriormente, en el interior de la torre se pudieron diferenciar tres agentes de deterioro biótico:

- Líquenes<sup>43</sup>: Se trata de una simbiosis entre alga y hongo<sup>44</sup>, se alimentan gracias al agua y procesan los nutrientes de la atmósfera. Se suelen desarrollar en ambientes hostiles para el resto de formas de vida vegetales, y no aparecen en atmósferas contaminadas, dado que son poco resistentes a éstas. Sus mecanismos de agresión pueden ir desde la agresión estética hasta la mecánica, pasando por la degradación química. El menor de los problemas es la variación cromática de la obra de arte, sin embargo, esto lleva intrínseca la acción mecánica producida, dado que el crecimiento de las hifas del hongo pueden llegar a penetrar en profundidad en la piedra, mientras que los talos del alga quedan en la superficie. Por último, la acción química se produce al procesar los productos que aporta la atmósfera, ya que los segregan tras haberlos convertido en alimento, expulsando desechos metabólicos<sup>45</sup> que son lesivos<sup>46</sup> para el soporte pétreo.

---

<sup>42</sup> MAS, X. *Op.Cit.* p.79

<sup>43</sup> "All lichen represent symbiotic growth of a fungus and green alga or a cyanobacterium. Lichen is a common feature on outdoor stone and is generally best developed under clean air conditions, but growth may be facilitated by certain pollutants such as nitrogen oxides derived primarily from vehicle pollution or agriculture. Former lichen growth may be detected by typical pitting structures (see this term) or lobate or mosaic patterns and even depressions". ICOMOS-ISC. *Op.Cit.* p.68

<sup>44</sup> Concretamente entre un cianofito (bacteria/alga cianófila) y un ascomiceto (un hongo). MAS, X. *Op.Cit.*

<sup>45</sup> "Fundamentalmente ácidos orgánicos (carbónicos, oxálico, cítrico, glucónico) y líquénicos capaces de solubilizar el sustrato formando complejos quelantes". *Ibid.*

<sup>46</sup> "Se ha discutido sobre la conveniencia de eliminar las colonias de líquenes. Si bien su papel es lesivo para el material, una vez que el daño se ha producido, éste es compensado por su papel protector, ya que bajo su superficie se genera una capa de humedad constante, además de

- Musgo<sup>47</sup>: Está integrado en la familia de los Briofitos. Se trata de una planta inferior que necesita la constante presencia del agua, la luz solar y un soporte de material disgregado. Como se puede observar en la imagen (Fig. 12), el musgo crece sobre el mortero, que además de ser un soporte poroso y permeable, contiene condiciones alcalinas que favorecen su presencia, dado que neutraliza los contaminantes atmosféricos. Sus principales fuentes nutritivas son las sales minerales, los aerosoles aportados por la lluvia y las partículas de polvo<sup>48</sup>. Los deterioros que puede causar el musgo son estéticos, químicos y levemente mecánicos, dado que el musgo puede llegar a degradar hasta un poco más de un centímetro por debajo de la superficie. El daño químico se produce a través de la extracción de cationes del soporte dada la acidez de sus raíces.

- Plantas hepáticas y/o vasculares: Precisan las mismas condiciones ambientales que los musgos, al igual que una superficie disgregada, porosa y permeable donde fijar sus rizoides (raíces). El deterioro principal que producen las estas plantas inferiores es de tipo mecánico, además de que su presencia ayuda a la proliferación de plantas superiores que pueden llegar a degradar gravemente el pétreo.

---

suministrar un cierto efecto hidrofugante. Su lento crecimiento apoya estas consideraciones" GARCÍA, J.M. *Op.Cit.*

<sup>47</sup> "Vegetal organism forming small, soft and green cushions of centimetric size. Mosses look generally like dense micro-leaves (sub- to millimetric size) tightly packed together. Mosses often grow on stone surface open cavities, cracks, and in any place permanently or frequently wet (masonry joints), and usually shady". ICOMOS-ISC. *Op.Cit.* p.70

<sup>48</sup> "Ello se debe puesto que carecen de órganos que les permitan la absorción de minerales del suelo y a que el contacto entre la planta y el sustrato está escasamente desarrollado" MAS, X. *Op. Cit.*



Fig.13 Estado de la Torre nº 2 en el año 1999. Fuente: <http://www.lepatrimoineoublie.fr/>

#### 4.4. PERSPECTIVA DE LA RESTAURACIÓN EN FRANCIA

Según el Profesor Eduardo González Fraile (2004)<sup>49</sup>, existen en Francia tres líneas generales de actuación en cuanto a la restauración de monumentos. La primera de ellas es la corriente tradicional y más arraigada, que tiene como base lo que González Fraile llama "refección"<sup>50</sup>, mediante la cual se lleva al edificio a su estado original o en su defecto al estado en el que la historia produjo "la mejor arquitectura". La segunda línea de actuación es aquella que hace una revisión de la doctrina de Viollet-le-Duc y ejerce una continuación de ésta desde un punto de vista más crítico y respetuoso. Y por último, la tercera línea citada y la más minoritaria, es la herencia del Movimiento Moderno en la cual se entiende la restauración de monumentos como un ejercicio directo de la arquitectura, en la que se introducen conceptos procedentes de la cultura y el movimiento moderno, o lo que también se entiende como "rehabilitación". Esta última línea de trabajo tiene tres ramificaciones diferenciadas.

En el proyecto concreto del "Vieux Château", como se puede observar, la línea de trabajo elegida se corresponde con la primera de las expuestas anteriormente. Este proyecto no se basa en un trabajo arbitrario; tras él hay una documentación exhaustiva recopilada durante años, que culmina con la presentación de la tesis de Fabrice Cayot (2007), quién dirige algunos de los trabajos de excavación y documentación arqueológica.

Paralelamente a la realización de las excavaciones (que empiezan en 1998), la asociación "Le Patrimoine Oublié" se plantea en el año 1999 el proceso de consolidación de los vestigios (Fig.13). En el año 2000 comenzará la reconstrucción de las dos torres defensivas y el muro que las unía; a través de la práctica de las técnicas originales de construcción como son la talla de piedra y la mazonería; utilizando, en su mayoría, los mismos materiales que en la construcción original, pues las canteras siguen activas y la arena se consigue de los ríos cercanos y se comercializa en un tamaño de partícula fina.

