

**GUIA QUE CONTÉ ELS
CRITERIS TÈCNICS PER A
LA REPOSICIÓ DEL DOMINI
PÚBLIC HIDRÀULIC EN ELS
SUPÒSITS D'EXTINCIÓ,
ABANDONAMENT I
CLAUSURA TEMPORAL
D'APROFITAMENTS
D'AIGÜES SUBTERRÀNIES**



PREÀMBUL

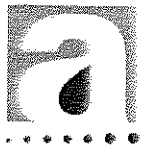
A la sessió celebrada el 14 d'octubre de 2002, el Consell d'Administració de l'Agència Catalana de l'Aigua [en aquest document, l'Agència] adoptà l'*acord pel qual es dictaven instruccions relatives a l'exigència de reposar el domini públic hidràulic en els supòsits d'extinció d'aprofitaments*. L'exposició de motius de l'acord expressava un doble propòsit:

- [1] l'objectiu genèric de protegir el domini públic hidràulic (*l'aigua*), i de prevenir el deteriorament de la qualitat de les aigües
- [2] l'objectiu específic d'establir els criteris per tal d'exigir la reposició del domini públic hidràulic quan una captació deixa de ser operativa

L'acord adjuntava el document "PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES DE SEGELLAMENT DE POUS". Aquest document partia dels riscos derivats de la mala praxis en l'abandonament de captacions d'aigua subterrània (perill físic, contaminació vertical, alteracions hidrodinàmiques per connexió de nivells, deteriorament de la qualitat per mescla d'aigües de diferent qualitat) i definia el procediment de clausura o segellament de pous, depenent del tipus (material) d'aquífer.

L'experiència acumulada pel personal del Departament de Concessions de l'Agència permet constatar que, tot i la utilitat innegable del document aprovat l'any 2002, esdevé imprescindible disposar-ne d'uns criteris més detallats i flexibles per tal de tractar cada actuació de segellament com el que realment és: una obra que afecta el domini públic hidràulic. És en aquest context que es va decidir l'elaboració d'aquesta guia.

Aquesta Guia tècnica ha estat aprovada pel Consell d'Administració de l'Agència Catalana de l'Aigua en data 23 de juliol de 2009.



PROPOSTA D'ACORD DEL CONSELL D'ADMINISTRACIÓ PEL QUAL S'APROVA LA GUIA QUE
CONTÉ ELS CRITERIS TÈCNICS PER A LA REPOSICIÓ DEL DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC EN ALS
SUPÒSITS D'EXTINCIÓ, ABANDONAMENT I CLAUSURA TEMPORAL D'APROFITAMENTS
D'AIGÜES SUBTERRÀNIES.

El text refós de la Llei d'aigües regula el deure de reposar el medi al seu estat anterior en el marc de la potestat sancionadora de l'Administració hidràulica com a una obligació independent de la de reparar els danys i perjudicis ocasionats al domini públic hidràulic. Les potestats atribuïdes a l'Administració per aquesta normativa l'habiliten per exigir al titular d'un determinat aprofitament d'aigües subterrànies que adopti les mesures necessàries per assegurar que el cessament de l'explotació de l'aprofitament i el seu abandonament no contribuiran a augmentar la vulnerabilitat de l'aquífer. Aquestes potestats poden ser exercides tant en relació a aprofitaments actualment extingits com amb caràcter preventiu respecte d'aprofitaments futurs o en explotació, amb ocasió de la intervenció de l'Administració hidràulica en qualsevol procediment en que resulti afectada la captació per un acte administratiu.

A la sessió celebrada el 14 d'octubre de 2002, el Consell d'Administració de l'Agència Catalana de l'Aigua va aprovar l'acord pel qual es dictaven instruccions relatives a l'exigència de reposar el domini públic hidràulic en els supòsits d'extinció d'aprofitaments.

No obstant això, l'experiència en l'aplicació de l'acord aprovat en la sessió de 14 d'octubre de 2002 ha posat de manifest la necessitat de disposar d'una guia que contingui criteris tècnics més detallats i flexibles per tal de tractar cada actuació de segellament com una obra que afecta al domini públic hidràulic, no únicament des del punt de vista de restitució del medi per evitar la contaminació des de la superfície sinó també des del punt de vista de protecció del domini públic hidràulic per evitar la comunicació entre diversos aquífers. Per això, s'ha considerat adient l'elaboració d'aquesta guia per a dur a terme la clausura temporal i segellament de pous des d'una perspectiva tècnica i econòmica, tenint en compte que tant el mètodes com els materials a utilitzar estaran sempre determinats per les característiques de cada captació, les condicions de l'entorn i per l'objectiu que es pretén.

Per tot això, es proposa al Consell d'Administració l'adopció del següent:

ACORD

- 1.- El present acord té per objecte aprovar la guia annexa al present acord, que conté els criteris tècnics per la reposició del domini públic hidràulic en els supòsits d'extinció, d'abandonament i clausura temporal d'aprofitaments d'aigües subterrànies. Aquesta guia en substitueix els criteris aprovats pel Consell d'Administració de l'Agència Catalana de l'Aigua en la seva sessió de 14 d'octubre de 2002.
- 2.- Les prescripcions tècniques de la guia seran d'aplicació a totes les concessions d'aprofitaments d'aigües subterrànies, l'oferta de condicions de les quals es formulí a partir de la seva entrada en vigor, i així mateix, a totes les resolucions d'autorització d'aprofitament d'aigües subterrànies o d'inscripció de drets privatis per disposició legal sobre aigües subterrànies que es dictin amb posterioritat a la seva entrada en vigor.
- 3.- En l'emissió d'informes en matèria urbanística, en l'àmbit de la Llei d'intervenció integral de l'Administració Ambiental i en qualsevol dels àmbits de competència de l'Agència Catalana de l'Aigua es farà expressa referència al compliment dels criteris continguts en la guia.
- 4.- La reposició del domini públic hidràulic acordada coactivament de conformitat amb l'article 118.1 del text refós de la Llei d'Aigües haurà de dur-se a terme de conformitat amb la guia aprovada pel present acord.



