

## Ciment natural a Catalunya. Història, producció i usos.

Judith Ramírez-Casas<sup>a</sup>, Joan Ramon Rosell Amigó<sup>a</sup>, Jaume Rosell Colomina<sup>b</sup>

a: Departament de Tecnologia de l'Arquitectura, UPC;

b: Departament de composició arquitectònica, UPC

judith.ramirez@upc.edu

La tesi que estic realitzant es pot dividir en tres grans blocs. En aquest article, exposaré el que de moment tinc fet del primer bloc i unes pinzellades dels altres dos. La primera part, i la que està més avançada, és la que inclou un estudi de recerca, tant documental com de camp, i una anàlisi exhaustiva de la producció i en general, dels diferents usos del ciment natural a Catalunya des dels seus inicis, a mitjans del S. XIX, fins a finalitzar-se'n l'ús generalitzat, quan pren relleu amb força el ciment pòrtland artificial, a mitjans del S. XX. Es dóna molta importància a conèixer l'evolució que es va produir pel que fa a la presència dels diferents conglomerants amb base calç; la calç aèria, les hidràuliques, i els diferents tipus de ciments que es fabricaven, així com la seva coexistència. Els altres dos blocs són experimentals; un inclou la metodologia emprada per a la identificació del tipus de conglomerant usat a partir de morters històrics, així com els resultats de multitud de mostres recollides de diferents tipus d'edificis i elements constructius. El tercer i últim apartat consisteix en la caracterització dels ciments naturals que es fabriquen en l'actualitat a Catalunya.

**Paraules clau:** ciment natural, conglomerants tradicionals, patrimoni industrial, caracterització morters històrics, restauració.

### 1. Introducció

Fins fa relativament poc, la informació publicada que teníem de la producció de ciment natural a l'estat espanyol estava localitzada en dos territoris [1]; País Basc i Catalunya, i en la darrera més concretament en dos punts, Sant Joan de les Abadesses i Sant Celoni. La recerca feta fins ara ens aporta molta llum quant a la producció catalana de ciment natural, s'han trobat punts de producció per tot el país, alguns d'ells amb produccions tan importants com els destacats per Varas et al (2007) [1]. A títol d'exemple, informació recollida només d'una franja de dos anys (1898-1899), es localitzen 58 punts de producció, repartits per les quatre províncies, per tant està clar que a Catalunya la producció d'aquest conglomerant va ser molt important, tant com per tenir una denominació a la resta de l'estat coneguda com a "ciment català".

Cal dir, que alguns dels punts de producció que s'estan catalogant, estaven ja localitzats, la qual cosa una de les tasques d'aquest treball també serà la de compilar tota la informació i endreçar-la el més detalladament possible en el temps i en les diferents comarques del país.

Esmentar que s'han localitzat altres punts de producció dispersos a la resta de territoris de l'estat, en menor proporció, degut segurament a que la cerca s'ha centrat a Catalunya.

Un aspecte que s'ha de posar en relleu i que s'ha fet evident a l'hora de parlar dels conglomerants "tradicionals" o els fabricats amb mètodes preindustrials, és que els fabricants no ho eren d'un

sol material, sinó que molts dels que ho eren de ciment natural fabricaven també calç aèria o hidràulica i en molts casos també guix. A les darreries del S. XIX hi havia prou diversitat de productes hidràulics, per a fer-ne un estudi sobre la distinció entre ells i com cada un tenia un ús o usos específics. Aquest estudi és també un punt important tractat a la tesi.

Així doncs, aquest document s'ha estructurat de tal manera que cada apartat intenta fer unes pinzellades de la informació que contindrà la tesi en els seus diferents camps de recerca.

### 2. Del procés de fabricació i material

El ciment natural, conegut també com a ciment romà, és un ciment amb propietats hidràuliques obtingudes per la calcinació a temperatures relativament baixes ( $\approx 1000$  °C), d'una pedra calcària, que anomenem marga, i que conté components argilosos, sobretot silícics i alumínics. Pot haver-hi també la presència d'altres minerals d'argila. La marga pot tenir dolomita  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$  en substitució d'una part de la calcita [2].

Aquesta impuresa en contingut d'argiles de la marga pot estar entre el 25 i el 40%. Al contrari de les calçs aèries o hidràuliques, no li cal el procés d'apagat o d'extinció previ a la presa, ja que ambdós processos (hidratació i presa) es realitzen simultàniament per la poca presència de calç lliure.