Se consigue finalmente una reactivación del sitio, otorgándole una renovación a la vez que un acercamiento a los mitos del pueblo. Así, se pretende mediante este proyecto, no solamente la reconstrucción parcial del castillo, sino también la salvaguarda, la recuperación y la puesta en valor del entorno y de las especies vegetales típicas de Borgoña; en este sentido, también se apuesta por la creación de un museo al aire libre, incluso con elementos escultóricos.

<sup>49</sup> GONZÁLEZ, E. *Debate e Investigación. La restauración de monumentos en Francia.*

<sup>50</sup> Refección o reconstrucción "à l'identique".

#### 4.5. FASES DE INTERVENCIÓN

El trabajo que se expone deriva de la experiencia desarrollada durante la reconstrucción de una de las torres del "Vieux Château" en un voluntariado realizado en el verano de 2013. En este período, se fue conociendo el proceso que se seguía en la intervención de las torres, desde la selección de las piedras, las prácticas de talla y albañilería, trabajo de cantería, hasta la colocación de éstas en los muros de fábrica.

En primer lugar, el trabajo comenzó con el reconocimiento del perímetro y una breve información acerca de la historia del castillo (origen y tipo de materiales, entre otros aspectos). En segundo lugar, se recogieron piedras de caliza gris de la cantera teniendo en cuenta el tamaño de los sillares a tallar. En tercer lugar, se nos mostró el proceso de aprendizaje de la talla de piedra (Fig.14) allanando la superficie del bloque elegido, eliminando desniveles e imperfecciones para el perfecto encaje con las demás. Esto se hacía con la ayuda de diversas herramientas, el puntero y la maza, trazándose vías paralelas y tallando siempre de adentro hacia afuera. Por último, mediante una plantilla, se marcaban las zonas sobrantes y el perfil del sillar (cóncavo, convexo o recto) retirándose con la ayuda de escalfilador y maza, siempre de fuera hacia dentro. El sillar debía mantener una ligera forma trapezoidal o de ángulo cerrado para su posterior encaje en el muro, manteniendo una progresiva disminución de grosor desde la parte externa hacia la interna (Fig.15).



Fig. 14 Proceso de talla de la caliza gris. Imagen propia.

Fig.15 Fases de talla de los sillares. Realizado por el autor del texto.

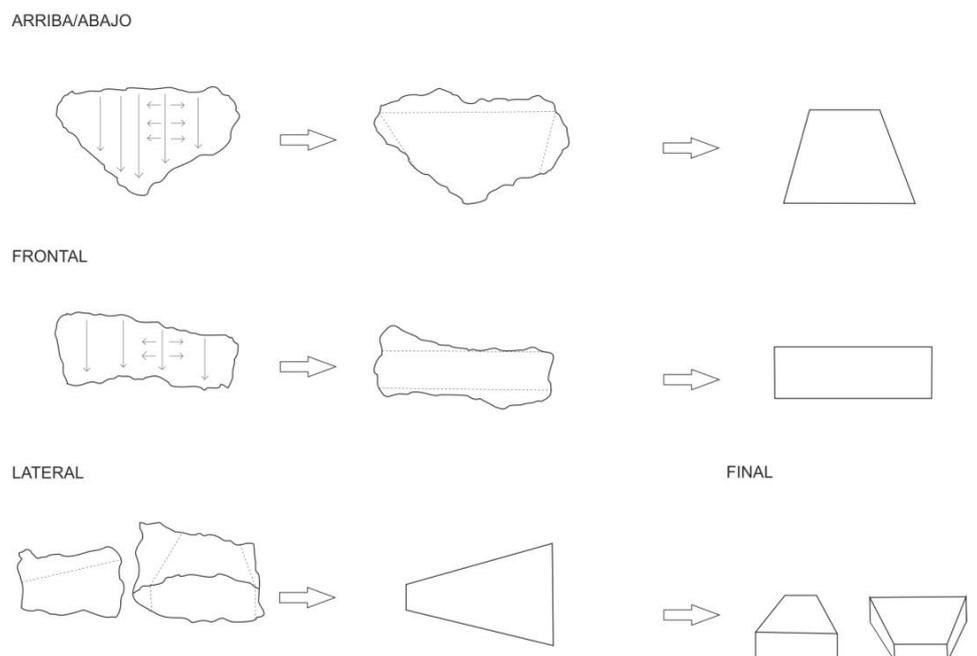




Fig. 16 Vista estratificada del relleno entre muros; a la derecha, vista superior del relleno. Realizado por el autor del texto.

Paralelamente, se trabajaba la parte interna entre muros interiores y exteriores con piedras sobrantes cubriéndolas con mortero a base de cemento gris Lafarge y arena (1v:3v) y, la adición de agua hasta lograr la consistencia deseada. La aplicación consistía en humectar la zona y colocar las piedras encajadas entre ellas para, posteriormente, rellenar los espacios resultantes con mortero (Fig.16).

Todo seguido, se procedía a preparar el mortero para realizar la mazonería (Fig. 17)(Fig. 18). Este proceso consistía en elegir y colocar los sillares de manera que las juntas no coincidieran con los subyacentes, se humectaba la zona y se colocaba con paleta el mortero, una parte de cal Lafarge por tres partes de arena del Serein y una parte de agua (v:v). Todo se comprobaba con un nivelador de manera que la disposición fuera a plomo. Finalmente, se rellenaban las juntas entre La organización del trabajo se realizaba según los criterios del jefe de cantería y del supervisor de la obra, quienes determinaban los trabajos necesarios a ejecutar, la asignación de personal a las diferentes tareas y los tiempos requeridos.



Fig. 17 Rellenado de juntas en la preparación del pavimento para la formación de una habitación con ventana de tiro. Imagen propia.

Fig. 18 de Colocación de sillares y posterior relleno de juntas con mortero de cal. Se observa también la presencia del muro interior original y su elevado estado de deterioro. Imagen propia.

#### 4.6. PROPUESTA DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN

Este apartado trata de abarcar todos los problemas expuestos en los puntos anteriores y sus posibles soluciones. Así, el protocolo de actuación se plantea desde lo general a lo particular, o dicho de otra manera, actuando desde la raíz de los problemas.

En primer lugar, se plantearán una serie de estudios y ensayos para conocer las propiedades de los materiales de la obra, sus resistencias y debilidades. En segundo lugar, se propondrán algunas medidas para la mejora de la conservación del bien, así como alternativas para la reconstrucción que se está llevando a cabo. Por último, se expondrán los tratamientos curativos o de restauración (Fig. 19).