ÍNDEX DEL DOCUMENT

1.	INTRODUCCIÓ	1
1.1.	Objectius	2
1.2.	Consideracions generals	3
Bloc I – TIPOLOGIES DE POUS I MATERIALS DE SEGELLAMENT		4
2.	TIPOLOGIES CONSTRUCTIVES DE POUS	5
2.1.	Pou obert	5
2.2.	Pou d'hinca o clavat	5
2.3.	Pou perforat	6
2.4.	Piezòmetres o sondeigs de control	7
3.	MATERIALS DE SEGELLAMENT	8
3.1.	Agregats o àrids	8
3.2.	Materials de segellament	10
3.2.1.	Ciment	10
3.2.2.	Bentonita	13
Bloc II – METODOLOGIES DE SEGELLAMENT		15
4.	TASQUES PRÈVIES AL CONDICIONAMENT DEFINITIU	16
4.1.	Caracterització del pou	16
4.2.	Retirada d'elements aliens	16
4.3.	Desinfecció	17
5.	OPERACIONS DE CLAUSURA O SEGELLAMENT	18
5.1.	Clausura temporal d'un pou	18
5.2.	Operacions mínimes de clausura	18
5.3.	Operacions recomanades per al segellament d'un pou	19
5.3.1.	Extracció total o parcial de canonada de revestiment	19
5.3.2.	Tall i obertura de la canonada	20
5.3.3.	Col·locació del material segellant dins del forat del pou	20
5.3.4.	Ompliment amb "agregats"	21
5.3.5.	Segell 'pont'	22
5.3.6.	Segellat superficial de la perforació	22
6.	METODOLOGIES DE SEGELLAT PER TIPOLOGIA DE POUS	24
6.1.	Segellament d'un pou obert	24
6.2.	Segellament d'un pou d'hinca o clavat	25
6.3.	Pou en terrenys no consolidats	25
6.4.	Segellament de pous en terrenys consolidats de fracturació lleu	26
6.5.	Segellament de pous en terrenys molt fracturats o karstificats	26
6.6.	Pou surgent	27
6.7.	Pou de característiques desconegudes	28
7.	INFORME FINAL	29

8. REFERÈNCIES	30
ANNEXOS	33
Annex 1. QUADRES DE DECISIÓ	34
Annex 2. ESPECIFICACIONS DE MATERIALS	36
Annex 3. FITXA TÈCNICA DE CAMP (SEGELLAMENT)	41
Annex 4. COST APROXIMAT DEL SEGELLAMENT DE POUS	42
Annex 5. INSTRUCCIONS APROVADES EL 14/10/2002	44

FIGURES

Figura 1. Pou com a possible entrada de contaminació.	1
Figura 2. Contaminació entre diferents nivells aquífers a través de l'anular del pou.	2
Figura 3. Esquema d'un pou obert.	5
Figura 4. Pou d'hinca o clavat.	6
Figura 5. Pou perforat amb canonada completa.	7
Figura 6. Pou perforat amb canonada parcial.	7
Figura 7. Piezòmetres multitub.	7
Figura 8. Forma adequada de col·locació dels segells.	9
Figura 9. Embut Mash.	13
Figura 10. Segellat amb extracció completa de la canonada.	21
Figura 11. Tampó superficial.	23
Figura 12. Segellat de brocal.	24
Figura 13 Segellat en terreny càrstic.	27
Figura 14 Alternatives per a reduir el cabal de surgència per a col·locar segellants	28

1. INTRODUCCIÓ

Els pous són construccions que poden representar un risc físic per a les persones, sobretot quan tenen gran diàmetre, o bé poden afavorir la contaminació de les aigües subterrànies per circulació vertical al llarg de l'espai anular que hi ha entre l'encamisat (d'obra o de tub) i el diàmetre de la perforació original. Quan un pou resta en desús, aquests riscos poden augmentar perquè sovint desapareixen els elements de protecció bàsics a l'entorn de la captació, cas habitual si cessa l'activitat a què es destinava l'aigua.

Cal per tant prevenir tant accidents com l'afecció a les **aigües subterrànies**, les quals constitueixen “**el recurs hídric més sensible i important de la Unió Europea**” i “*la font principal del subministrament públic d'aigua potable*” en el conjunt dels estats europeus, segons s'indica textualment a la consideració segona de la Directiva 2006/118/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 12 de desembre de 2006, relativa a la protecció de les aigües subterrànies contra la contaminació i el deteriorament (coneguda com a Directiva *Filla d'aigües subterrànies*).

Els pous que no estan degudament protegits poden esdevenir una via directa per a l'entrada als aqüífers de contaminants químics o bacterians (**Figura 1**), o la propagació vertical de la contaminació ja present en alguns nivells cap a d'altres que no estan contaminats (**Figura 2**).

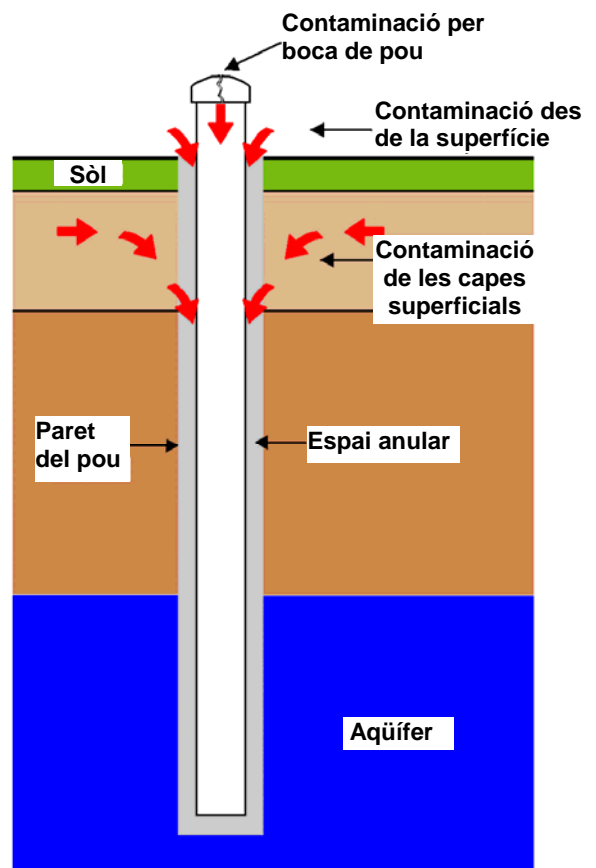


Figura 1. Pou com a possible entrada de contaminació.

Cal promoure i dur a terme procediments adequats per al segellament dels pous en desús. Aquest és el objecte de la present Guia Tècnica.

