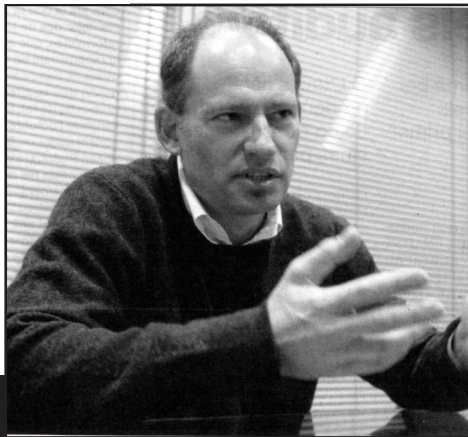


La geotèrmia, una energia amb gran potencial de desenvolupament

Jordi Llovera i Massana



1. Què és l'energia geotèrmica

L'energia geotèrmica és l'energia calorífica continguda a l'interior de la Terra. Aquesta energia prové bàsicament de dos focus: de l'activitat interna de la Terra (magnètica) i de les influències de les condicions climàtiques exteriors (energia solar i temperatura ambient).

El flux calorífic de la Terra representa una aportació energètica contínua i inexhaurible a escala humana.

2. Geotèrmia d'alta, baixa i molt baixa entalpia

Per poder extreure l'energia geotèrmica de l'interior de la Terra necessitem sempre un fluid, que serà l'aigua. Així, segons la temperatura que tingui la zona d'exploració, l'aigua estarà en forma líquida (si no arriba a 100°C), en forma de vapor o una barreja de les dues fases, en funció de l'entalpia del sistema. L'entalpia és la mesura de la quantitat d'energia que conté un sistema. En el cas de la geotèrmia, l'entalpia s'incrementa en augmentar la temperatura i la pressió.

En terminologia geotèrmica, un jaciment qualsevol s'anomena d'alta entalpia quan el fluid produït és capaç de moure un grup turboalternador i generar electricitat. Amb la tecnologia actual, per sobre de 150°C ja s'assoleixen resultats competitius. Entre 100 i 150°C es parla de jaciments d'entalpia mitjana, mentre que el terme baixa entalpia es reserva als aqüífers, amb temperatures inferiors a 100°C i molt baixa temperatura, per sota dels 30°C, i que necessitaran una bomba de calor per a la seva explotació.

Els aqüífers de baixa entalpia són els més coneguts. Produeixen aigua calenta sense vapor, i les aplicacions tipus són l'aprofitament de la calor per a la indústria, l'escalfament d'hivernacles agrícoles i de piscines, la calefacció i l'aigua calenta d'habitatges, etc.

Trobar jaciments geotèrmics de baixa entalpia és relativament fàcil. N'existeixen de dos tipus: les grans conques sedimentàries, amb 1.000-3.000 metres de sediments, i les sortides d'aigua termal a l'exterior per fractures geològiques.

Les conques sedimentàries, escalfades per un gradient geotèrmic normal ($0,3^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$), poden allotjar aqüífers d'importància. Aquest és el cas de la conca de l'Aris, on 56 sondejos escalfen uns 150.000 habitatges, amb un estalvi de quasi 200.000 TEP (tones equivalents de petroli); de la conca hongaresa, que escalfa centenars d'hectàrees d'hivernacles agrícoles; de la conca de Madrid; de la conca de l'Ebre, que s'aprofita, per exemple, per a l'escalfament d'habitatges de la ciutat de Lleida (Pardinyes).

Les zones amb fonts termals són típiques de zones muntanyoses, sovint de sistemes geològics lligats al granit. Són aqüífers que es recarreguen per la pluja i la fosa de neus a les zones d'alta muntanya. Les aigües recorren milers de metres terra endins durant desenes d'anys i finalment tornen a la superfície ja calentes. Aquests aqüífers acostumen a estar tancats per sobre i per sota per roques impermeables i sotmeses a la pressió que els donen les aigües de recàrrega, muntanya amunt. El recorregut que fan a la sortida acostuma a ser a través de falles i trencaments d'aquestes roques impermeables. En el cas dels Pirineus aquestes roques són quasi sempre granit.