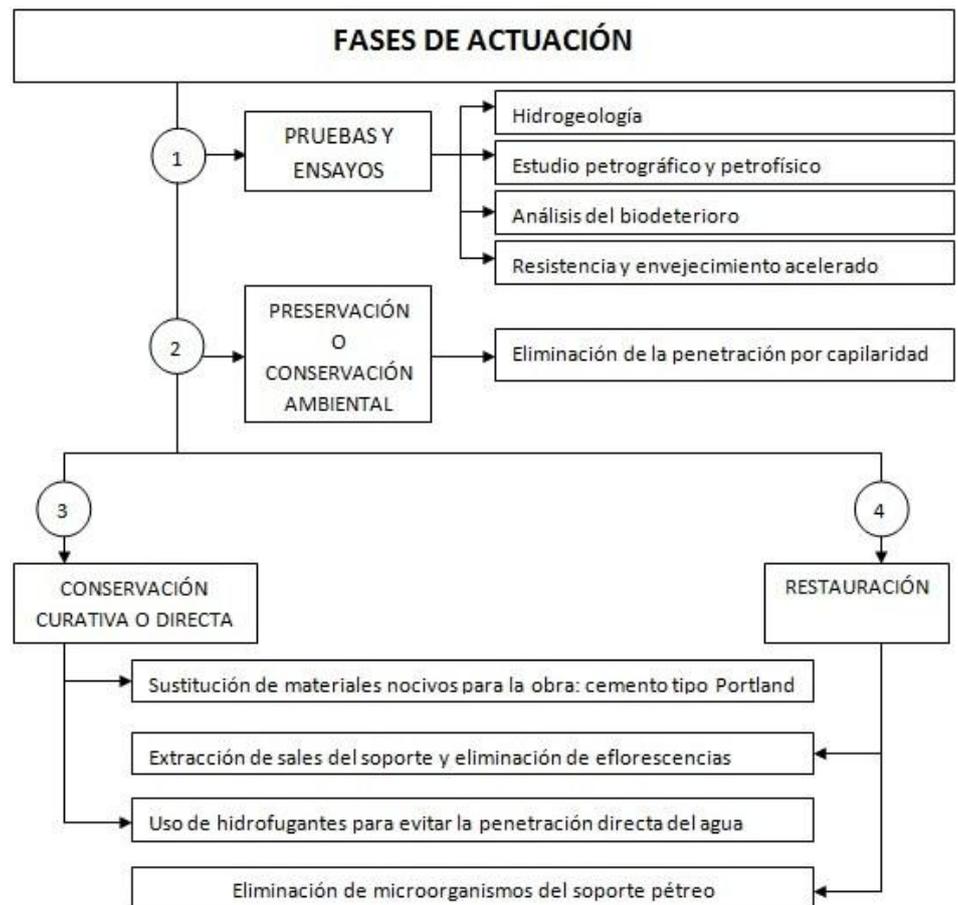


Fig. 19 Fases de actuación de la propuesta de conservación-restauración. Diagrama realizado por el autor del texto.

#### 4.6.1. Realización de pruebas, ensayos y estudios temáticos

En primer lugar, se plantea una investigación a través de pruebas y ensayos<sup>51</sup> de los materiales constituyentes de la obra que nos ocupan, como son la piedra caliza y los morteros. Es posible realizar este proceso previo gracias a que los ciclos de deterioro suelen ser lentos. Así, si la obra y su estado de conservación lo permiten, la actuación no debe ser precipitada a no ser que se requiera una acción inmediata<sup>54</sup>.

A través de esta serie de estudios se podrán determinar la proveniencia concreta de las sales, la resistencia del pétreo y el mortero de cal a las heladas y a la dilatación térmica, ayudando así a completar el diagnóstico del estado de conservación<sup>55</sup>. Esto se puede llevar a cabo gracias a que se conocen las condiciones climáticas del sitio y se pueden establecer unos parámetros más o menos aproximados. Algunas de las pruebas y estudios que no se han ejecutado hasta el momento y sería conveniente realizar serían:

- Un estudio que abarcara los puntos más relevantes sobre la arqueología de la arquitectura<sup>56</sup> desde el estudio estratigráfico del bien cultural hasta el microestratigráfico (lectura estratigráfica de los parámetros, enfoscados y recubrimientos). También se debería tener en cuenta el estudio tipológico y formal de los elementos que componen la obra, así como la ejecución de un análisis técnico-constructivo.
- Realización de una investigación hidrogeológica<sup>57</sup> en la que se ejecutara un control piezométrico de acuíferos y niveles freáticos de la zona.
- Una caracterización<sup>58</sup> de materiales pétreos que abarcara el estudio petrográfico<sup>59</sup> y petrofisco de la piedra caliza gris, un análisis del material alterado y una distribución concreta de los indicadores de deterioro, relacionando las características de los materiales con las patologías.

---

<sup>51</sup> VV.AA. *Stone in Architecture. Properties, Durability*. pp.369-403

<sup>52</sup> ALCALDE, M. *Guía para el estudio de alteración de la piedra de los monumentos y medidas de conservación*. pp.62-67

<sup>53</sup> KIOUSSI, A. *Integrated documentation protocols enabling decision making in cultural heritage protection*. p.4

<sup>54</sup> "... los intentos de detener o combatir un proceso de deterioración sin identificar y suprimir las causas [de alteración] están condenados al fracaso" TERÁN, J.A. *Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica*.

<sup>55</sup> IPHE. *Criterios de intervención en materiales pétreos*. Pp. 3-8.

<sup>56</sup> *Ibíd.* p.5

<sup>57</sup> *Ibíd.* p.5

<sup>58</sup> *Ibíd.* p.8

<sup>59</sup> UNE-EN 12407

- Ejecución de un análisis relacionado con el biodeterioro<sup>60</sup> a través de una caracterización microbiológica por técnicas convencionales de biología molecular y de microscopía electrónica, realizando un estudio posterior sobre la eficacia de Biocidas, tanto en laboratorio como *in situ*.
- Pruebas y ensayos de resistencia de los materiales constituyentes (piedra y mortero de cal), tanto Hídricos<sup>61</sup>, como ensayos de envejecimiento acelerado. Éstos deberían reunir cualidades de resistencia a la heladas<sup>62</sup>, a los cambios térmicos<sup>63</sup> y a las sales<sup>64</sup>.

