

# La capacitat energètica mecànica històrica: les rodes d'aigua del territori

*Alan Ward i Koeck*



## Presentació

El punt de partida d'aquesta petita ponència és un article que es va publicar en l'edició dels PRH d'enguany (Ward A. (2008) "Rodes hidràuliques de la vall d'Ordino: càlcul de la potència instal·lada", *Papers de Recerca Històrica*, 5: 39-48). En aquest article feia una estimació de la potència útil del conjunt de les instal·lacions hidràuliques de la vall d'Ordino, anteriors a l'època moderna. A través de la recopilació dels seus emplaçaments i tipologies, vaig arribar a una xifra compresa entre els 10 i 20 kW de potència global. Això representava una quantitat certament insignificant comparada amb les xifres usuals en l'actualitat, quan el motor d'una sola camioneta de repartir pot subministrar fins a 100 kW. Però si el situem en el context de les altres energies disponibles a l'època, es pot traduir en termes de potència útil equina, per exemple, i en aquest cas veiem que pot reemplaçar la força d'un ramat de 20 a 40 cavalls –sense el consum de farratge associat.

En el cas d'ara, la missió que se'm va assignar ha estat estendre aquest estudi, però a l'escala del conjunt del país. Malauradament, no es pot dir que les altres valls d'Andorra hagin estat totes tan industrialitzades en l'època històrica i, com segurament és lògic, tampoc tan estudiades en l'època actual. Per aquest motiu, hauré de començar per respondre a la pregunta inicial següent: existia la mateixa densitat d'instal·lacions hidràuliques en el conjunt de les Valls que a Ordino?

## Importància i identificació de les rodes d'aigua

Abans d'entrar en matèria, cal tenir present la importància econòmica de les rodes d'aigua. Els seus usos típics –la molta de blat i altres cereals, i com a font motriu en serradores i en fargues– implicava un inici del procés d'industrialització. La seva instal·lació es podia considerar una inversió inicial relativament important per a

l'època. A la vegada, el seu ús representava una tasca de transformació mitjançant un procediment tècnic especialitzat –cosa que implicava la presència d'operaris qualificats, però també el transport tant de la matèria primera objecte de transformació, com també del producte del treball.

A través d'aquestes consideracions, veiem que es tractava d'una etapa certament primerenca en el procés d'industrialització, però no negligible per preparar les etapes posteriors.

Aquesta etapa, i la presència física d'instal·lacions hidràuliques, ha estat documentada en diferents fonts. Una de les més importants pel que fa als primers segles de l'Andorra històrica és segurament Baraut, C. (1988) *Cartulari d'Andorra*, Govern d'Andorra, vol. 1

En aquest text trobem la reproducció de documents en què, a partir del segle IX, existeixen múltiples referències a la presència de molins en documents com vendes, permutes i donacions. El mateix acte de consagració de la catedral de la Seu (any 839) n'és un exemple.

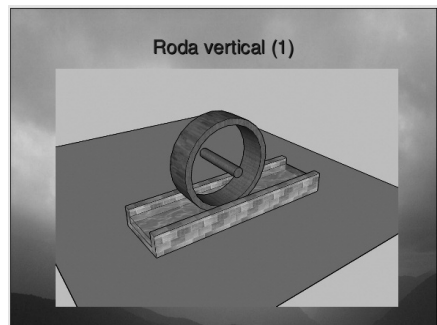
També en podem trobar esment a través dels topònims. En aquell moment (segles IX i X), l'existència d'un molí o mola era prou important per haver pres la qualitat de topònim i permetre així identificar els que n'eren oriünds. Coneixem així la presència de llocs amb el topònim *Moles* tant a Ordino ("Ross de Moles") com a Canillo ("Berenger Arnall de Mole"), en la Concòrdia entre els homes d'Andorra i el bisbe Sal·la de l'any 1162.

## Tipologia de roda

Pel que fa als diferents tipus de roda d'aigua, se'n poden identificar tres:

- La roda d'aigua més comuna entre els romans, la roda vertical amb adducció d'aigua per la part inferior, no és gaire adaptada per a instal·lacions en entorns de muntanya, ja que requereix rius amb gradients no massa forts. Menys eficients que d'altres tipus d'instal·lacions, transforma tan sols l'energia *cinètica* del fluid, sense aprofitar la seva energia *potencial*.

