

# ESTUDI DE L'ALT FORN DE LA REIAL FONERIA DE SANT SEBASTIÀ DE LA MUGA I LA SEVA PRODUCCIÓ (SEGLE XVIII)

**MARIÀ BAIG I ALEU**

CENTRE D'ESTUDIS D'HISTÒRIA DE LES CIÈNCIES,  
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

*baig@ifae.es*

Paraules clau: *foneria, artilleria, metal·lúrgia, arqueometria, Catalunya al segle XVIII*

---

Study of the blast furnace of the royal foundry of Sant Sebastià de la Muga and its production (XVIII century)

*Summary: In this communication we review the evolution of blast furnace techniques in Europe in order to place in its historical context the foundation of the royal foundry of Sant Sebastià de la Muga (1768-1794). We justify also the interest of the military estate in promoting the cast iron foundries for ammunition production and the role of the French engineers into the Spanish technical developments in the XVIII century. Finally, we present an original scheme of the main furnace of the royal foundry of Sant Sebastià de la Muga and the chemical analysis of some recovered materials.*

Key words: *foundry, artillery, metallurgy, archaeometry, Catalonia in XVIIIth century*

---

## **1. Introducció i antecedents**

En una comunicació anterior vàrem presentar un breu resum de la història de la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga (Baig, 2003) que estigué en funcionament en el terme de la vila empordanesa de

Sant Llorenç de la Muga, entre els anys 1768 i 1794. Vàrem veure com, a partir d'un projecte inicial d'explotació de les mines de ferro de les muntanyes de Montdevà, situades entre els termes de Sant Llorenç de la Muga, Darnius i Maçanet de Cabrenys, es decidí la construcció d'una gran instal·lació militar per a la fabricació de municions d'artilleria que s'anomenà Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga, per ésser edificada prop l'ermita de Sant Sebastià, terme de Sant Llorenç de la Muga. Dissenyada per l'enginyer suís Jean Maritz de la Barollière, llavors director de les foneries militars espanyoles, estigué sota el control de la Secretaria del Despacho de Guerra. Veiérem també com estigué en funcionament ininterromput fins l'any 1794, quan en el transcurs de la guerra entre la monarquia espanyola i la república francesa —guerra gran— fou desmantellada per les tropes del general Augereau.

En una recent comunicació presentada al congrés «El paisatge, element vertebrador de la identitat empordanesa», hem estudiat l'impacte que l'activitat de la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga comportà sobre els boscos empordanesos (Baig, 2007). Hem vist com el fet que l'alt forn s'alimentés exclusivament de carbó vegetal requeri la definició d'un perímetre de salvaguarda d'un radi d'uns 25 km entorn la fàbrica dins del qual els boscos quedaren reservats per a la producció de carbó per a la foneria. La sobreexplotació forestal causada per la foneria portà el territori empordanès a una situació molt delicada, amb enfrontaments entre les autoritats militars —responsables del funcionament de la foneria— i les civils —batlles i síndics de la seixantena de municipis afectats—, que fou provisionalment resolta gràcies a l'assenyada intercessió davant del monarca del ministre d'Hisenda, Pedro Rodríguez de Campomanes, futur comte de Campomanes.

En la present comunicació estudiem amb més detall els processos metal·lúrgics que es portaven a terme a la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga, especialment alguns detalls del seu alt forn que hem pogut deduir a partir de diversos esquemes de l'època, així com una sèrie d'anàlisis químiques de materials metàl·lics recentment recuperats que permetran poder-nos fer una idea més aproximada del procés productiu de la foneria i la qualitat dels materials produïts. La major part de la documentació estudiada procedeix de l'arxiu de l'antiga Secretaria de Guerra, dipositat a l'Archivo General de Simancas.<sup>1</sup>