---

<sup>60</sup> IPHE. *Op. Cit.*

<sup>61</sup> UNE-EN 1925

<sup>62</sup> UNE-EN 12371-02

<sup>63</sup> UNE-EN 14066-03

<sup>64</sup> UNE-EN 12370-99

#### 4.6.2. Propuesta de preservación o conservación ambiental

En este apartado se describe el cambio más significativo que se propone para la intervención en el Vieux Château. Esta actuación tendrá un marcado carácter preventivo<sup>65</sup>, dada la acción continua en el tiempo, en la que se plantean cambios no visibles en el ambiente que envuelve el objeto. El primero de los pasos, como muestra la figura 18, es el que se ha considerado de mayor importancia, puesto que sin éste, al poco tiempo volverían a surgir la mayoría de los problemas.

Sin embargo, se ha de remarcar que es muy difícil eliminar la humedad de los poros, ya que está adherida electroestáticamente<sup>66</sup>. Así, las únicas maneras de solucionar el problema son por a) evaporación y b) limitando el acceso del agua; la más factible es la segunda, pero para ejecutarla debe realizarse primero un buen diagnóstico de la causa de la humedad<sup>67</sup>. Por tanto, para la protección de la obra y la prolongación de su vida en el tiempo, existen una serie de tratamientos para la eliminación de la filtración del agua por capilaridad<sup>68</sup>:

- Cámaras de ventilación<sup>69</sup>: La capacidad de éstas para la eliminación de humedad dependen de tres principios físicos que regulan la intensidad de evaporación, a saber; el efecto chimenea, la extracción por diferencias termohigrométricas entre interior y exterior y el efecto venturi.

---

<sup>65</sup> Este proceso para el profesor Salvador Muñoz Viñas en "*Contemporary Theory of conservation*" se puede describir como "Environmental preservation" o conservación ambiental, dado que es un proceso continuo y teóricamente infinito, en el cual se realizan cambios en el ambiente del objeto.

<sup>66</sup> "La atracción electroestática provoca que el menisco del agua en las paredes de un vaso de cristal se incline tratando de remontarlas. Este ascenso se realiza contra el peso de la columna de agua hasta que este peso iguala la fuerza de atracción electroestática. En este punto cesa el ascenso. A la fuerza electroestática se le denomina tensión superficial". GARCÍA, J.M. *Op.Cit.* Pp. 422.

<sup>67</sup> Cumpliendo los ensayos y análisis propuestos en el apartado 4.6.1 se conseguiría saber cuál es la causa concreta de la ascensión de agua por capilaridad.

<sup>68</sup> Esta intervención habría de ser realizada por arquitectos técnicos expertos en la materia. Sin embargo, un restaurador de materiales pétreos especializado en patrimonio construido ha de conocer, al menos, las principales técnicas para el tratamiento de la ascensión de agua por capilaridad.

<sup>69</sup> GARCÍA, J.M. *Op.Cit.* p.432

- Drenajes<sup>70</sup>: A través de este sistema se recoge el agua líquida que circula por el terreno circundante a la obra y de deriva fuera de la construcción antes de que llegue a los cimientos de ésta

- Barreras contra capilaridad<sup>71</sup>: A través de éstas, que suelen basarse en actuaciones sobre el propio muro, se evita la entrada de agua en el edificio. Pueden tratarse de barreras físicas, químicas y electrostáticas, estas últimas se subdividen en *electroósmosis* pasiva y activa.

- Morteros antisales<sup>72</sup>: Cuando no es posible abordar la causa de las humedades desde la base del problema, se recurre a los revestimientos o morteros antisales macroporosos que permiten que las sales cristalicen en su interior sin sufrir daño alguno. En definitiva, atrapa las sales y las almacena durante un periodo prolongado de tiempo.

Así, como se ha dicho al principio de este apartado, la toma de decisiones no debe ser arbitraria, ha de realizarse con la ayuda de expertos en la materia y siempre después de una serie de análisis que determinen la causa concreta del daño y si tuviera una posible solución.

---

<sup>70</sup> *Ibid.* p.433

<sup>71</sup> *Ibid.* Pp.433-435

<sup>72</sup> *Ibid.* p.436

#### 4.6.3. Propuesta de conservación curativa o directa

En este apartado, se hacen dos propuestas, la primera versará en la sustitución de materiales y la segunda tratará sobre la conservación curativa<sup>73</sup> o directa<sup>74</sup>.

Para empezar, se propone la eliminación del uso del mortero gris tipo Portland de la obra, dados los problemas y patologías que está causando y puede llegar a causar a la obra. A parte de los datos recibidos a pie de obra sobre lo inadecuado que resulta el cemento Portland en ésta obra, es bien sabido que su uso está totalmente desaconsejado<sup>75 76</sup> en la el campo de la restauración arquitectónica. En su lugar, se propone el uso de morteros de cal y arena de composición silíceo, como el utilizado en los muros exteriores y juntas, dado que ha demostrado ser mucho más resistente en el tiempo. Para la preparación de éste mortero se habría de realizar un estudio y ensayos<sup>77</sup> de sus resistencias a las heladas, la cristalización salina, su tenacidad, su nivel de dilatación térmica, etcétera.

Sin embargo, aunque no se pueda determinar de momento la composición exacta del mortero a utilizar, se habrían de tener en cuenta una serie de aspectos:

- Se aconseja el uso de morteros cuya cal se haya apagado durante períodos prolongados de “envejecimiento en caleras”; al igual que en los procesos tradicionales en los cuales se utilizaba una gran cantidad de agua para que el apagado de la cal fuera completo y efectivo.
- Se propone el uso de un árido con una granulometría media-gruesa, dado que los poros pequeños cuando se usa árido fino favorecen el ascenso capilar del agua.
- Uso de la una proporción de una parte de cal en volumen por 2-3 de arena (o un 15% de cal en peso).

---

<sup>73</sup> “Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones sólo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes”. ICOM-CC. *Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible*.

<sup>74</sup> Salvador Muñoz Viñas, en “*Contemporary Theory of conservation*” lo cataloga como “direct preservation” o conservación directa, ya que se trata de una acción limitada en el tiempo y realiza cambios de manera directa sobre el objeto (modificando algunas de sus cualidades, que resultan ser imperceptibles a ojos del espectador).

<sup>75</sup> IPHE. *Op.Cit.* p.22

<sup>76</sup> GARCÍA. J. M. *Op. Cit.* p.232

<sup>77</sup> Se han propuesto en el apartado 6.3.1

- Trabajar la masa mucho con la finalidad de introducir aire en ésta, evitando los grumos y facilitando así la carbonatación del mortero.
- Adición de Biocidas en el mortero para evitar la proliferación de microorganismos en éste.