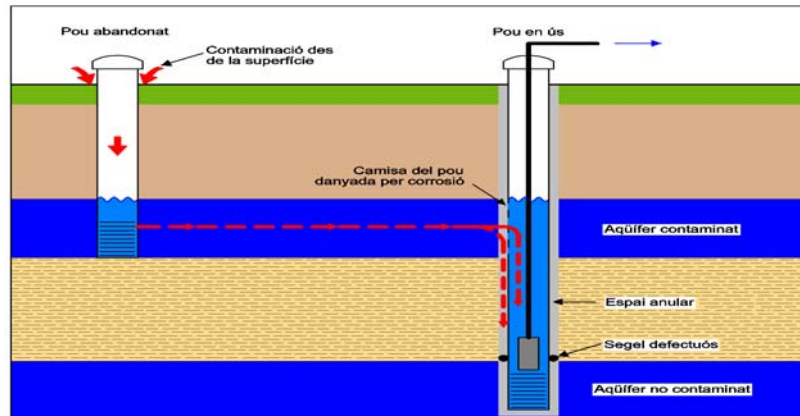


Figura 2. Contaminació entre diferents nivells aquífers a través de l'anular del pou.

1.1. Objectius

El propòsit d'aquesta GUIA és disposar una guia de prescripcions tècniques d'acord amb la política de l'Agència per a la adequada clausura dels pous d'aigua en desús. La GUIA descriu el procés de segellament d'un pou en totes les seves etapes, les quals pretenen servir d'ajuda al propietari del pou i al tècnic corresponent per tal d'aconseguir els resultats adients.

La GUIA considera diversos objectius i per tant diferents tècniques aplicables: la **clausura temporal** d'un pou, la **restitució del medi**, **evitar la contaminació des de la superfície** i que la pròpia perforació no es comporti com una **via de comunicació entre diversos aquífers**. És per això que suggereix les millors opcions per dur a terme la clausura d'un pou des d'una perspectiva tècnica i econòmica, tot aportant informació sobre els materials d'ompliment i mètodes de col·locació que hi són d'acceptació generalitzada.

Cada actuació de clausura d'un pou ha de ser necessàriament considerada com un esdeveniment individual. En aquest sentit, tant els mètodes com els materials a utilitzar estaran sempre determinats per les condicions particulars de l'entorn i per l'objectiu buscat. Factors com ara les condicions del terreny, la vulnerabilitat del medi i la presència de pous d'abastament han de ser acuradament considerats abans de prendre la decisió final sobre el procediment i els materials a utilitzar en el segellament.

En el marc d'aquest objectiu general, cal destacar-ne alguns de particulars:

- eliminar el risc d'accidents per la presència d'un espai obert en el terreny
- impedir actes vandàlics i que el pou pugui servir com a dipòsit de materials contaminants o runes
- evitar l'entrada de contaminants des de la superfície
- evitar modificacions en el comportament hidràulic de les aigües subterrànies, com ara la pèrdua de cabals o pressions hidrostàtiques
- prevenir la barreja d'aigua entre diferents aqüífers i evitar el flux induït de l'aigua a través de diferents formacions geològiques

1.2. Consideracions generals

En casos concrets degudament justificats, una actuació mínima de protecció superficial de la captació pot servir com a **mesura temporal de clausura**. A la resta de casos, cal complir amb tots els passos requerits per a una adequada clausura del pou. Un "**adequat segellament**" d'un pou implica que estigui net en la seva totalitat, de forma que s'aïlli l'accés als nivells aqüífers i se n'aconsegueixi l'obturat superficial de la boca.

Les operacions a dur a terme en els processos de clausura i segellament de pous són bàsicament l'extracció, en tant que sigui possible, dels elements introduïts en el terreny (canonades, filtres) i el rebliment de l'espai obert amb materials que no tinguin interacció amb el medi i impedeixin la modificació d'aquest per factors externs.

El tipus de pou, les característiques geològiques i la situació ambiental de possible contaminació (abocaments, vessaments, residus, presència de nivells aqüífers ja contaminats) determinen els procediments i materials per al segellament de pous d'aigua en desús.

Les actuacions de clausura o segellament de pous han de ser supervisades per tècnics especialistes en hidrologia subterrània davant la variabilitat de factors i condicionants a considerar en cada cas.

***Bloc I* – TIPOLOGIES DE POUS I MATERIALS DE SEGELLAMENT**

2. TIPOLOGIES CONSTRUCTIVES DE POUS

Els pous poden ser classificats de diferents maneres, tant pel mètode constructiu com pel tipus d'aqüífer en el qual s'ubiquen. En aquesta GUIA, es considera cinc tipologies diferenciades de pous, que són detallades en els següents apartats: superficials, d'hinca o clavats, perforats, en terrenys fracturats o kàrstics, i piezòmetres o sondeigs de control.

Una característica particular que pot donar-se en qualsevol d'aquestes tipologies és la presència de condicions de surgència natural (nivell de l'aigua per sobre del brocal de pou); això implicarà un tractament diferencial amb cura específica per a la execució dels procediments de segellat del pou,.

2.1. Pou obert

Són pous superficials (**Figura 3**), o excavats a mà. Solen ser de profunditat inferior a 20 m i tenir diàmetres compresos entre 1 i 3 m. Les parets sovint es troben recobertes de maons o formigó per evitar-ne el col·lapse. Aquests pous normalment exploten aqüífers en terrenys sedimentaris no consolidats, encara que poden penetrar parcialment el basament de roca consolidada inferior.

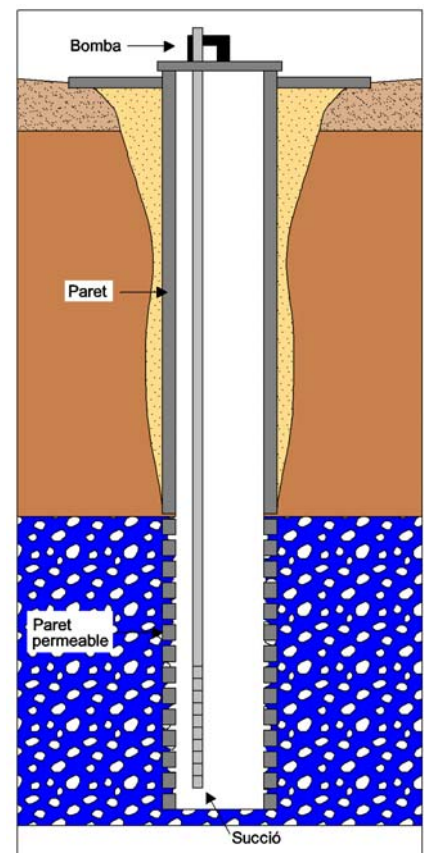


Figura 3. Esquema d'un pou obert.