En particular, dels minerals d'argila inclosos a la marga, la sílice és la que es combina més eficientment

amb la calç, i la clau per l'obtenció d'una combinació íntima i correcte és una calcinació òptima. Així doncs, el sistema químic més rellevant del "clínquer" dels ciments naturals formats després de la cocció, queda definit pels elements Ca, Si, i de forma secundària Al i Fe [2].

Cal destacar que no s'afegeix guix com a regulador de presa com passa amb el ciment artificial pòrtland. A modus de temptativa, uns valors descriptius d'una marga adequada per produir un ciment natural serien els reflectits en la taula adjunta (Taula 1). Un tret important de la composició a tenir en compte és evitar un elevat Mòdul Hidràulic per tal de no tenir un excés de calç lliure després de la calcinació i que provocaria l'obtenció d'una calç eminentment hidràulica i per tant amb la necessitat d'apagar-la després de la seva cocció.

Taula 1. Valors de referència dels compostos de la marga per l'obtenció d'un bon ciment natural [2].

Paràmetre	Interval òptim
MH (CaO/(SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ))	1,3 - 1,7
MS (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2 - 3
SiO <sub>2</sub>	20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8%
Fracció d'argiles	15%, Caolinita, Illita

De la calcinació se n'obtenen dues fases; aluminat càlcic i silicat càlcic. A diferència del ciment artificial pòrtland, a causa de la mateixa composició dels ciments naturals, la fase de silicat predominant és el silicat bicàlcic en la polimorfa β i α', obtingut en funció dels rangs de temperatura de la cocció de la pedra. Posteriorment a la cocció, el clínquer obtingut es redueix a pols mitjançant una mòlta.

El ciment natural es pot produir en qualsevol forn, d'eix vertical o rotatori, tot i que el més habitual, almenys en les fàbriques que funcionen actualment a Catalunya, és el d'eix vertical. L'invent de F. Ransome (1885) del forn rotatori, es va aplicar majoritàriament en la fabricació del ciment artificial, ja que amb aquest es podien obtenir majors temperatures amb menys pèrdues de calor i per tant amb una millor rendibilitat [3].

Els forns d'eix vertical funcionaven habitualment a mode de disposar successives capes de pedra i combustible, majoritàriament carbó, a tot el llarg del forn i amb càrrega per la part superior, produint-se la descàrrega per la part inferior, un cop la pedra era cuita. En l'actualitat dels forns que encara funcionen, i que coneixem i hem estudiat, la pedra i el carbó no es disposa per capes, sinó que es barreja, segurament

optimitzant les calories despreses, però el sistema de forn "de raig" és com el d'abans.

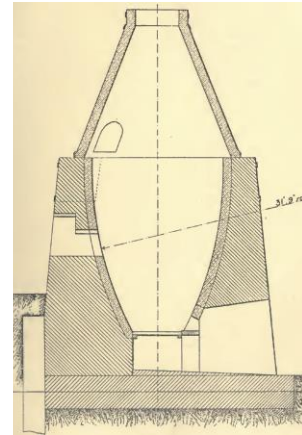


Figura 1. Imatge d'un forn tipic per la calcinació del ciment natural. (Butler, 1899). [4]

### 3. De la nomenclatura

Un dels aspectes més importants a l'hora de fer l'estudi històric dels conglomerants és tenir present les nomenclatures utilitzades llavors, en referir-se a un material concret. És a dir, utilitzar "ciment hidràulic" al referir-se a un conglomerant hidràulic, implica que pot referir-se a una calç hidràulica o a un ciment natural. Referir-se també a les putzolanes (teules i maons de ceràmica) quan s'està dient ciment com a component d'un morter, és un altre exemple. [5]. Parlar indistintament del ciment Grappier, o pòrtland del mediterrani, com un ciment per fer formigons i morters de presa ràpida, n'és un altre exemple [6]

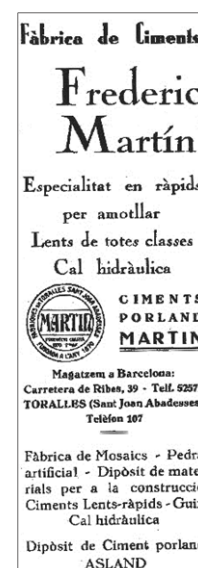


Figura 2. Imatge de la propaganda d'una fàbrica de ciment de Sant Joan de les abadesses de principis del S. XX.

