

COMUNICACIONS

*RESTAURACIÓ DE LA GALERIA DE  
PEDRA SECA DE LA MINA DEL  
MONESTIR DE L'ESTANY*

JORDI MORROS

CARLES PUIGFERRAT

*(Universitat Politècnica de Catalunya)*



*“... m’aclofo per oferir un xic més de resistència”*

Martí i Pol, M. *Fragment de Tempesta, Llibre de les solituds*,  
Barcelona: Edicions 62, 1997.

# E

ls factors que possibiliten l'estabilitat de les construccions de pedra seca són complexes.

En el cas de cobertes de cabanes, barraques, aljubs, etc, com en qualsevol altre tipus de construcció amb volta, la forma és un factor determinant en la capacitat de distribuir les càrregues. Mentre que els murs de contenció es comporten per gravetat, la geometria, que també hi col·labora, queda en un segon terme per darrere de factors com la cohesió interna que possibilita l'estabilitat.

Sigui con sigui, en tots els casos la relació entre les peces que formen la construcció col·labora de manera decisiva en l'estabilitat, augmenta el monolitisme i, alhora, permet certa elasticitat. És evident que factors com el pes, la mida de les pedres, la rugositat, la relació entre peces en contacte, la duresa de la pedra, influeixen en la capacitat de resistència global.

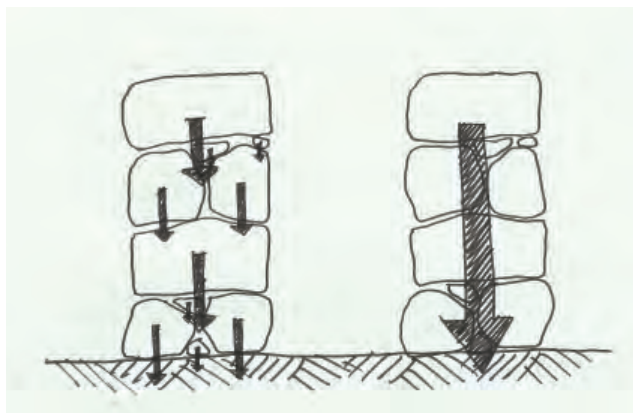
A partir d'aquesta tesi i tenint en compte la senzillesa de la tecnologia emprada en aquest sistema constructiu, proposem reflexionar i experimentar sobre aquests factors, mitjançant debat i, també, plantejant proves empíriques, per tal d'aprendre més sobre els principis resistents de les construccions de pedra seca, amb un doble objectiu: per una banda, poder optimitzar-ne el funcionament en alguns casos i, per l'altra, generar un cos científic que ens permeti descriure el seu comportament i crear eines per a la normalització d'aquest tipus de construccions.

### **Estat de l'art de l'estabilitat de les estructures en pedra seca**

Vegem quina és la situació pel que fa al coneixement de l'anàlisi dels sistemes resistents de pedra seca. Comencem amb algunes definicions.

Des del punt de vista constructiu, una fàbrica és un conjunt de pedres disposades una sobre l'altra formant una estructura estable, segons definició de Jacques Heyman (HEYMAN 1999). Per tant, la pedra seca és un tipus de fàbrica.

La pedra seca, segons José Antonio Millán (www.jamillan.com), “*La piedra seca es cemento de gravedad. Lo que sujeta estas piedras y yergue estos muros es la misma fuerza que precipita al suelo a los edificios y a las personas [...]. Es la gravedad la que **tira con fuerza** de cada piedra hacia abajo y, si encuentra una base firme y estable, la fija a ésta. Así transcurre una hilera y otra, y otra, todas firmes, todas asentadas. **Su pesantez es su estabilidad.**”*