És el cas de nombroses poblacions nascudes als voltants d'aquestes fonts termals, que habitualment tenen el nom de *caldes* (Escaldes, a Andorra; Caldes de Malavella o de Montbui, a Catalunya, etc.), *thermes* o *bains* a França (Ax-les-Thermes, Orlu-les-Bains, etc.).

Hi ha casos en què l'anomalia geotèrmica no va acompanyada de l'existència d'aigua. Són els anomenats jaciments de roca seca, i l'explotació és tecnològicament més complicada. Un exemple típic són les zones volcàniques amb activitat, com l'illa canària de Lanzarote, on es poden trobar fins a 600°C a 12 m de fondària. Però també n'hi ha d'altres no tan espectaculars i molt més difícils d'explotar.

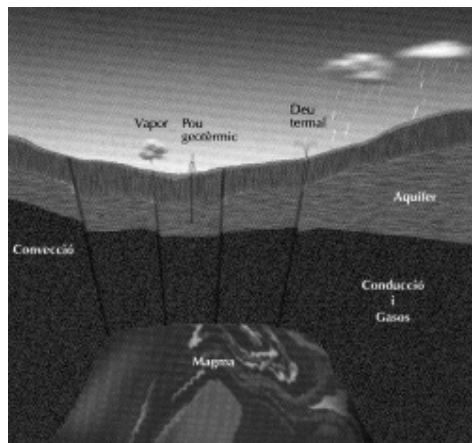


Figura 1: esquema de l'energia geotèrmica d'alta i baixa entalpia. Font: Jordi Llovera

3. Tècniques geològiques

Els condicionants geològics són determinants a l'hora de prospectar energia geotèrmica d'alta i baixa entalpia, i cal començar a estudiar la zona amb la metodologia de reconeixement creixent:

- Estudis de teledetecció, fotografia satèl·lit i fotografia aèria. Donen la situació de la zona en el marc general de la tectònica de plaques. Delimitació de les grans directrius de fractura.
- Estudis de sismicitat, soroll sísmic i neotectònica. Reconeixement i quantificació del moviment actual de les falles mitjançant l'estudi dels terratrèmols locals, del soroll sísmic (microterratrèmols) i dels materials quaternaris deformats.
- Estudi vulcanològic, en cas que existeixi aquesta fenomenologia. Datació absoluta de les erupcions. Estudi petrològic i geoquímic dels productes volcànics. Anàlisis químiques i isotòpiques dels gasos. Càlcul de la temperatura i pressió de la cambra magmàtica.
- Estudi estratigràfic i tectònic. Definició dels materials que componen la zona i estudi de la seva disposició en el temps i en l'espai. Fractures locals que interrompen aquesta geometria.
- Estudi hidrogeològic. Balanç hidràulic de la zona. Càlcul de la pluviometria, escorriment superficial, evapotranspiració i infiltració eficaç. Definició i geometria dels aqüífers principals. Estimació de la dinàmica hidràulica i de la productivitat potencial.

Aquests estudis definiran la viabilitat geològica de la seva explotació a més del punt més indicat per realitzar el sondeig i la profunditat aproximada.

4. Sondeigs d'exploració i d'explotació

Una vegada definit el lloc més adequat per realitzar el sondeig, la seva profunditat i el tipus de geologia que cal perforar, es defineix el tipus de maquinària necessària per fer el sondeig d'exploració. Aquest és de diàmetre petit, i la seva utilitat consisteix a anar recollint les dades dels minerals que va travessant, la variació de la temperatura del terreny, i les dades sobre cabal i composició química de l'aigua.

Una vegada acabada la perforació i fets els assaigs de bombeig i d'estudi de temperatures i composició de l'aigua, es condiciona el pou com a piezòmetre, instal·lant una canonada metàl·lica perforada amb unes ranures a la zona productora d'aigua termal. Els piezòmetres són pous que s'utilitzen per controlar el nivell de l'aqüífer una vegada s'utilitzen els pous d'explotació.