- La roda d'aigua vertical, però amb adducció d'aigua per la part superior, és més apropiada per a instal·lacions en què el riu presenta un cert desnivell. Pot aprofitar els volums més reduïts d'aigua que es presenten en rius de muntanya, i la seva configuració amb eix horitzontal permet una adequació directa a les necessitats d'una serradora o bé d'una farga. Per contra, transforma energia *potencial* de l'aigua i, per tant, la potència



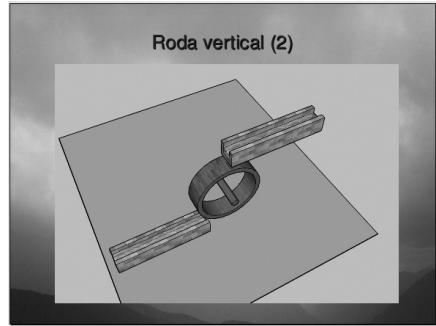
La roda vertical, amb adducció inferior d'aigua

disponible és limitada pel diàmetre de la roda. Així, estariem parlant de potències unitàries al voltant d'1 kW per roda.

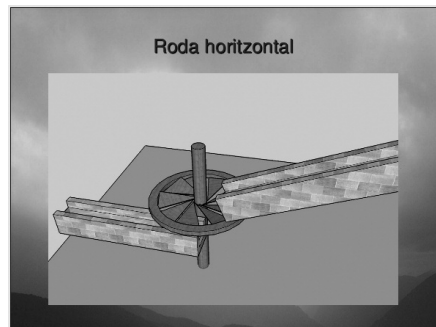
- Pel que fa a la roda d'aigua horitzontal, transforma energia *cinètica* en potència útil. En instal·lacions de muntanya aquesta energia *cinètica* sol provenir de la transformació d'energia potencial del desnivell, a través d'un curt canal d'alimentació amb un pendent més pronunciat.

Aquest tipus d'instal·lació es coneix des del segle XVII com a *roda catalana* i prefigura en certa manera les instal·lacions modernes com les rodes Pelton que es fan servir avui en dia encara per a la generació d'energia hidroelèctrica.

En una instal·lació típica anterior a l'època moderna, una roda horitzontal ubicada en un pis inferior donava moviment a través d'un eix vertical a una mola també horitzontal, i situada en el pis superior. La potència disponible ja depenia menys de les dimensions de la mateixa roda, permetia instal·lacions amb potència útil al voltant d'1,5 a 2 kW, i això amb una forma física molt compacta.



La roda vertical, amb adducció superior d'aigua



La roda horitzontal

### **Requeriments per a una instal·lació, i ubicacions possibles**

En una instal·lació típica, una presa canalitzava l'aigua del riu amb un canal d'adducció amb un pendent aproximat del 5‰. Aquest valor no era arbitrari, sinó un punt òptim entre valors massa baixos —que no permetrien un flux suficientment important— i massa elevats —que perdrien una part important de la seva energia a través de la formació de turbulències.

El canal d'adducció permetia aixecar el nivell de l'aigua i alimentar la roda hidràulica per damunt del nivell del riu; així, calia que el pendent fos suficientment important perquè la diferència d'alçada mínima de 2 a 2,5 m entre nivell del canal d'adducció i el nivell de l'aigua del curs principal del riu s'assolís sense haver de construir un canal de llargada massa important. Es pot estimar<sup>1</sup> el pendent mínim del riu necessari per a una instal·lació d'aquestes característiques en un 15‰.

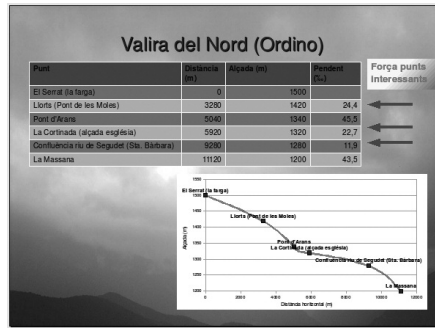
Per altra banda, un pendent massa elevat del riu implicava, mitjançant els processos d'erosió per l'aigua, la formació de parets rocoses nues que dificultaven

considerablement la construcció de la instal·lació hidràulica, sobretot tenint en compte les tecnologies constructives possibles abans de l'època moderna i l'ús generalitzat de l'acer. Així, estimem el pendent màxim per sobre del qual resulta difícil o impossible la construcció d'una instal·lació hidràulica en un 30%. Per tant, si volem identificar emplaçaments potencialment possibles per a una roda d'aigua, la nostra missió consisteix a cercar indrets en què el riu té pendents compresos entre aquests dos valors.

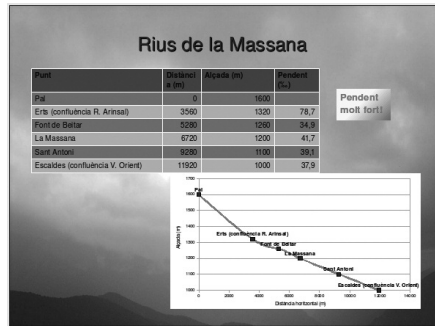
Si examinem el Valira del Nord, en el tram inicial a través de la Vall d'Ordino, no és cap sorpresa poder-hi identificar una sèrie d'emplaçaments que corresponen a aquests criteris. Això ens conforta en el fet que el nostre raonament i el dels constructors originals són compatibles.