Així doncs, quan ens referim als conglomerants podem parlar de multitud de productes i també de multitud de maneres d'anomenar un sol producte; ciment natural, lent, semilent o ràpid, en funció del temps de presa, de diferents tipus de calçs, dèbilment, mitjanament o eminentment hidràuliques, fins i tot calçs hidràuliques artificials, preparades a partir de la cocció de ciment natural o per altres sistemes [7], també a les darreries del S. XIX, ciment pòrtland natural, semiportland, artificial, etc. en fi, tota una gama de productes molt en la línia del que passava en aquells temps en el món científic i tècnic, amb personatges que deixaven anar el seu enginy, l'existència de multitud d'invents i fins hi tot patents de tot allò que algú ideava o pensava i que després en alguns casos es comercialitzava amb un cert èxit.

Amb tot, cal tenir cura a l'hora d'identificar els diferents productes, ja que moltes vegades es refereix a un mateix conglomerant amb dos noms diferents, per exemple la mateixa publicació de la "*Dirección general de agricultura, industria y comercio*" del moment, en la seva publicació Estadística Minera, quan parla de les primeres produccions al país basc de ciment natural indistintament també l'anomena calç hidràulica [8].

#### 4. Dels centres de producció

Trobar informació dels diferents centres o punts de producció ha estat del tot enriquidora. Les fonts d'informació han estat variades, i encara hi ha fils per estirar. També cal dir que molts dels centres de producció documentats s'han pogut visitar i documentar-ne els vestigis i restes, algunes d'elles força completes i que en molts casos esdevé fàcil interpretar-ne el funcionament.

La producció més antiga documentada fins al moment a Catalunya de ciment natural és el 1858, a Girona de la mà de Pérez Torruella i Cia, que també fabricava calç hidràulica. Es té una referència d'un any abans, el 1857 de fabricació a l'alta Garrotxa, a prop de Camprodon i de la mà de J. Coromina, però aquesta darrera falta contrastar-la.

De la documentació i catalogació dels forns en destacaria l'aspecte del fet que l'inici de la producció de ciment en els diferents territoris no s'ha produït amb una mateixa casuística. En la majoria de casos, es pot parlar d'una ampliació dels productes comercialitzats. Un fabricant de calç aèria, podia ampliar el seu negoci (amb els coneixements suficients) fabricant calç hidràulica o ciment natural,

disposant de la pedra necessària, es podien en molts casos, aprofitar les infraestructures.

Un altre cas ben diferent d'inici de la producció de ciment natural, és per exemple el de la zona del Berguedà. La producció de ciment en aquest cas esdevingué arran de l'explotació de mines de carbó [9]. El subproducte que s'obtenia quan s'extreia el carbó, era una marga idònia per la fabricació de ciment natural. Segurament, de la mà dels mateixos enginyers de la mina o enginyers funcionaris de l'estat, van considerar viable, després de l'anàlisi de la pedra, produir-ne ciment. Per tant en aquest cas no podem parlar d'un centre de producció específic, sinó que de les diferents mines n'extreien el carbó, en separaven la pedra com a subproducte i aprofitant les instal·lacions (vagonetes, etc.), el centralitzaven en un o diversos forns per coure-la per després fer la molla en un molí, fins llavors destinat a moldre farina.

Es pretén fer una catalogació la més àmplia possible de tots els forns que encara en queden restes, identificar-ne el producte que s'hi calcinava (sobretot distingint entre calçs i ciment natural) i d'aquesta manera poder ampliar el catàleg del patrimoni industrial. S'està en converses amb mNACTEC, que hi està molt interessat per a col·laborar en aquesta tasca.



Figura 3. Imatge de les restes d'un forn a la comarca de la Segarra (La Segarra, 2018, Font pròpia)

#### 5. Importacions i exportacions <sup>1</sup>

És conegut que en aquella època (mitjans del S. XIX) les comunicacions ja eren prou àgils, diverses i segures com perquè es poguessin aprofitar per al comerç dels conglomerants. Tot i que Catalunya fou un dels focus més importants en la fabricació del ciment natural, d'aquest material i dels seus similars (calç hidràulica i més endavant ciment pòrtland) no

<sup>1</sup> La informació de les importacions de ciment s'ha obtingut del diari La Vanguardia (Hemeroteca) corresponent als informes diaris de les entrades i sortides d'embarcacions del port de Barcelona, entre els anys 1881-1920.

en van deixar d'entrar a través de les fronteres, ja fossin les terrestres via tren o marítima amb entrada pel port de Barcelona. Els punts d'origen de les importacions eren bàsicament francesos i anglesos, precisament els dos països on van esdevenir els primers productors i on es focalitzaren els primers estudis sobre els conglomerants hidràulics. Les fluctuacions (figura 4) de les entrades (sobretot les marítimes) cal estudiar-les més detalladament, però es poden relacionar amb les polítiques proteccionistes o lliurecanvistes que el govern aplicava en cada moment, les guerres o conflictes territorials o fins i tot les vagues de treballadors de les mateixes fàbriques locals i dels transports interns, els ferrocarrils, que aturaven la producció local o el seu transport.