Una vegada posat de manifest el recurs geotèrmic i coneguts els paràmetres principals mitjançant els sondeigs de reconeixement (temperatura, pressió, cabal, qualitat química, etc.) es realitza el sondeig d'explotació, mitjançant una màquina de perforacions. Si és de poca fondària, fins a uns 200-300 m, s'utilitza una màquina de fer pous d'aigua potable, mentre que per a perforacions de fins a 2.000 m s'utilitzen torres de perforació petrolífera.

Hi ha casos en què la qualitat química d'aquesta aigua representa un perill per al medi ambient, a causa de l'excés de salinitat, com passa a la conca de París. Aleshores, després d'extreure calories de l'aigua, s'ha de reinjectar l'aigua en el subsòl, dins del mateix aquífer, per mantenir-ne la pressió. Això obliga a fer dos pous d'explotació en lloc d'un de sol, anomenats *doblets*. Els pous han d'estar separats a la part inferior per no tornar a extreure l'aigua refredada que s'acaba de reinjectar. Aquesta separació ha de ser de diversos centenars de metres i es poden fer verticals, separats a aquesta distància, o bé fer-los un al costat de l'altre, desviant-los en profunditat. La tècnica de desviació de pous prové de la tecnologia petrolífera, i es pot arribar a fer l'angle i la situació de la desviació amb una precisió molt elevada.

En altres casos l'aigua no representa cap impacte sobre el medi ambient, i es pot utilitzar directament per al consum i després llençar-la com a aigua pluvial.



Figura 2: perforació del pou termal d'Escaldes. Font: Enginesa

5. Aplicacions de l'energia geotèrmica

Les aplicacions de l'energia geotèrmica depenen, d'una banda, de les característiques físiques del jaciment: temperatura, cabal, pressió, qualitat química de l'aigua..., i d'altra banda, de les possibilitats d'aprofitament d'aquest recurs a la zona on és.

6. Situació de l'energia geotèrmica a Andorra

Andorra és el sisè país en relació amb les dades de països de la Unió Europea en la producció d'energia geotèrmica, amb unes 2.000 TEP, que equivalen al 20% de la producció energètica nacional (la resta és hidroelèctrica) i a l'1% del consum energètic total d'Andorra. No obstant això, el potencial geotèrmic d'Andorra encara no està desenvolupat al cent per cent i podria créixer d'una forma important.

El principal jaciment geotèrmic d'Andorra es troba a Escaldes, tal com indica el seu nom, conegut des de l'antiguitat. Va promoure el creixement de la població en una zona situada a l'obaga, cosa que fins a mitjan segle XX, en què es va començar a instal·lar calefacció a les cases, representava una zona no apta per a la construcció.

Les fonts termals que neixen a les confluències del riu Madriu i Valira d'Orient, algunes comunals i altres privades, eren utilitzades per a la calefacció de les cases, per al bany privat, per a alguna piscina i per als hotels termals. Cap als anys 1950 el quart d'Escaldes va fer una instal·lació de canonades per distribuir aigua termal a les cases de la població. A principi dels anys 1980 un estudi geològic molt aprofundit detectà la possibilitat d'augmentar el cabal d'aigua termal. El sondeig es va realitzar amb una màquina de tecnologia minera, ja que s'havia de perforar amb un cert angle d'inclinació molt precís per arribar a la intersecció de dos plans de falles: la falla Madriu i la falla Valira, a uns 125 metres de fondària. La perforació es va fer l'any 1985 i el resultat va ser molt bo: va augmentar el volum d'aigua que es recollia de les fonts termals, que era d'uns 500 m³/dia a una mitjana de 52°C fins a un cabal artesià de 2.000 m³/dia a 70°C (exactament 70,1°C). A més, la qualitat de l'aigua des del punt de vista bacteriològic augmentà, ja que en agafar-la a aquesta fondària no hi havia possibilitat de contaminació. Una vegada es disposà de l'aigua es van fer els treballs de distribució d'aquesta aigua en tota una zona de la població. L'estació principal de bombeig es va construir a l'antiga casa dels safareigs, on fins als anys 1970 les dones anaven a rentar la roba a mà, en un gran safareig amb aigua termal; d'allí es distribueix cap a les cases dels voltants, cap a Caldea i cap a l'estació de bombeig de l'avinguda De Gaulle. Aquesta estació distribueix l'aigua termal a les cases dels voltants i a la piscina comunal. Posteriorment es construí Caldea, que absorbeix la major part de l'aigua produïda. Per a la distribució de l'aigua s'han soterrat en els carrers canonades amb aïllament tèrmic, que fa que l'aigua no perdi més de 0,3 o 0,4°C per quilòmetre recorregut. Estudis mèdics fets en aquesta aigua l'aconseguen per al bany i el tractament de la pell, i la desaconsellen per beure, a causa de la seva composició química. De tota manera les possibilitats de trobar més aigua termal a Escaldes-Engordany encara no s'han exhaurit. La perforació és propietat del comú d'Escaldes-Engordany.