Por último, como propuesta de conservación curativa se expone la posibilidad de utilizar hidrofugantes con el objetivo de disminuir la penetración directa por agua de lluvia. Esta protección se basa en la aplicación de un tratamiento que protege la superficie del pétreo del deterioro producido por los agentes externos. Así, la película hidrofugante crea una superficie de "sacrificio" sobre el pétreo, disminuyendo la tensión superficial e impidiendo la entrada de agua, ya sea directa o por condensación sin llegar a impedir la permeabilidad desde el interior. Esto sucede gracias a que los productos utilizados contienen una parte apolar hidrófoba y una polar hidrófila; la primera estará en contacto con el ambiente, mientras que la segunda estará en contacto con la superficie pétreo (Fig. 20).

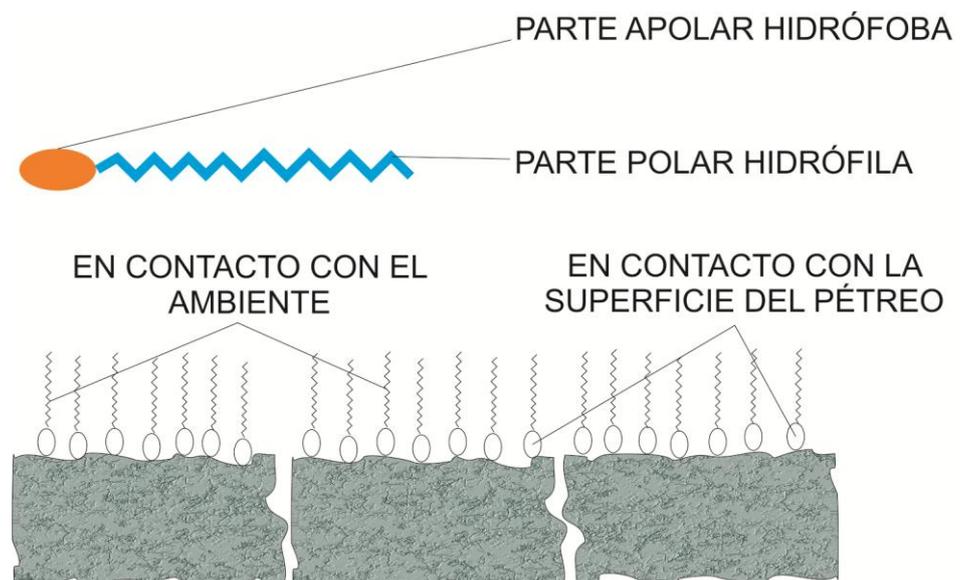


Fig. 20 Diagrama de actuación de los hidrofugantes. Realizado por el autor del texto.

Para encontrar el producto idóneo se habrían de realizar pruebas y ensayos<sup>78</sup> con las diferentes propuestas<sup>79</sup>, determinando cuál es la más adecuada para la caliza gris. Las opciones más empleadas en patrimonio son los derivados de las ceras, los polímeros sintéticos y, más concretamente, los organosilícicos.

Se ha de decir, que aunque el resto de propuestas de preservación o conservación no se pudieran realizar, éste procedimiento sería igualmente aplicable, dado que la cantidad de agua por penetración directa es muy elevada. Sin embargo, se ha de remarcar que los hidrofugantes tienen una duración limitada en el tiempo, por lo que el tratamiento se habría de repetir cuando dejara de ser efectivo.

Es importante destacar que no debe aplicarse hidrofugante alguno sin haber extraído previamente las sales del soporte, y por lo tanto, sin haber atenuado la causa principal de su proliferación. Si esto no se tiene en cuenta, la película hidrofugante podría agravar la acción de las sales en el soporte pétreo generando graves problemas en éste.

---

<sup>78</sup> Se proponen una serie de pruebas para determinar la efectividad de un hidrofugante o protector. Estas abarcan desde ensayos de envejecimiento acelerado o de permeabilidad al vapor hasta los de resistencia a la radiación UV, así como un MEB (microscopía electrónica de barrido). GARCÍA, J.M. *Op.Cit.*

<sup>79</sup> “El tratamiento de protección se realizará con productos y métodos estables y compatibles, que no alteren las propiedades físico-químicas del material pétreo, no produzcan residuos que puedan dañar el soporte y no den lugar a la formación de productos nocivos al envejecer. Éstos tendrán un comportamiento estable frente a las radiaciones ultravioleta. Permitirán el intercambio de vapor entre el soporte y el medio, es decir, deberán ser permeables al vapor de agua. Los productos empleados no alterarán en ningún caso las características estéticas ni cromáticas de la obra (aspecto, brillo, color). Se desaconseja el uso de productos con propiedades mixtas (hidrofugantes-biocidas) en tanto no se especifique en el etiquetaje los biocidas empleados”. IAPH. *Op.Cit.*

#### 4.6.4. Propuesta de Restauración

En este último apartado se abarcan los tratamientos de orden curativo que se proponen para prolongar la conservación de las torres del Vieux Château en el tiempo. En este caso, se expone, en primer lugar una eliminación de las eflorescencias y subeflorescencias del soporte, y en segundo lugar un tratamiento a base de limpieza mediante biocidas para la eliminación de microorganismos y plantas inferiores.

Sin embargo, se ha de recalcar de nuevo que estos tratamientos no tienen sentido si no se detienen las causas primarias que los han originado, que en ambos casos resulta ser la constante presencia de agua en el soporte conjugada con otros factores como son el mal uso de morteros o la elevada humedad relativa del ambiente. Por lo tanto, si no se cumplen los requisitos previos propuestos referidos a la conservación, no vale la pena la eliminación de estas patologías, dado que volverán a proliferar a lo largo del tiempo.