2.2. Pou d'hinca o clavat

Són característiques de terrenys molt tous. Tenen fondàries limitades (inferiors a 10 m) i petit diàmetre (en general, no superior a 2"). La reixeta o tram filtrant se situa pròxima al fons, on es troba la punta del tub clavat (**Figura 4**).

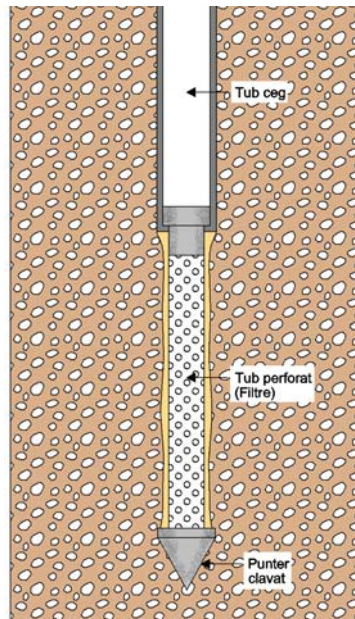


Figura 4. Pou d'hinca o clavat.

2.3. Pou perforat

Són pous executats amb sistema de percussió amb cable, rotopercussió amb martell pneumàtic de fons, o rotació amb circulació de llots.

Depenent del material geològic poden presentar dues modalitats constructives:

- [1] En materials no consolidats (al·luvials, detrítics): tenen instal·lada una canonada de revestiment al llarg de tot el perfil amb elements filtrants (filtre) a l'alçada del o dels nivells més permeables (**Figura 5**).
- [2] En terrenys amb capacitat autoportant (roca consolidada), els pous estan entubats només en el seu tram superior, on travessa materials no consolidats. En la part inferior de la captació, el terreny consisteix en roca consolidada amb fractures. En aqüífers calcaris, poden desenvolupar-s'hi grans cavitats produïdes per la dissolució del carbonat durant la circulació de l'aigua (karst). Quan els nivells més permeables es donen en aquests terrenys consolidats, és comú no col·locar-hi canonada de revestiment ni filtre (**Figura 6**).

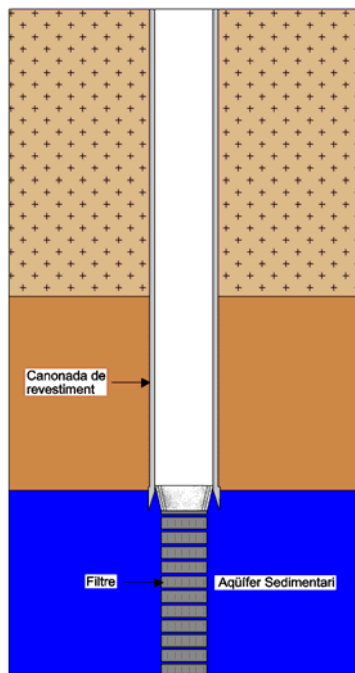


Figura 5. Pou perforat amb canonada completa.

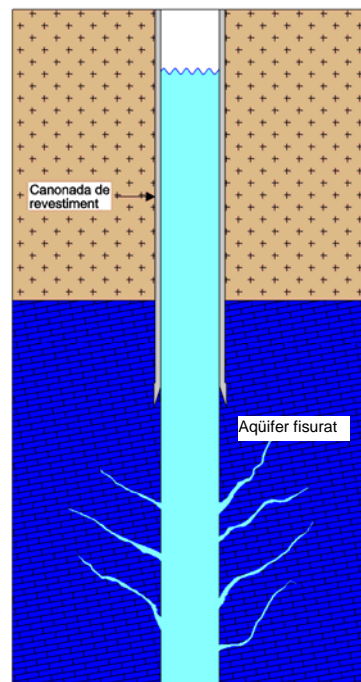


Figura 6. Pou perforat amb canonada parcial.

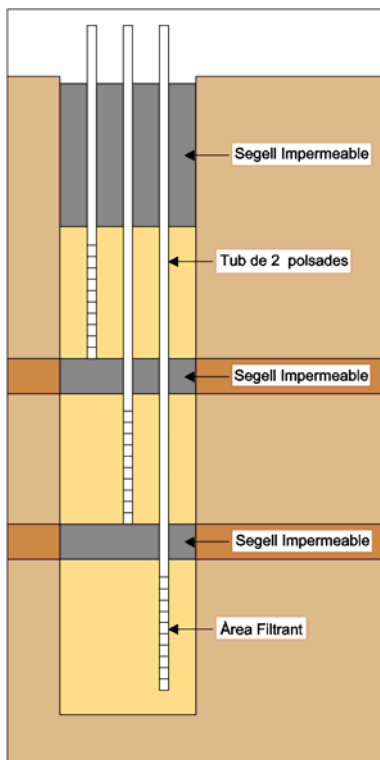


Figura 7. Piezòmetres multitub.

2.4. Piezòmetres o sondeigs de control

Aquesta categoria inclou totes aquelles perforacions que no es realitzen per a l'explotació d'aigua subterrània sinó per a l'estudi de les característiques i comportament hidràulic i hidroquímic dels aquífers. Són perforacions de petit diàmetre, amb un sol tub (mesurant un sol nivell) o multitub (quan s'estudien diferents nivells, veure **Figura 7**). Tot i ser construïts per diferents mètodes, sempre estan encamisats amb canonada.

3. MATERIALS DE SEGELLAMENT

És necessari que els materials que s'utilitzen per a segellar un pou compleixin certes condicions bàsiques:

- Tenir baixa permeabilitat per impedir el flux d'aigua, si més no entre els trams o aquífers que es vol protegir
- Poder ser col·locats no només dins de la canonada sinó també a l'espai anular
- Ser químicament inerts en contacte amb l'aigua subterrània o amb les formacions geològiques travessades
- Ser de fàcil preparació i col·locació en el pou, ja que sovint s'ha d'utilitzar una canodada de petit diàmetre (1") per injectar-los-hi
- Tenir un cost raonable
- No presentar risc per a la salut dels operadors ni exigir mesures complexes durant la seva manipulació

No és imprescindible l'ús d'un únic tipus de material per al segellat del pou. És usual aplicar-los en forma combinada: els més específics seran aplicats en els trams on hi hagi requeriments especials de resistència, penetració o estanqueïtat, mentre que els més accessibles podran utilitzar-se a la resta de trams.

Sorra, grava, pedra partida, argila nativa, bentonita sòdica comercial i emulsió de ciment pur són els materials més comuns per a un segellament efectiu de pous.