També l'any 1985 una perforació a Andorra la Vella, de 181 m de fondària, al peu del torrent del Clot del Mener, demostrà l'existència, fins aleshores mai no detectada, d'aigua termal. Aquesta aigua, sulfurosa com la d'Escaldes-Engordany, surt a molt més baixa temperatura, 23,7°C, i segons detecten els estudis hidrogeològics això és degut a una barreja amb l'aigua freda profunda. El cabal que dona el pou és de 168 m³/dia artesià, i s'utilitzà durant anys per ajudar a escalfar la piscina dels Serradells. És propietat del comú d'Andorra la Vella.

El tercer jaciment geotèrmic detectat a Andorra és a Canillo, a la vall d'Incles. Aquest pou es va fer l'any 1990, a 206 m de fondària, i dona un cabal de 690 m³/dia artesià, a una temperatura de 16°C. A pesar d'aquesta temperatura tan baixa, es considera termal perquè la temperatura que hauria de tenir aquesta aigua a la zona on està no hauria de sobrepassar els 5°C, i a més en la seva composició química també té contingut sulfurós. Igual que el pou d'Andorra la Vella, l'aigua surt barrejada amb aigua freda profunda. Aquest pou, propietat del comú de Canillo, de moment no s'explota.

7. Potencial de creixement important: geotèrmia de molt baixa entalpia

El gran potencial de creixement de l'aprofitament de l'energia geotèrmica a Andorra és l'energia de molt baixa entalpia. Es tracta de recuperar la calor que hi ha a tot arreu a pocs metres de fondària i que una bona part de l'any està a temperatura superior a la temperatura ambient exterior. A partir de 2-3 metres de fondària, si no hi ha anomalia tèrmica, la temperatura del terreny és pròxima a la temperatura mitjana anual del lloc. Per tant a Andorra podem trobar tem-

peratures d'entre els 10°C als punts habitats més freds fins a 16°C en els més atemperats. Gràcies a les bombes de calor podem transportar aquesta calor a un circuit de radiadors o terra radiant a temperatures situades entre 50 i 65°C, segons la tecnologia emprada de bomba de calor. Això permet utilitzar-la per a l'ús domèstic de calefacció i producció d'aigua calenta amb un preu de l'energia molt més econòmic que amb l'ús de combustibles tradicionals.

El gran avantatge d'aquesta tecnologia és que és aplicable a qualsevol lloc, amb alguna limitació tècnica segons els casos deguda als límits en el nivell d'extracció de calor del terreny. Evidentment l'ús, com el de qualsevol altra energia, ha d'anar lligat a l'eficiència energètica del consum: edificis ben aïllats, que aprofitin l'energia del sol per les finestres, que no tinguin ponts tèrmics, que el seu control sigui acurat, etc.

La tècnica de les instal·lacions ja s'explica en alguna altra ponència d'aquestes jornades i no hi entraré en aquest article, però cal insistir que té un gran potencial d'expansió al nostre país.



Figura 3: perforació del pou termal d'Incles.
Font: Enginesa

Jordi Llovera i Massana

Enginyer industrial,

cap de l'àrea de Xarxes de serveis d'Enginesa

jllm@enginesa.ad