Si la extracción y remoción de sales y costras de carbonato se llevasen a cabo, éstas tendrían lugar antes del proceso de hidrofugación. Todo seguido, se debería hacer una cartografía localizando las zonas con mayor foco de proliferación salina, dado que la desalación ha de ser selectiva. En tercer lugar, después de haber determinado la naturaleza y solubilidad de las sales, se habrían de seleccionar el método o métodos más apropiados. Las limpiezas más empleadas para la extracción de sales y concreciones calcáreas son a) uso de un sistema bicomponente de agua desionizada y apósitos de diferentes naturalezas; b) las sales químicas; c) los agentes quelantes, siendo los EDTA los más usados<sup>80</sup>; d) las resinas de intercambio iónico. Tras haber realizado las catas y pruebas pertinentes para la elección del método adecuado, se habría de realizar una medición del pH y la conductividad del producto a emplear, antes y después de su aplicación sobre la superficie pétreo. Así, al retirarlo, se podrían determinar tanto el nivel de microsiemens como la acidez o basicidad del soporte. Después del proceso de selección de productos y medición, la metodología<sup>81 82 83</sup> a seguir es sencilla, consistiendo en un retirado mecánico de las concreciones en superficie y una segunda fase de limpieza acuosa o química con su posterior neutralización. Por último, se habría de realizar una medición del pH y la conductividad después de cada extracción y repetir el proceso

---

<sup>80</sup> Papeta AB57

<sup>81</sup> AA.VV. *Deterioro de los materiales pétreos por sales: cinética del proceso, cartografía y métodos de extracción.*

<sup>82</sup> ZONORZA-INDART, A. *La conservación de los Geomateriales usados en patrimonio. Técnicas de desalación.*

<sup>83</sup> AA.VV. *Patologías en paramentos pétreos: metodologías de estudio, diagnóstico, previsión en la evolución y desalación.*

tantas veces sea posible hasta conseguir un nivel de microsiemens adecuado<sup>84</sup>.

Por otro lado, si la aplicación de biocidas fuera posible dada la eliminación de las principales causas de humedad, se habrían de estudiar los diferentes microorganismos, su naturaleza y su efecto lesivo en el pétreo. Así, se habrá de reparar en el tipo de material sobre el que se va a actuar (mortero de cal o piedra caliza), su estado de conservación y el tipo de organismo a eliminar, así como el alcance y la gravedad del ataque. A partir de este estudio, se habrían de determinar una serie de tratamientos para cada uno de los agentes biológicos que encontramos en el soporte, teniendo en cuenta ciertos aspectos como el grado de eficiencia del producto, el grado de toxicidad y el riesgo de contaminación ambiental, así como el grado de interferencia con los materiales constituyentes de la obra.

Por un lado, los sistemas de aplicación pueden ser muy diversos, desde la pulverización hasta la impregnación, pasando por el uso de papettas y la fumigación. Por otro lado, los productos existentes en el mercado se clasifican por bactericidas, fungicidas, algicidas y herbicidas. En el caso del castillo, se podría utilizar un único producto, dado que los herbicidas sirven para tratar tanto líquenes como musgo y otras plantas inferiores. Se habría de aplicar el producto directamente, sin remoción mecánica previa, dado que las raíces pueden quedar dentro del soporte y por lo tanto el tratamiento sería en vano, además de evitar la tinción de éste, puesto que muchos de los colonizadores segregan sustancias con poder colorante. Otra solución, ya expuesta en el apartado 4.6.3 es la adición de biocidas al preparar los morteros, puesto que así se evita en cierto grado la proliferación de muchos de los microorganismos existentes.

---

<sup>84</sup> Se considera que a un nivel de entre 200 y 600 microsiemens no es necesario desalar.

## 5. COMPETENCIAS A REIVINDICAR

Tras el estudio técnico y de conservación de la obra, así como la exposición de posibles propuestas de conservación-intervención, se hace evidente que la presencia del restaurador es necesaria para los trabajos de intervención en patrimonio construido.

En el siguiente diagrama se muestra la estructura y las competencias de los profesionales intervinientes en el proyecto desarrollado en el "Vieux Château", contrastada con la figura del conservador-restaurador de bienes culturales según los criterios establecidos por ECCO<sup>85</sup> (Fig.21).

Si se toma como ejemplo el proyecto del "Vieux Château", es evidente que la figura del conservador-restaurador es útil y relevante, teniendo en cuenta las competencias<sup>86</sup> y destrezas que podría aportar al mismo.