3.1. Agregats o àrids

S'anomena "agregats" a aquells materials sòlids que serveixen per eliminar els riscos físics provocats pels espais oberts en la perforació, però no impedeixen el flux d'aigua a través de l'anular del pou. Consisteixen en sorra, pedra partida o materials similars que són emprats per reomplir el pou en els trams on no hi ha requeriments especials.

Quan el volum requerit per reomplir i segellar el pou és molt gran (pous de gran diàmetre, formacions kàrstiques o de conglomerats amb cavitats), la utilització exclusivament de barreges segellants de ciment o bentonita pot resultar econòmicament inviable. En aquests casos, és acceptable utilitzar els materials específics per aïllar els trams d'interès

i reomplir la resta de la perforació, on no és imprescindible un segellat impermeable, amb agregats o àrids.

Els agregats han de ser nets, sense contaminants i d'una mida apropiada per minimitzar embussos o formació de ponts durant la seva col·locació. Generalment aquests materials no són col·locats en pous petits de fins a 2" (polsades) de diàmetre. El diàmetre nominal de partícula dels agregats no ha de ser major de la quarta part ($\frac{1}{4}$) del mínim diàmetre del pou pel qual han de passar durant la seva col·locació.

Com usualment els agregats són abocats des de la superfície del pou, s'ha de tenir cura durant aquesta operació (**Figura 8**) per tal de prevenir la formació d'embussos o ponts dins del pou. Això exigeix verificar el progrés de l'operació amb mesuraments freqüents de profunditat.

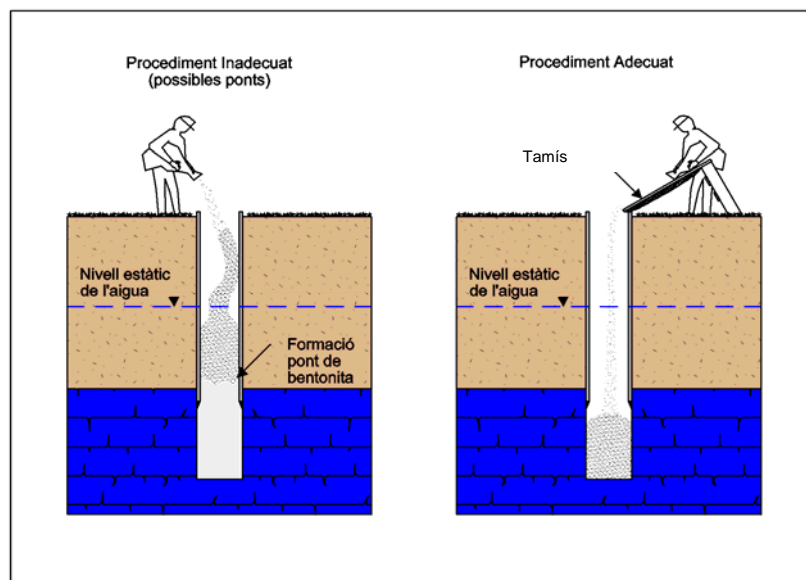


Figura 8. Forma adequada de col·locació dels segells.

Podran també utilitzar-se els materials disponibles a la zona, sempre i quan es tracti de materials lliures de contaminants i siguin químicament inerts quan entrin en contacte amb l'aigua subterrània, amb el material que col·locarem posteriorment per impermeabilitzar o amb el material geològic present en el lloc.

3.2. Materials de segellament

Els materials segellants consisteixen generalment en una pasta a base de ciment Pòrtland, argila “bentonita”, o una combinació d'aquestes substàncies. Alguns additius poden ser usats generalment per augmentar o disminuir propietats específiques com la viscositat, temps d'adormiment, encongiment o retracció, i la duresa.

Els segellants són usats en el segellament de pous per generar una barrera de protecció per a l'aigua, atès que impedeixen la migració de l'aigua pel propi pou, en l'espai anular, o en les fractures i obertures adjacents al forat del pou. Les barreges segellants han de ser formulades per minimitzar-ne l'encongiment i assegurar-ne la compatibilitat amb les característiques químiques de l'aigua.

Per col·locar la pasta segellant en el pou, generalment s'hi utilitza una bomba de cimentació i una canonada auxiliar. Aquest mètode provoca el desplaçament positiu de l'aigua en el pou, i minimitza la dilució o separació de la pasta cimentant.

Cal esperar un temps d'enduriment suficient del segell abans d'afegir “agregats” a sobre. A tall d'exemple, el temps d'enduriment de la pasta usant ciment tipus 1 (ASTM) és generalment de 24 - 48 hores i 12 hores per a ciment tipus 3.

3.2.1. Ciment

El ciment és un aglomerant hidràulic obtingut per cocció i posterior mólta, d'una barreja de pedra calcària i argila, en proporcions de 3 a 1.

Quan el ciment es mescla amb aigua se succeeixen diverses reaccions químiques que duen a l'adormiment final o fraguat. Durant aquest procés s'allibera calor, situació que ha de ser considerada com a possible afecció a la interfase morter/formació geològica, així com també a la canonada de la perforació. En particular, la canonada de PVC (quan no se n'ha retirat prèviament) se sol veure afectada per aquest calor d'adormiment, cosa que porta a una pèrdua d'adhesió entre la canonada i el segell de ciment.

El comportament del ciment depèn de la qualitat de l'aigua de preparació i de la del pou. Si bé no hi ha consens quan a les limitacions a la presència d'alguns compostos d'aparició freqüent a l'aigua (clorurs, sulfats, matèria orgànica, CO₂), sí que està documentat l'efecte negatiu de greixos, olis, sucres i àcids en l'efectivitat del ciment.

És per aquest motiu que cal tenir especial cura en la qualitat de l'aigua amb la qual es prepara el ciment, així com també la de l'aigua del pou amb la qual entrarà en contacte.

És preferible que s'utilitzi un aigua amb un baix contingut en sals (menor a 200 mg/L de sals dissoltes totals). En certs casos pot ser recomanable utilitzar additius per compensar els problemes ocasionats al ciment per la qualitat de l'aigua.

A nivell internacional, els requeriments especificats en la norma ASTM C150 "Standard Specifications for Portland Cement", o la norma API 10B, reflecteixen les característiques que ha de tenir el ciment per a les mescles segellants. A Espanya, podran tenir-se en compte aquestes normes o les seves correlatives amb les normes AENOR.