Ara bé, si fem el perfil dels altres rius de la parròquia de la Massana (riu de Pal i d'Arcalis, curs inferior del Valira del Nord), veiem aquesta vegada que hi ha un pendent molt fort, superior al 30%, en tot el curs. Això ens fa pensar que difícilment trobarem restes d'instal·lacions hidràuliques en el curs d'aquests rius, a menys que estiguin en punts molt concrets en què el gradient del riu sigui inferior al gradient mitjà.

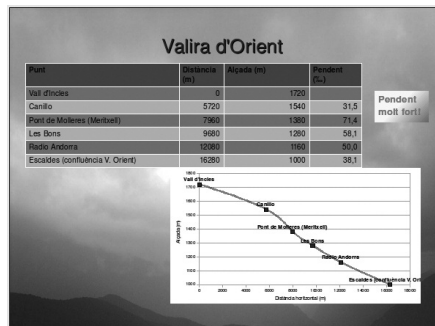
Si passem al Valira d'Orient, ens trobem en una situació semblant. A banda de la part superior del curs (Grau Roig, Ransol) –zona en què sembla possible una instal·lació hidràulica i en què efectivament tenim notícies documentals de la presència d'almenys una farga–, la resta del curs presenta un pendent molt fort per a aquest tipus d'instal·lació. Finalment, el curs del Gran Valira entre



Perfil del Valira del Nord

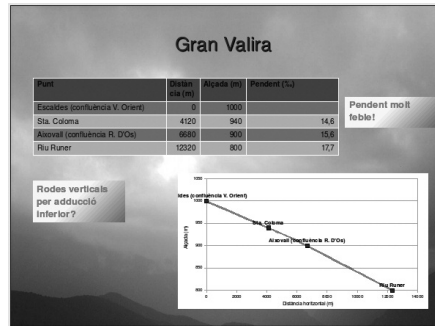


Perfil dels rius de la Massana



Perfil del Valira d'Orient

la confluència a Escaldes i la frontera del riu Runer presenta una característica totalment diferent: en aquest cas el pendent és molt feble. És, de fet, tan feble que semblaria difícil la instal·lació de rodes d'aigua amb les característiques típiques de les instal·lacions de muntanya. Això no impedeix, però, que s'hagi pogut fer alguna instal·lació en punts molt concrets. Alternativament, també és possible que s'hi hagin privilegiat rodes d'aigua del primer tipus: verticals, i amb adducció per la seva part inferior.



Perfil del Gran Valira

## Conclusions

Encara que no s'hagi pogut realitzar cap estudi concret de la presència d'instal·lacions de rodes hidràuliques en altres rius que no sigui el Valira del Nord en el tram per la parròquia d'Ordino, a la vista dels perfils dels altres rius del país no sembla probable que s'hi hagin pogut fer instal·lacions gaire importants. Els altres rius de la Massana i el Valira d'Orient presenten en general gradients massa importants, a part del tram superior del Valira d'Orient. D'altra banda, el Gran Valira presenta un perfil sense prou pendent perquè la instal·lació típica d'una roda d'aigua, amb la seva presa i canal d'adducció d'aigua, sigui fàcil.

Amb aquestes dades, semblaria que l'estimació que es pugui fer de la potència instal·lada sigui basada sobretot en la present en la vall d'Ordino, amb un total d'entre 10 i 30 kW per al conjunt del país.

Això ens ofereix una perspectiva doblement interessant de la disponibilitat d'energia mecànica i també de les possibilitats d'activitats industrials en l'Andorra de l'època històrica:

- D'una banda, l'energia disponible era relativament limitada en termes del consum actual (equivalent a la disponible en menys de sis cases actuals!), però de l'altra podia substituir una força de treball humana o equi (equivalent a aproximadament seixanta cavalls) de grans dimensions comparada a les capacitats del país. Era, doncs, un recurs important a partir de principi de l'edat mitjana.
- Aquesta disponibilitat d'energia mecànica sembla que ha estat concentrada sobretot en una vall, la d'Ordino. Això podria explicar, potser tan sols en part, la seva importància econòmica durant una bona part de la història del país.

Finalment, com sempre queden algunes qüestions obertes que aquest estudi no ha pogut plantejar. Una seria el possible ús, no del Gran Valira, sinó dels afluents a les parròquies d'Andorra i Sant Julià. En efecte, les dificultats de transport indiquen

la poca probabilitat que el gra d'aquestes parròquies s'hagués transportat riu amunt (a Ordino) o riu avall (a la Seu) per a la mòlta. La situació i el tipus d'instal·lació d'aquestes moles obren perspectives d'investigació interessants per al millor coneixement de la història econòmica de les Valls.

**Alan Ward i Koeck**  
*Enginyer superior en informàtica*

NOTA

<sup>1</sup> Vegeu Ward, 2009.