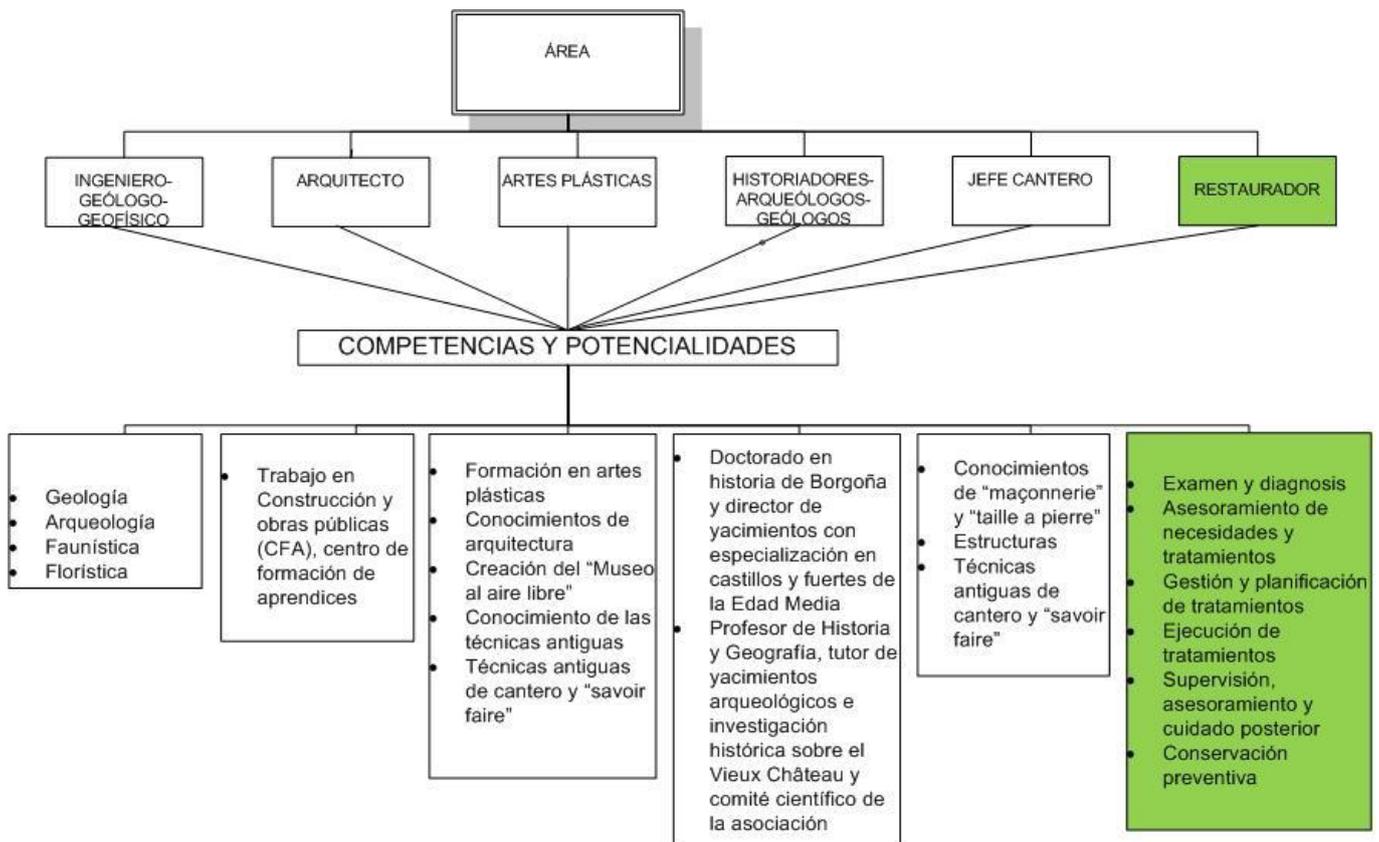


Fig. 21 División del trabajo por áreas de especialización y sus correspondientes competencias con la introducción del rol del Conservador-Restaurador en este equipo multidisciplinar. Realizado por el autor del texto.

<sup>85</sup> ECCO. *Competences for access to the Conservation-Restoration profession*. Pp.42-43.

<sup>86</sup> La RAE lo define como Competencia<sup>2</sup> (Del lat. competentia; cf. competente) 2. f. Pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado.

Por un lado, en cuanto al asesoramiento de tratamientos, el conservador-restaurador (a) complementarí­a con sus conocimientos a los otros campos de estudio implicados, (b) aportaría una perspectiva ética diferente y, (c) añadiría conocimientos de la historia de la conservación-restauración junto con sus alternativas y últimas tendencias. Asimismo, ofrecería asesoramiento técnico sobre la elección de materiales y la ejecución de los mismos. Todo ello, teniendo en cuenta el riesgo que comporta la intervención sobre el patrimonio y la activación del mismo.

Por otro lado, en cuanto a los tratamientos, se pone en evidencia la falta de un profesional que asesore sobre conservación preventiva del monumento, y sobre los tratamientos más idóneos, ya fuese el caso de la eliminación del mortero Portland o del uso de consolidantes, hidrofugantes y biocidas, entre otros. En este sentido, se evitarían las eflorescencias y proliferación de microorganismos que, a día de hoy, ya aparecen en algunas zonas reconstruidas.

Otro aspecto imprescindible sería el asesoramiento y supervisión periódica del monumento en cuanto a conservación de los materiales, la realización de registros e informes y la aplicación de medidas de conservación preventiva que alarguen lo máximo posible la vida de la obra.

Finalmente, todas estas competencias irían acompañadas de unos criterios de restauración sobre los bienes culturales y sus entornos planteados por el conservador-restaurador especialista en materiales pétreos. De este modo, residiría en su persona la labor de establecer las cotas de actuación y la metodología durante el desarrollo del proyecto. Ello se traducirá en la correlación de criterios, así como ir acompañados de una base sólida y bien fundamentada. El punto de partida será (a) el estudio del bien en concreto y de todos los actores relacionados, (b) la realización de un análisis de problemas y (c) una matriz de planificación que abarquen desde los objetivos generales a los más concretos. Todo ello, se complementará con un estudio sociológico del lugar y de sus habitantes, llegando a conocer la relación de éstos con el bien cultural. Además, dependiendo de la importancia de éste, el estudio se ampliaría hacia grupos más grandes con la finalidad de llegar a comprender cuál sería la relación establecida por la población con el sitio en concreto.

Finalmente, se desarrollará la actuación en base a las decisiones que benefician en mayor parte a la población vinculada directamente con el bien, evitando su desactivación y manteniéndolo vivo.

## 6. CONCLUSIONES

Tras haber realizado el estudio de conservación de la obra, así como de la ejecución del proyecto de reconstrucción de las dos torres defensivas del Vieux Château, se puede afirmar que algunos aspectos relativos a la intervención, aún siendo inapropiados, son positivos. Como señala la Carta de Burra (2013) *“la reconstrucción es apropiada solamente cuando un sitio está incompleto debido a daño o alteración, y siempre que haya suficiente evidencia para reproducir un estado anterior de la fábrica. En raros casos, la reconstrucción puede también ser apropiada como parte de un uso o una práctica que preserve la significación cultural del sitio”*. Por un lado, el proyecto que se está llevando a cabo tiene como base una documentación histórica y arqueológica exhaustiva que apoya la realización de esta intervención. Por otro lado, gracias al proyecto de intervención se está realizando una reactivación del sitio, lo que abarca tanto el bien en concreto como su entorno natural, tal y como se explica en el punto 4.4 de este trabajo. Por último, también se realiza una importante labor, ya que se concientiza y sensibiliza a la población más joven sobre la importancia de su patrimonio histórico y la necesidad de su cuidado y preservación.

Sin embargo, atendiendo a la experiencia expuesta, se concluye que sigue habiendo proyectos en los que se excluye la figura del Conservador-Restaurador de Bienes Culturales, a pesar de tener mucha relevancia en este tipo de actuaciones. Se llega a esta conclusión a partir del estudio realizado en el presente trabajo, abarcando desde lo general a lo particular los objetivos específicos planteados.

En este sentido, se evidencian las carencias de procesos y materiales de intervención sobre los bienes patrimoniales y las premisas a seguir (respeto a la obra y su valor histórico) al prescindir de la figura del conservador-restaurador. Asimismo, se echa en falta un estudio previo vinculado a la sociología y al análisis de las relaciones de la población con el bien y su entorno. También se observa que la figura del conservador-restaurador podría ser de gran utilidad, dado que tiene elevados conocimientos y especialización dentro del campo de los materiales pétreos y una habilidad para integrar y relacionar conocimientos de las áreas adyacentes, así como para aplicarlos. Además, se aprecian carencias derivadas de la falta de nociones y asesoramiento en cuanto a tratamientos de conservación preventiva (protectivos para evitar la penetración del agua y por tanto la destrucción de las piedras por congelación, entre otros), o el uso de biocidas para eliminar la proliferación de organismos, así como el uso de materiales de construcción impropios y los daños que de ello se deriven en contacto con los materiales pétreos (formación de sales, roturas, microorganismos, entre otros).