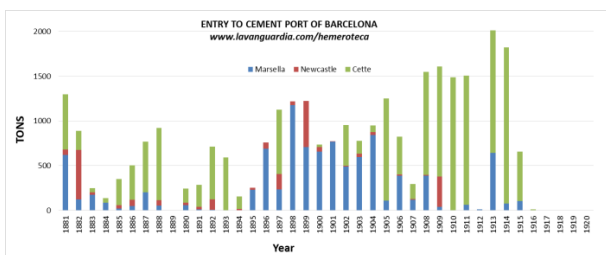


Figura 4. Gràfic resultant de l'estudi de les importacions de ciment durant els anys 1881 i 1920 amb entrada pel port de Barcelona (2017, Font pròpia)

Com a exemple ressaltar que s'ha pogut recollir informació detallada de les obres del port de Barcelona [10] on consta que en obres successives d'ampliació durant els anys 1886 i 1889 es van utilitzar conglomerants diversos, entre ells ciments, importats de França.

## 6. Dels usos

Són múltiples les fonts on s'han pogut llegir l'ús que se li donava al ciment natural en els diferents sistemes constructius i en diferents tipologies d'obres, a destacar les públiques urbanes, com pavimentacions, voreres, canalitzacions, etc.

A tall de resum s'utilitzà el ciment natural per a la formació de fonaments i parets, en forma de paredat, arrebossats més o menys treballats, com podrien ser estucats amb figuracions i geometries imitant carreus de pedra, paviments varis; per a escorxadors, mercats, cavaleries o fins i tot pistes de velòdroms. Un dels usos més estesos i amb més bona valoració com a material "nou" que era, fou per a la realització d'infraestructures hidràuliques, de canalització i embassament d'aigües, tals com canals, dipòsits, basses, etc., i que en aquell moment s'adonaren de la importància de la rapidesa de la presa del ciment i

sobretot de la resistència enfront l'efecte de les aigües ja fossin dolces o salades.



Figura 5. Imatge de les obres de la Rambla Sant Domènec de Vic, 190? (Font: Manel Gausa, Vic, 2018)

En aquesta part de l'estudi a més es fa una distinció entre l'ús del ciment per a formar morters a la mateixa obra, els que ara anomenem "in situ" o l'ús del ciment per a la fabricació d'elements, tals com blocs per a la formació de paraments de diverses mides, tubs de canalitzacions o els més abundants i que ens en queden més testimonis visibles en el patrimoni construït, que són els elements decoratius, ornamentacions i emplaçats de façanes. D'aquest darrer grup s'estan recopilant mostres per la seva anàlisi així com la recerca de catàlegs de fabricants per poder conèixer les diferents geometries, sistemes de subjecció, de muntatge, etc.

## 7. Dels fabricants actuals

Actualment a Catalunya hi ha 4 fabricants de ciment natural, dels quals almenys dos d'ells són hereus de les primeres fabricacions de ciment natural a finals del S. XIX. Aquest és un aspecte molt valorat, ja que en l'àmbit europeu a banda de petits productors que fornegen per encàrrec a Àustria (potser en algun altre indret també, es desconeix) i la imponent fàbrica de Prompt Vicat a França, no hi ha més fabricants. Cal dir que aquests fabricants tenen una producció reduïda si la comparem amb els fabricants de ciment pòrtland, però no obstant això, alguns d'ells exporten el seu producte a països europeus i fins hi tot als Estats Units.

La fabricació és molt similar a la dels orígens, encara força artesanal. Forns verticals fets d'obra de paredat, amb la càrrega del cru per la part superior i la graella a la part inferior d'ajuda per la descàrrega de la pedra ja cuada. El combustible utilitzat és el carbó, que es barreja amb la pedra.