## 2. La introducció dels alts forns en la siderúrgia espanyola

José Alcalá-Zamora y Queipo de Llano, en el seu estudi sobre la siderúrgia espanyola, resumí, d'una forma molt taxativa, l'opinió generalitzada sobre la introducció dels alts forns a l'Estat espanyol: «La opinión corriente y la historiografía general desconocen la existencia en España de altos hornos hasta la década postrera del siglo XVIII o incluso después» (Alcalá-Zamora, 1972). A Catalunya la situació és encara més greu, ja que l'opinió generalitzada és que el primer alt forn de Catalunya fou instal·lat a Camprodon l'any 1844 per la societat El Veterano Cabeza de Hierro. La realitat, però, és que els primers assaigs per a la instal·lació

1. Archivo General de Simancas, Secretaria de Guerra. Leg. 459-463.

d'alts fons a l'Estat espanyol daten del segle XVI (estan documentats des de l'any 1574), i hi ha alts forns en producció almenys des de l'any 1617. A Catalunya, la construcció del primer alt forn —precisament el de Sant Sebastià de la Muga— data del 1768. El desconeixement de la història «antiga» dels alts forns de l'Estat espanyol, juntament amb l'observació de la progressiva desaparició de les fargues catalanes a partir de la segona meitat del segle XIX, ha portat a considerar que en certa manera els alts forns serien la versió «industrial» de les fargues «artesans» dels Pirineus. La realitat, però, és que es tracta de dos processos completament diferenciats i que han evolucionat en paral·lel al llarg de molts segles.

Efectivament, està documentada l'existència d'alts forns a la regió de les Ardenes ja a l'any 1517. Es tractava d'una evolució del primitiu baix forn incloent-hi, però, elements mecànics per injectar aire a pressió i fent el disseny del forn més alt (*stückofen*). R. F. Tylecotte, en la seva història de la metal·lúrgia a Europa, escriu: «The development of the blast furnace in Europe is one of the most interesting subjects in the history of ferrous metallurgy» (Tylecotte, 1987). I és que no es tracta «només» d'una evolució cap a una producció a major escala, sinó que la producció de ferro en un alt forn té unes característiques completament diferents del ferro obtingut en un baix forn.

En un baix forn (*bloomery*), com en el cas de la farga catalana, hi ha un procés de reducció directa, ja que en una sola etapa es passa de l'òxid de ferro al ferro metàl·lic. Atès que no s'arribava a la temperatura de fusió, el ferro s'extreia del gresol en estat semisòlid. Un cop extret es copejava amb el martinet per expulsar-ne les escòries i deixar-lo preparat per a la forja. Es tracta, per tant, d'un procés discontinu, i un reduït nombre d'operaris podia mantenir una farga en funcionament. Aquest ferro de farga (*wrought iron*) tenia un contingut molt baix en carboni i unes extraordinàries qualitats mecàniques.

En un alt forn (*blast furnace*) de carbó vegetal dels segles XVII o XVIII s'arribava a la temperatura de fusió del ferro de tal manera que la sortida del gresol era líquida, cosa que permetia disposar la colada en motlles. El procés de fosa era continu, sense aturar-se en cap moment al llarg de diversos mesos. A més, el flux d'aire requerit per arribar a la temperatura de fusió del ferro necessitava un complex sistema mecànic de manxes mogudes per energia hidràulica. Un nombrós personal resultava, doncs, indispensable per atendre el funcionament continuat de la foneria. Malgrat que les escòries suraven sobre el ferro líquid i podien ser fàcilment extretes, el ferro colat obtingut així (*cast iron*) portava en dissolució una elevada quantitat de carboni i altres elements químics, i resultava inadequat per a un procés de forja. No ha d'estranyar, doncs, que en els seus inicis els principals usos del ferro colat fossin per a la fabricació de municions d'artilleria i que fos l'exèrcit el principal impulsor dels alts forns, tant a Europa en general com a l'Estat espanyol en particular. No fou fins ben entrat el segle XIX que es desenvolupà a gran escala el procés d'afinament del ferro colat, és a dir, l'eliminació del seu excés de carboni, per convertir-lo en ferro dolç o en acer. De totes maneres, entorn dels alts forns del segle XVIII es disposaren també petits forns d'afinament o ferrereries.