En definitiva, y cumpliendo el objetivo principal del trabajo, no sólo se reivindica que el papel del conservador-restaurador puede tener cabida en proyectos de esta tipología; sino que también se demuestra que puede ser de gran ayuda para llevarlos a cabo, así como proteger y prolongar la vida del bien cultural lo máximo posible.

## BIBLIOGRAFÍA

A.A.V.V. *Stone in Architecture. Properties, Durability*. Germany: Edited by Prof. Dr. Siegfried Siegesmund; Snethlage, Rolf; Universität Göttingen and Geoscience Center Göttingen, 2011.

A.A.VV. *Deterioro de los materiales pétreos por sales: cinética del proceso, cartografía y métodos de extracción*. Zaragoza: Equipo Arbotante. Dpto de Geología. Universidad de Zaragoza, 2002.

A.A.V.V. Patologías en paramentos pétreos: metodologías de estudio, diagnóstico, previsión en la evolución y desalación. En: *IX Congreso Internacional (CICOP) de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*. Sevilla: Dpto. de Ciencias Geológicas. Universidad de Zaragoza, 2008.

A.A.V.V. Criterios de intervención en materiales pétreos. Conclusiones de las Jornadas celebradas en Febrero de 2002 en el Instituto de Patrimonio Histórico Español. En: *Bienes Culturales*. Revista del Patrimonio Histórico Español. Madrid: IPHE, 2003, num. 2.

A.A.V.V. ICOMOS-ISCS: Illustrated glossary on stone deterioration patterns. En: *Monuments and Sites XV*. France: ICOMOS International Scientific Committee for Stone (ISCS), 2008.

A.A.V.V. *Stone Conservation. Principles and Practice*. United Kingdom: Edited by Allison Henry, Donhead Publishing, 2008.

A.A.V.V. La petrofísica en la interpretación del deterioro y la conservación de la piedra en edificación. En: *Consejo Superior de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oviedo*. España: Dpto. De Geología. Univeridad de Oviedo, 2008.

ALCALDE, M. Guía para el estudio de la alteración de la piedra de los monumentos y medidas de conservación. En: *Revista PH*. Sevilla: Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, 1996, num.15. [Consulta: 2014-07-28 ]. Disponible en: <  
<http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/335/335#.VBcYdI tAc>>

ALCALDE, M; MARTÍN, A. Indicadores de alteración de los materiales pétreos. Propuesta de una terminología. En: *Revista PH*. Sevilla: Instituto

Andaluz de Patrimonio Histórico, 1996, num.15. [Consulta: 2014-07-28]. Disponible en: <[http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/336/336#.VBcZcfl\\_tAc](http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/336/336#.VBcZcfl_tAc)>

CAYOT, F. Noyers-sur-Serein (Yonne). Le château. *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre*. Auxerre: BUCEMA, 2005. [Consulta: 2014-02-27]. Disponible en: <<http://cem.revues.org/691>>

- *Le Château de Noyers-Sur-Serein* [tesis doctoral]. Francia: Universidad de Borgoña, 2007.

- Une monographie d'un château bourguignon disparu... pour quoi faire?. *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre*. Auxerre: BUCEMA, 2008. [Consulta: 2014-2-26]. Disponible en: <<http://cem.revues.org/7672>>

*Competences for access to the Conservation-Restoration profession*. Australia: E.C.C.O, 2011.

FEILDEN, B.M. *Conservation of Historic Buildings. Technical Studies in the arts, archaeology and architecture*. London: Butterworth Scientific, 1982.

GARCÍA, J.M. *Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros en monumentos y construcciones*. Madrid: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A., 2009.

GONZÁLEZ, E. Debate e investigación. La restauración de monumentos en Francia. En: *Revista PH*. Sevilla: Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, 2004, num. 50, ISSN 2340-7565. [Consulta: 2014-02-25]. Disponible en: <[http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/1823/1823#.VBcNzvl\\_tAd](http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/1823/1823#.VBcNzvl_tAd)>

GROSSI, C.M; ESBERT R.M. Las sales solubles en el deterioro de rocas monumentales. Revisión bibliográfica. En: *Consejo Superior de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oviedo*. España: Dpto. De Geología. Univeridad de Oviedo, 1994.

ICOMOS. *The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*. Australia: Australia ICOMOS Incorporated, 2013.

KIOUSSI, A. Integrated documentation protocols enabling decision making in cultural heritage protection. En: *Journal of Cultural Heritage*. Athens: National Technical University of Athens, School of Chemical

Engineering, Iroon Polytechniou, 2013. [Consulta: 2014-08-05].  
 Disponible en: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2013.01.007>>

MAS, X. *Conservación y Restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2010.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. Normativa técnica de piedra natural. Instituto Geológico y minero de España, 2008. [Consulta: 2014-08-10].  
 Disponible en: <http://es.slideshare.net/guestd48bfa/normativa-tecnica-de-la-piedra-natural>

MUÑOZ, S. *Contemporary theory of conservation*. Great Britain: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.

PETIT, E. Les sires de Noyers. En: Bulletin de la société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne. Francia: Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne, 1874, número 28. [Consulta: 2014-02-28].  
 Disponible en: <[http://echo.auxerre.free.fr/dossier\\_telechargement/Bulletin\\_SSHNY/1874\\_bulletin\\_sshny.pdf](http://echo.auxerre.free.fr/dossier_telechargement/Bulletin_SSHNY/1874_bulletin_sshny.pdf)>

RUIZ, M.D. *El Conservador-Restaurador de Bienes Culturales. Historia de la profesión*. Madrid: Editorial Síntesis, 1999.

TERÁN, J.A. Consideraciones que deben tenerse en cuenta en restauración arquitectónica. En: *Conserva, Revista del Centro Nacional de Conservación y Restauración DIBAM de Chile*, 2004, num.8. [Consulta: 2014-08-3].  
 Disponible en: <[http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto\\_631.pdf](http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf)>

Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible. En: *Traducción al español de la resolución adoptada por los miembros de ICOM-CC durante la 15ª Conferencia Trienal, New Delhi, 22-26 de septiembre de 2008*. New Delhi: ICOM-CC, 2008.

ZONORZA-INDART, A. Técnicas de desalación. En: *La conservación de los Geomateriales usados en patrimonio*. Madrid: Programa de Investigación Durabilidad y Conservación de los Geomateriales del Patrimonio Construido, 2011.