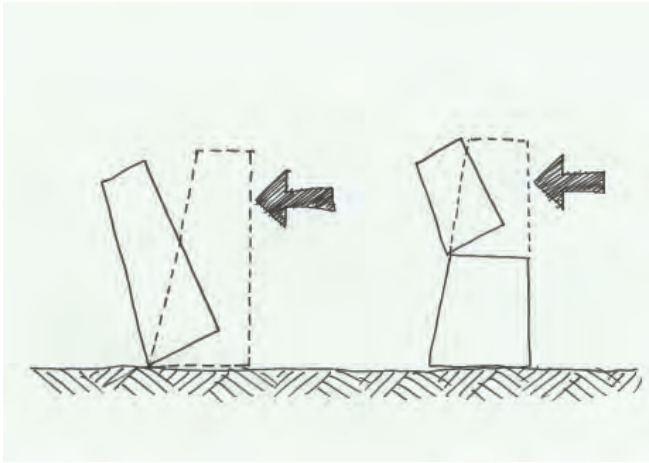


*Funcionament de l'equilibri del “ciment per gravetat”*

### Estabilitat no és igual a resistència

La resistència és el que aguanta el material, mentre que l'estabilitat és la capacitat de mantenir la seva integritat sota determinades càrregues. Els aspectes estructurals que cal estudiar respecte a les construccions de pedra seca són tots aquells que tenen per objecte **garantir l'estabilitat de l'estructura**. I la resistència, en el cas de les fàbriques, acostuma a ser de poca importància, ja que una de les hipòtesis de la seva anàlisi és que treballen a tensions molt baixes (el que és equivalent a afirmar que la resistència a compressió és il·limitada).

Per exemple, una paret de pedra volcànica de densitat  $1800 \text{ kg/m}^3$  (i un 10% de buit) que suporta  $40 \text{ kg/cm}^2$ , de 3 metres d'alçada i 50cm d'espessor, amb una superfície de contacte entre pedres a la base del 20%, en la base tindrà una càrrega de  $2430 \text{ kg/ml}$  i, per tant, una tensió en les zones de contacte entre peces de  $2,43 \text{ kg/cm}^2$ , un 6% de la seva capacitat.



*Falla per inestabilitat global i local d'un mur de pedra seca*

Segons la «Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera», Ministerio de Fomento, Madrid, 2006, els mecanismes de col·lapse d'un mur de pedra poden ser per causa de:

- Estabilitat global
- Estabilitat local
- Lliscament
- Enfonsament
- Deformacions (no especificat en la *Guía*)

Quant a l'estabilitat, el **fregament** juga un paper clau, ja que si aquest no es movilitzés (recordem que no hi ha cap material d'unió ni mecanisme) les peces realment es desplaçarien unes respecte de les altres originant una fallada local que portaria al col·lapse. Es podria dir que les estructures de pedra seca gaudeixen de cert monolitsme per l'acció del fregament entre les peces. En aquest sentit, podem considerar molt important la **geometria de les juntes**, la seva **rugositat** i la utilització adequada de les **falques**.

El gran problema és que no sabem com modelitzar aquest fenomen.

Les característiques físiques que podem objectivitzar sobre aquests sistemes són:

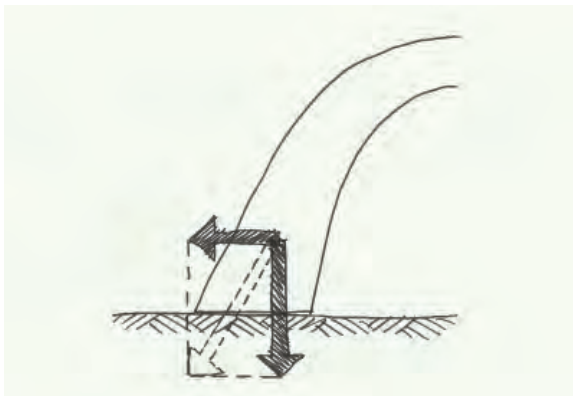
- Geometria (estàtica gràfica)
- Característiques dels materials
- Accions (gravitatòries, empentes)
- Fregament entre les peces.

L'únic mètode numèric que sembla acceptable són les comprovacions mitjançant estàtica gràfica. Es consideren les següents hipòtesis (aproximades):

- Les fàbriques no tenen resistència a la tracció
- Les tensions són molt baixes (resistència il·limitada a la compressió)
- La falla per lliscament no és possible (gran pes propi)

Així mateix, l'estàtica gràfica és útil per estimar l'estabilitat global, però no ens dóna dades sobre la contribució del fregament o possibles falles locals.