A principis del segle XIX s'aconseguí la substitució del carbó vegetal per carbó de coc, al temps que les dimensions dels forns augmentaven considerablement. Aquests avenços, però, ja no arribarien a la foneria de Sant Sebastià de la Muga, destruïda el 1794. A l'Estat espanyol foren els nous alts forns de Trubia (Astúries) els primers a funcionar amb carbó de coc. La història de la siderúrgia del ferro, però, rebria una nova transformació a partir de la introducció dels convertidors Bessemer i els forns Siemens-Martin per a la producció d'acer, però això ja és tota una altra història que va molt més enllà dels primitius alts forns de carbó vegetal (Nadal, 1975).

### 3. La producció de munició d'artilleria de ferro colat

Les peces d'artilleria dels segles XVII i XVIII eren bàsicament de bronze. L'artilleria de ferro, més lleugera, donava encara molts problemes de seguretat i es restringia el seu ús a la marina, per raó del seu menor pes (Vigón, 1947). Al llarg del segle XVIII s'introduí el mètode de fosa dels canons en sòlid, amb la perforació de l'ànima del canó amb mètodes mecànics. La perforació en sòlid assegurava una major uniformitat en la massa de bronze i augmentava la seva seguretat a l'hora de disparar-la repetidament. L'inventor del procediment havia estat l'enginyer suís Jean Maritz I (1680-1743), i l'havia divulgat a França el seu fill Jean Maritz II (1711-1790). Aquest darrer fou cridat a Espanya l'any 1766 i, juntament amb tota una sèrie d'operaris francesos que l'acompanyaren, instal·là a Barcelona les seves màquines de barrinar canons. Poc després es traslladaren a Sevilla, on hi havia una altra fàbrica de canons. Sembla que aquest fet no fou molt ben rebut per part d'alguns militars espanyols, ja que en paraules de Jorge Vigón: «Para conseguir este resultado había habido que nombrar a Maritz “Mariscal de campo de los Ejércitos de S. M. e Inspector general de sus fundiciones, tanto de bronce como de fierro”, pagarle muy generosamente, soportar sus impertinencias, de la que él no fue avaro, y pasar por que todas las piezas fabricadas bajo su dirección resultaran inútiles, cambio de que quedaran aquí las máquinas que, en mejores manos, dieron un rendimiento considerable, hasta el punto de que en los años 1794 y 1795 entrega la fundición, concluidas, más de 800 piezas» (Vigón, 1947).

La munició d'artilleria en els segles XVII i XVIII era sempre de ferro, perquè les primitives boles de pedra havien quedat ja en total desús. Les primeres bales de canó de ferro del segle XVII —boles esfèriques massisses— estaven fetes de forja, essent la seva confecció un procés lent, difícil i molt car. La progressiva implantació dels alts forns tot al llarg dels segles XVII i XVIII facilità enormement la confecció d'aquests tipus de munició, gràcies al procés molt més simple de vessar el ferro colat en estat líquid en els motlles (figura 1). De totes maneres, les boles de ferro colat encara s'havien de polir una a una per eliminar les rebaves que hi poguessin quedar i, també, per sotmetre-les a un procés de tremp per tal d'aportar més solidesa a la superfície de les mateixes. Pensem que si la bala no era perfectament esfèrica podia quedar atrapada en el canó i rebentar-se la peça d'artilleria. D'altra banda, si la bola de canó era més petita del que estava previst, l'efectivitat de la peça era molt menor, ja que la força expansiva de la pólvora no s'aprofitava totalment.



Figura 1. Motlles per a la fabricació de bales de canó. A sobre, una barra de ferro colat. *Maison de la Métallurgie et de l'Industrie de Liège* (Bèlgica).