Hi ha diverses consideracions a tenir en compte:

- Una forma molt utilitzada de segell és l'**emulsió de ciment pur**, especial per: segellar obertures petites, penetrar l'espai anular buit per fora de la canonada, i omplir espais en la roca circumdant.

És particularment recomanable per al segellat de pous en els quals el basament de roca consolidada apareix a poca profunditat (fins 8-10 m) ja que forma un segell molt dur i difícilment soluble a les taxes de circulació d'aigua en roca fracturada. Quan s'aplica sota pressió, l'emulsió o pasta de ciment és adequada per a segellar pous artesianos o aquells que penetren més d'un aquífer.

Té però alguns desavantatges com l'encongiment després de l'enduriment i la possible formació de microseparacions en el contacte amb la canonada. Quan es prepara amb proporcions majors d'aigua, disminueix la resistència a la compressió i augmenta la retracció. Per això, si bé una fluïdesa més alta del preparat té l'avantatge d'una major facilitat d'injecció, no és recomanable utilitzar més de 20 litres d'aigua per bossa de 50 kg de ciment.

La pasta de ciment és en general preferida respecte al formigó perquè evita el problema de la separació entre els agregats i el ciment.

- L'**emulsió de formigó** consisteix en la barreja de ciment, sorra i aigua (27 litres d'aigua per cada bossa de ciment Portland de 50 kg i un volum igual de sorra).

L'agregat de sorra produeix un menor encongiment o retracció i una major adherència a l'encamisat i a la paret del pou. Així mateix la presència de la sorra afavoreix al taponament dels espais intergranulars de formacions permeables.

Aquestes emulsions generalment són utilitzades com a reompliment de la part superior del pou per sobre de la zona amb aigua per a connectar seccions curtes de la canonada, o per a l'ompliment de pous de gran diàmetre. També són especialment recomanables per al segellat de pous surgents o pous d'aigua amb zones cavernoses.

El morter únicament pot ser abocant al pou si no hi ha columna d'aigua; en cas contrari ha d'injectar-se des del fons cap a amunt mitjançant canonada (la qual no convé que sigui de material plàstic ja que aquesta podria degradar-se degut a la temperatura d'hidratació).

Les bombes de llot estan especialment dissenyades per a suportar el pas de sorra, encara que els agregats de partícules molt grans poden danyar-les.

Les emulsions de formigó, creen un segellat més fort que el ciment pur, però no penetren tan bé en las fissures, esquerdes i intersticis, i no haurien de ser col·locades sota el nivell de l'aigua, llevat que s'hi empri una bomba de llots i canonada auxiliar per injectar-la.

- L'ús d'**additius** o catalitzadors de l'adormiment és acceptable però han de seleccionar-se amb cura per evitar incompatibilitats. Per exemple, si s'utilitza ciment conjuntament amb bentonita, l'ús del clorur de calci com a additiu produeix una substitució del sodi de la bentonita sòdica pel calci de l'additiu.

La bentonita pot ser utilitzada com a retardador d'adormiment del ciment, encara que no és l'habitual en la clausura de pous (excepte que es tracti de pous profunds). En el cas d'emulsió de ciment pur, pot usar-se bentonita com additiu per mantenir les partícules de ciment en suspensió, reduir la retracció i millorar la fluïdesa; però cal tenir present que la quantitat de bentonita ha de ser menor al 5%. Es recomanable barrejar primer la bentonita amb l'aigua i després agregar el ciment.

Quant als additius per a las mescles amb el ciment Pòrtland, es recomanen les especificacions internacionals de la norma ASTM C494 "Standard Specifications from Chemical Admixtures for Concrete" o la API RP 10B. A Espanya podran tenir-se en compte aquestes o les seves correlatives amb les normes AENOR.

3.2.2. Bentonita

La bentonita es una argila montmorillonítica que augmenta de volum (fins a 10 cops) en contacte amb aigua, i roman en suspensió durant períodes de temps prou llargs. Produeix doncs una una suspensió de baixa densitat i alta viscositat.

La pasta de bentonita té alguns avantatges en comparació amb la pasta de ciment: es produeix un assecat més ràpid i té una millor adherència tant al sòl com a la canonada. No obstant, no ha de ser utilitzada per segellar els dos metres superficials del pou, perquè s'eixugaria i encongiria. La retracció no té, com en el cas del ciment, l'efecte de separar-la de la canonada, sinó el de produir microfisures en el segellat que el fan impermeable.

Per al segellat de pous es recomana la utilització de bentonita rica en sodi; no tant les càlciques, atès que el calci redueix la capacitat de dilatació. Per aquest motiu no és recomanable barrejar bentonita amb ciment quan el problema que hem d'enfrontar és l'enconyiment d'aquest (es produeix un intercanvi iònic del Ca (calci) del ciment pel Na (sodi) de la bentonita).

La bentonita es caracteritza per tres paràmetres fisicoquímics:

- La densitat: depèn de la quantitat de sòlid present en la suspensió. Determina quanta pressió exerceix sobre la formació geològica i, per tant, la qualitat del segellat.
- La viscositat, o resistència a fluir: depèn de la densitat, de la grandària i la forma de les partícules, i de la interacció de les càrregues elèctriques entre elles. La viscositat es pot mesurar amb un embut Marsh (**Figura 9**). Se'n recomana un viscositat de 70 segons per al segellament de pous.
- La tixotropia (força de l'estructura interna o capacitat de formar gels) mostra l'aptitud de la barreja bentonita-aigua de comportar-se de forma plàstica.



Figura 9. Embut Marsh

Cal tenir en compte la qualitat química de l'aigua del pou a clausurar, tant com la de prehidratació, ja que aquesta pot alterar la qualitat del segellat en entrar en contacte amb la bentonita. Això es deu a la modificació de la viscositat o de la capacitat d'hidratació així com de la impermeabilitat de la bentonita. És per això que és fonamental atendre a les especificacions que els fabricants estipulen, en cada cas, en referència als valors màxims de tolerància als diferents paràmetres.

La bentonita es presenta en dues formes:

- **Bentonita en pols o fracturada.** La barreja de bentonita en pols amb aigua en una proporció de 15% a 20% en pes resulta fàcilment manejable i genera un segellat adequat.

Convé realitzar la barreja amb formigonera quan és en pols, per a la seva millor emulsió, així com la col·locació en el pou mitjançant injecció per canonada i bomba de llots des del fons cap a la superfície, acabant en les proximitats de la boca del pou amb un tap de ciment o bentonita pelletejada.