Per tant, **no sembla factible que es pugui confiar en les modelitzacions numèriques** per conèixer, amb detall, el funcionament de les estructures de pedra seca.



*Representació gràfica de l'equilibri a la base d'una volta*

La **ductilitat** és la capacitat d'un material de deformar-se més enllà del seu límit elàstic sense trencar-se. Les estructures de pedra en sec tenen un comportament global dúctil.

Si, a més, hi afegim aquesta **flexibilitat** de la fàbrica cal fer una anàlisi de segon ordre, la qual cosa converteix el problema numèric en molt més complex.

## Les llacunes dels sistemes vernacles 2.0

Podem definir els sistemes constructius vernacles 2.0 com els que tenen els següents trets comuns:

- Són fruit del coneixement i la saviesa local, resultat de la tècnica de l'assaig-error (amb tota la càrrega cultural, evolutiva i emocional que això comporta).
- Són km 0. És a dir, els materials emprats s'extreuen o es produeixen a poca distància del lloc on s'utilitzen.

- Tendeixen al mínim consum d'energia.
- Són fàcilment reciclables.
- Estan al marge (depenen poc) dels grans fluxes capitalistes del mercat.
- Són 2.0 perquè evolucionen les tècniques, els transmetem en xarxa i perquè avui dia tenim, a la nostra disposició, eines tecnològiques amb moltes possibilitats.

En tots els casos on treballem entorn a aquests sistemes, tots els participants (promotors, constructors, administracions, tècnics) ens trobem amb moltes llacunes d'informació quan afrontem un projecte amb solucions que no són les estàndars del mercat, ja sigui amb pedra seca, palla, canya, toves, fusta... El problema és com quantificar allò que sabem, per la pràctica, que funciona, en termes científics validables a les lleis, normes i agents que regulen el món de la construcció i l'arquitectura.

En aquest context, podem considerar la pedra seca com un sistema vernacle 2.0.

Per tal que aquests sistemes siguin utilitzats més enllà de creences, cal superar aquesta gran manca de referències, normatives, prestacions, control de qualitat, responsabilitats... ja que ens trobem en un context socioeconòmic que exigeix moltes garanties (prestacions, qualitat, responsabilitat civil...) i si no hi ha informació, donar aquestes garanties, queda, en general, dins de l'àmbit de la temeritat. **Per evitar la necessitat d'una fe irracional per confiar en aquests sistemes, ens cal informació.**

### Proposta d'anàlisi empíric

Davant d'aquestes llacunes a l'hora de fer una anàlisi numèrica (càlculs, programes informàtics, etc), proposem la determinació d'uns **protocols de proves de càrrega** per conèixer el comportament i grau de seguretat dels sistemes estructurals de pedra seca.

Es tracta de plantejar unes situacions esperables en projecte, materialitzar-les en un element i registrar els moviments i altres incidents. Concretament, el tipus de proves que cal considerar són:

- Caracterització dels materials
- Proves d'estabilitat global
- Proves d'estabilitat local
- Proves d'optimització del fregament entre peces
- Mesura de les deformacions

La idea és establir uns **protocols de control de qualitat empírics** perquè tant constructors, entitats de control com tècnics tinguem un patró comú per validar els elements.



Actualment estem desenvolupant aquest tipus de procediments en altres sistemes: canya, fusta+palla, voltes, etc, amb resultats molt interessants, tant per ser inèdits com per la projecció de futures consolidacions en el coneixement d'aquests sistemes constructius.

Els resultats d'aquestes proves serveixen per verificar el cas concret de cada element estudiat i, alhora, aprofundir en el desenvolupament teòric dels sistemes. Això requereix un treball en xarxa, fet que avui dia és senzill gràcies a les eines de comunicació al nostre abast.

### **Bibliografia**

DIVERSOS AUTORS *Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera*, Madrid: Ministerio de Fomento, 2006.

HEYMAN, J. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*, Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1999.