L'artilleria del segle XVIII distingia entre *canons*, que disparaven boles de ferro colat, i *morters*, molt més curts i de boca ampla que disparaven granades, és a dir, esferes buides amb càrrega interior de pólvora i metralla. Els canons es classificaven pel seu *calibre* en termes del pes de la corresponent bala de ferro massissa expressat en lliures —les més grans— o en unces —les més petites—, mentre que els morters es classificaven segons el diàmetre de les granades expressat en polzades. Els calibres de les diferents peces d'artilleria anaren canviant al llarg dels anys i se succeïren diverses ordenances per tal d'unificar els sistemes emprats (Carrasco, 1888). Per això, a l'artilleria del segle XVIII se la coneix com *artilleria de ordenanza*. En la taula 1 hem resumit les característiques bàsiques de les municions de ferro colat segons les dades extretes d'un manuscrit del mateix Jean Maritz, recentment editat en facsimil (Maritz, 1758), sobre les característiques de l'artilleria de marina francesa. Hem de comentar que, almenys durant la segona meitat del segle XVIII totes les mesures que apareixen en els documents militars espanyols sobre artilleria fan referència a les unitats de mesura franceses, possiblement conseqüència de la importància que tingueren els tècnics francesos en la creació de l'artilleria espanyola. En aquest sentit, tal com vàrem veure a l'anterior comunicació, hem de ressaltar que la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga fou dissenyada pel mateix Jean Maritz i que feu nombrosos viatges i estades a la foneria (Baig, 2003).

#### 4. L'alt forn de Sant Sebastià de la Muga

A la figura 2 es pot veure un detall del plànol de l'alt forn de Sant Sebastià de la Muga segons fou dibuixat per l'enginyer Juan del Rey l'any 1771. Alguns detalls d'aquesta instal·lació foren posteriorment emprats per Tomás de Morla en la redacció del seu tractat d'artilleria que estigué en ús a l'acadèmia d'artilleria de Segòvia (Morla, 1784; Herrero, 1992).

Taula 1. Diàmetres de les bales de canó, segons el seu calibre (en pes de la bala) en unitats franceses de l'època (Maritz, 1758) i la seva equivalència en centímetres

Calibre	Polzades	Línies	Punts	Cm
36 lliures	6	2	9	16,86
24	5	5	4	14,74
18	4	10	10	13,27
12	4	3	11 1/4	11,77
8	3	9	4 1/2	10,34
6	3	5	2 1/4	9,34
4	3			8,12
3	2	7	9	7,16
2	2	3	9	6,26
1	1	10	3	5,02
12 unces	1	8	3	4,57
8	1	6		4,06
4	1	2		3,16

En la figura es pot veure el complex sistema hidràulic d'injecció d'aire i la rampa lateral que portava a la boca superior del forn on s'introduïa tant la mena (òxid de ferro triturat i torrat prèviament en forns de calcinació) com el combustible (carbó vegetal), així com el fundent adequat.

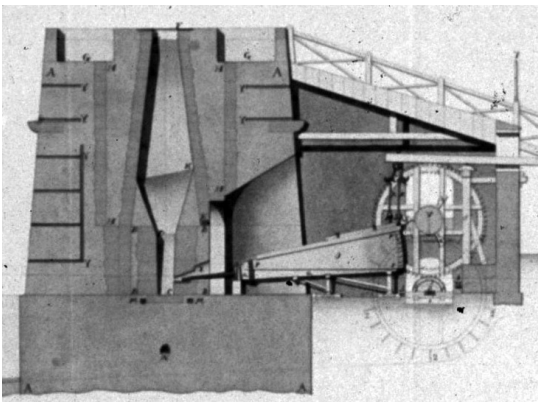


Figura 2. Detall del plànol del 1771 de l'alt forn de Sant Sebastià de la Muga. Archivo General de Simancas, Secretaria de Guerra.

Taula 2. Anàlisi semiquantitativa d'elements minoritaris en les mostres de la figura 3

Mostra	Núm.	C	Mn	P	S	Ca
Bala de 6 lliures	1	4 %	0,1 %	1%	0,7 %	<0,05
Bala de 24 lliures	2	3 %	0,2 %	0,1 %	<0,1 %	0,3 %
Bala de 4 unces	3	4 %	0,1 %	0,4 %	<0,1 %	<0,05
Bala de 4 unces	4	<0,1 %	<0,05%	0,4 %	<0,1 %	<0,05
Fragment de colada	5	3 %	0,1 %	0,4 %	<0,1 %	0,8 %