Així doncs, no han faltat motius per decidir des d'un inici fer la caracterització dels 4 productes. S'han assajat els quatre ciments pel que fa a les seves característiques físiques, químiques, mecàniques i hídriques.



Figura 6. Provetes per assajar. (2016, Laboratori de Materials EPSEB, Font: pròpia)

Les conclusions a aquesta part del treball són diverses. Algunes tenen referència a la normativa vigent que regula la realització dels assaigs. Aquesta resulta ser força obsoleta quant al procediment a seguir en les diferents proves al laboratori, com per exemple la prescripció de pastar el morter a assajar amb les mans quan la normativa de ciments artificials prescriu fer-ho amb l'amassadora. L'altre és per la dispersió de resultats, a priori s'ha conclòs que han estat derivats del procediment de mòlta de la pedra cuita, potser poc ajustat per a obtenir regularitat i homogeneïtat del producte ensacat. Cal seguir en aquest punt.

## 8. Dels morters històrics

Aquest apartat és el que de moment està més endarrerit. Es tracta, mitjançant el mètode après a Àustria durant una estada de dues setmanes, a la University of Applied Arts Vienna - Institute of Arts and Technology/Conservation Sciences, amb el Prof. Dr. Johannes Weber aprendre a identificar, segons una metodologia pròpia, el tipus de conglomerant utilitzat en els morters històrics. [2]

No és banal aquesta identificació donat que les fases que s'obtenen de la hidratació de les calçs hidràuliques, ciments naturals i ciments portland són les mateixes; tobermorites i portlandites. La clau està en poder visualitzar a la mostra de morter històric, traces de producte de la fase prèvia a la hidratació, per tant amb presència d'alites i bel·lites. Un cop trobades les fases i com que les primeres només n'abunden en el ciment portland, és fàcil discernir-ne entre el portland i el natural.

Per altra banda, trobar la diferència entre les calçs hidràuliques i el ciment natural ja és molt més difosa, ja que ambdós conglomerants només tenen bel·lites com a cristalls hidràulics.

## 9. Conclusions

Així doncs, la tesi que estic realitzant inclourà aspectes diversos en l'entorn del ciment natural.

Inclourà conclusions referents a aspectes històrics, de producció, tecnologia de la mateixa producció, comerç, interior i exterior, usos, i els aspectes fonamentals per entendre la importància d'aquest material a les darreries del S. XIX fins a mitjans del S. XX, i per altra banda aspectes més experimentals i d'assaigs inclosos en els blocs d'estudi dels ciments naturals que es fabriquen actualment i dels morters històrics del patrimoni construït.

## Referencies

- [1] M.J. Varas, M.A. de Buergo, R. Fort, The origin and development of natural cements: The Spanish experience, *Constr. Build. Mater.* 21 (2007) 436–445. doi:10.1016/j.conbuildmat.2005.07.011.
- [2] C. Gurtner, G. Hilbert, D. Hughes, R. Kozłowski, J. Weber, Manual on best practice in the application of roman cements. Roman cement, past and present. Conservation theory and practice, (2012) 113. [http://www.rocure.eu/page/imgt/file/rocure-manual\\_low-res\(2b\).pdf](http://www.rocure.eu/page/imgt/file/rocure-manual_low-res(2b).pdf).
- [3] M.F. Ransome, Adelantos en la fabricación del cemento portland, *La Gac. Ind.* (1887) 309–311.
- [4] D.B. Butler, Portland Cement. Its Manufacture, testing and use, London/New York, 1899.
- [5] G.A. Brizguz y Bru, Libro III. Des conocimiento de los materiales, in: *Esc. Arquít. Civ.*, Valencia, 1738: p. 132.
- [6] E. Churruca Brunet, Memoria que manifiesta el estado y progreso de las obras de mejora de la ría de Bilbao, y cuenta de gastos e ingresos durante el año económico de 1889 a 1890, *Rev. Obras Públicas*, 39, Tomo IX. (1891) 56–64.
- [7] B. Cortés, Cemento romano, cal hidráulica y piedras artificiales, *Crónica La Ind.* Tomo III Sum. (1877) 9.
- [8] Industria y comercio Dirección General de Agricultura, Estadística minera correspondiente al año 1866, Madrid, 1868.
- [9] J.M. Rossinyol Locubiche, Materials, mines de pedra i molins de la construcció artesanal,

- [10] L'Erol- Doss. (2007) 16–19. Memoria sobre el estado y adelanto de las obras del puerto de Barcleona durante los años económicos 1886-1889, Barcelona, 1890.