La bentonita fracturada té una menor relació àrea/massa que la bentonita en pols, per això presenta una hidratació més lenta i una menor dilatació. Això pot ser útil a l'hora de ser bombada cap al fons del pou. El seu barrejat ha de ser suau, utilitzant pales. La preparació de la barreja s'ha de realitzar en un rang de 220 a 300 litres d'aigua per cada 40 kg de bentonita. La màxima viscositat de la pasta de bentonita que pot ser bombada és la formada per la barreja de 300 litres d'aigua cada 40 quilograms de bentonita. Aquest màxim de concentració pot produir un encongiment de fins a un 25 %. No es dona encongiment en barreges de 220 litres d'aigua cada 40 quilograms de bentonita.

- **Pellets de bentonita.** Quan és en forma de gra o "pellet" o "xip", pot ser abocada directament sense agregat d'aigua des de la boca del pou, no és necessari injectar-la des del fons.

Cal però vigilar que no es formin ponts al llarg de la columna, tot respectant les velocitats d'abocament recomanades pel fabricant i introduint periòdicament una eina que trenqui els possibles ponts que s'hagin format.

Bloc II – METODOLOGIES DE SEGELLAMENT

4. TASQUES PRÈVIES AL CONDICIONAMENT DEFINITIU

Prèviament a començar amb el segellat del pou, resulta necessari dur a terme una sèrie de tasques, les quals contribueixen a facilitar l'operació de clausura i asseguruen la seva efectivitat:

4.1. Caracterització del pou

Prèviament a la determinació del procés de clausura d'un pou, és molt important corroborar la informació respecte a les característiques del pou; tant les originals al moment de la seva construcció (si estan disponibles), com les actuals al moment de procedir a la seva clausura.

Una clausura efectiva del pou depèn del coneixement sobre les característiques constructives del pou, la geologia i la hidrogeologia del lloc. La importància d'una adequada i completa caracterització augmenta amb una major complexitat de construcció del pou, el lloc geològic i els riscos de contaminació de l'aquífer.

Les característiques a definir són la profunditat de l'aigua, el diàmetre, tipus i profunditat de l'encamisat, i la informació derivada de la perforació. Interessa conèixer si va existir algun inconvenient rellevant durant la seva construcció. Cal intentar recaptar tota aquella informació que pugui resultar rellevant per a la tasca de clausura del pou.

4.2. Retirada d'elements aliens

Abans d'iniciar les tasques de clausura o segellament del pou, cal retirar qualsevol objecte estrany i dispositius de l'interior (bombes, canonades, materials auxiliars), de forma que l'èxit de l'actuació no es vegi compromès.

4.3. Desinfecció

Després del buidat pou, aquest haurà de ser desinfectat prèviament al començament de les tasques de segellat.

Per això s'haurà d'utilitzar un desinfectant adequat, com pot ser una solució d'hipoclorit de calci contenint de 65-75% de clor. No s'han d'utilitzar solucions d'hipoclorit de calci que continguin fungicides o alguicides. Tampoc convé utilitzar un lleixiu d'ús domèstic, ja que és massa feble per a arribar al nivell de desinfecció buscat.

Caldrà tenir la precaució de desinfectar totes les eines o equips que siguin introduïts en el pou durant les operacions.

La quantitat de desinfectant a utilitzar dependrà del volum d'aigua en el pou, procurant arribar a una concentració de 100 mg. de clor per litre d'aigua.

5. OPERACIONS DE CLAUSURA O SEGELLAMENT

5.1. Clausura temporal d'un pou

En el cas que es desitgi clausurar temporalment un pou, pot precintat-se la boca amb una tapa de ferro amb cadenat. Aquest cas és viable sempre que no es presentin els següents casos:

- Existeixi risc d'infiltració (contaminació superficial) per l'espai anular del pou.
- Es tracti d'un pou multifiltre, que comuniqui aqüífers amb diferents pressions i tipus d'aigua.
- Sigui necessari fer una restitució del medi.

A més, es realitzaran treballs addicionals en els següents casos:

- Quan hi hagi bomba, s'haurà de posar un comptador i es precintarà el pou
- Quan el pou estigui en una zona inundable, es continuarà la canonada de la boca del pou per sobre de la cota d'inundació

5.2. Operacions mínimes de clausura

En aquells casos en que la perforació exploti **un aqüífer de poca entitat**, en el qual no hi ha risc de que a través del pou es *comuniquin diferents estrats permeables*, l'Agència podrà decidir que se'n realitzi unes operacions mínimes de segellat. L'objectiu principal serà doncs evitar la contaminació a través del brocal per mitjà d'operacions de sanejament el pou i de col·locació d'una llosa o arqueta (dau) que segelli el brocal. És una situació habitual en el cas de petits al·luvials, de 8 o 10 m de potència, on no hi ha risc de contaminació vertical sinó que cal actuar per tal d'eliminar el perill físic de caigudes i de garantir la no explotació del pou, sense inutilitzar-lo de forma definitiva.

En aquests casos és possible procedir de la següent manera:

- Retirar els elements de l'interior del pou, tals com bombes, canonades, cables o altres elements que poguessin deteriorar-se dintre del pou. Desinfectar l'espai amb una solució d'hipoclorit.

- Verificar que l'encamisat del pou no presenti deterioració o ruptures en la part superficial. En cas de detectar-s'hi danys, es procedirà a reparar-la o segellar-la de la forma més adequada amb els elements disponibles.
- Col·locar el tap (xapa, llosa, arqueta o pericó, dau) a la boca del pou
 - Per a pous perforats (apartat 2.3.) pot ser factible soldar o enroscar una tapa del diàmetre de la canonada del mateix material o compatible amb aquesta. Posteriorment, es pot cobrir la part de la canonada sobre la superfície amb un dau de morter (sorra i ciment), per a la seva millor protecció.
 - Per a pous oberts (apartat 2.1.), generalment de gran diàmetre, és possible col·locar una llosa (formigó armat, d'almenys 10 cm de gruix) a la boca del pou. Aquesta tapa ha d'estar adequadament calçada sobre el pou i convenientment segellada per evitar esquerdes que puguin generar filtracions no desitjades cap al pou.
- Procurar que el terreny circumdant immediat al pou presenti pendent des de el pou cap a fora. Si no és així, s'ha de corregir el perfil del terreny.
- Netejar i protegir l'entorn immediat al pou, i senyalar-lo en forma adequada perquè sigui visible la seva ubicació.