A la taula 2 es poden veure els resultats d'una sèrie d'anàlisis, realitzades pel Servei d'Anàlisi Química de la Universitat Autònoma de Barcelona, sobre diferents mostres d'elements metàl·lics (figura 3) recollides totes a les proximitats de la foneria, excepte la bala de 4 unces número 4, que fou recollida al terme de Llers, a uns 10 km de la foneria. A part del contingut majoritari en ferro, totes les mostres recollides prop de la foneria mostren un contingut de carboni d'un 3-4%, que es correspon perfectament amb el que esperem d'una mostra de ferro colat. Per contra, la bala número 4 resulta ser de ferro forjat, amb una composició química de ferro d'una gran puresa, ja que tampoc conté la proporció de manganès observada en les altres bales. Els resultats de la taula 2 ens suggereixen que un estudi quantitatiu dels components minoritaris en les mostres de bales de canó pot resultar molt útil de cara a la determinació de l'època o a la procedència d'aquestes mostres que de vegades resulten de molt difícil classificació i són sovint menystingudes en els museus i en les excavacions.

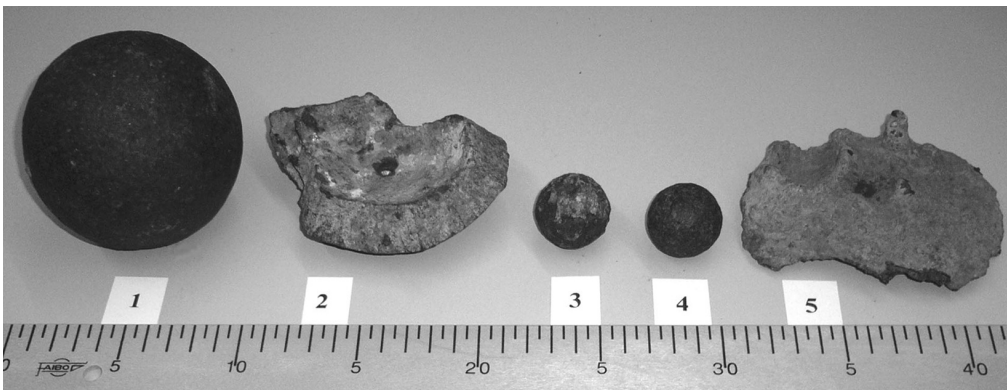


Figura 3. Bales de canó de ferro i restes de colada analitzades a la taula 2.

## Bibliografía

- ALCALÁ ZAMORA Y QUEIPO DE LLANO, J. (1972), «Aportación a la historia de la siderurgia española», *Moneda y Crédito*, **120**, 99-124.
- (1974), «Producción de hierro y altos hornos en la España anterior a 1850», *Moneda y Crédito*, **128**, 219-224.
- BAIG, M. (2003), «La Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga, 1768-1794». *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT, 181-187.
- (2007), «L'impacte de la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga sobre els boscos empordanesos a finals del segle XVIII». *Actes del congrés: «El paisatge element vertebrador de la identitat empordanesa*, vol. II, Figueres, Institut d'Estudis Empordanesos, 383-396.
- CARRASCO, A. (1888), «Apuntes para la historia de la fabricación de la artillería y proyectiles de hierro», *Memorial de Artillería*, **xviii**, 571-609, **xix**, 42-72, **xix**, 559-579.
- HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M.D. (1992), *Tomás de Morla, artillero ilustrado*, Patronato del Alcázar de Segovia.
- MARITZ, J. (1758), *Artillerie de la marine*, Niça, Omega. [Manuscrit reproduït en facsímil a cura de Jean Boudriot]
- MORLA, T. (1784), *Tratado de artillería para el uso de la Academia de caballeros cadetes*, vol. I, Segovia, Antonio Espinosa.
- NADAL, J. (1975), *El fracaso de la Revolución industrial en España, 1814-1913*, Barcelona, Ariel.
- TYLECOTTE, R. F. (1987), *The early history of metallurgy in Europe*, Londres, Longman.
- VIGON, J. (1947), *Historia de la artillería española*, Madrid, CSIC, 3 v.