5.3. Operacions recomanades per al segellament d'un pou

Quan sigui possible, des del punt de vista de la seguretat i la protecció ambiental resulta molt més adequat **realitzar la seqüència completa per al segellament total del pou**, que és descrita en aquest apartat.

5.3.1. Extracció total o parcial de canonada de revestiment

L'extracció completa de la canonada del pou permet un millor segellat de les formacions travessades i de l'aïllament i idoneïtat de l'actuació a l'espai anular.

No obstant això hi ha certes circumstàncies en les quals no seria una pràctica possible:

[1] Si hi ha risc d'ensorrament del pou abans d'omplir-lo amb el material segellant

[2] Si és probable la ruptura de la canonada i no se'n podria fer l'extracció completa. En el cas d'encamisats de PVC, atesa l'alta probabilitat de trencament a la tracció, és preferible destruir-los mitjançant la reperforació del pou.

En els casos en que no es pugui retirar la canonada es deurà realitzar el tall i obertura de la canonada de revestiment (camisa), tal com s'explica a continuació.

5.3.2. Tall i obertura de la canonada

En els casos en què no se'n retira la canonada, és recomanable en primer lloc dur a terme les següents operacions:

- raspallar la canonada per l'interior
- bombar el pou per tal d'extreure'n l'aigua bruta
- opcionalment, fer-ne una inspecció amb una càmera submergible de vídeo per detectar si la canonada està deteriorada en algun tram i permet l'entrada i sortida d'aigües potencialment contaminants, o si pel contrari n'assegura l'estanqueïtat necessària

El "tall i obertura de la canonada" consisteix en la realització de talls o perforacions longitudinals, (aproximadament 10 cm oberts cada 40 cm. de canonada) al llarg de la canonada a efectes de permetre l'accés apropiat del material segellant a l'espai anular del pou. Aquesta maniobra requereix l'ús d'un equip adequat que no sempre pot estar disponible; el responsable del segellat haurà d'avaluar en cada cas la necessitat i les possibilitats de dur-la a terme.

A més dels talls al llarg de la canonada, és imprescindible realitzar l'extracció del tram superior de canonada per poder fer un tap sanitari al menys en els 2 m superiors del pou.

5.3.3. Col·locació del material segellant dins del forat del pou

Quan es realitza un segellat amb material cimentant, la barreja ha de ser injectada a pressió per assegurar l'ompliment de la perforació i també la penetració del terreny circumdant, al menys una polsada a partir del diàmetre exterior del mateix forat.

La injecció ha de fer-se amb canonada auxiliar des del fons cap amunt, de manera contínua, sense interrupcions, per tal d'evitar la formació de ponts i la dilució de la barreja, especialment quan s'està injectant per sota del nivell estàtic d'aigua al pou (**Figura 10, Alternativa 1**).

La barreja de la sorra o l'argila amb el ciment ha de ser prèvia a la seva col·locació, sense deixar-la reposar massa temps per evitar-ne un enduriment anticipat en superfície.

Quan s'usi bentonita en xips o pellets, aquesta haurà de ser abocada lentament (**Figura 8**) i detenir l'operació cada 20 kg d'argila per amidar el fons i verificar que no s'hi hagi generat ponts. En aquest cas serà inevitable introduir alguna eina de pes que els trenqui.

Quan s'estigui omplint amb bentonita en “pellets” o “xips” per sobre del nivell estàtic de l'aigua, es tindrà cura d'abocar aigua almenys cada 1,5 metres d'ascens del nivell del farciment per facilitar l'expansió de la bentonita de forma adient.

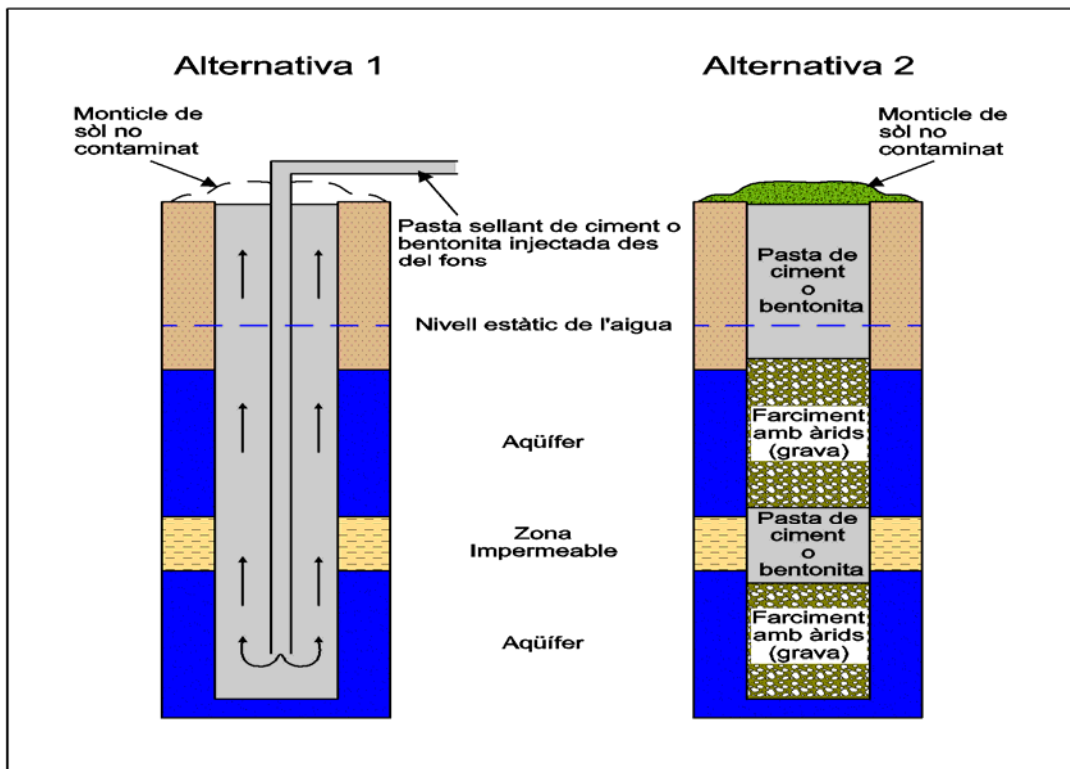


Figura 10. Segellat amb extracció completa de la canonada.

5.3.4. Ompliment amb “agregats”

L'ompliment amb materials sòlids inerts és recomanable per a assolir una reconstitució del terreny que permeti la mimetització del pou abandonat amb les condicions geològiques originals del terreny. Només és recomanable en pous amb diàmetres majors a 2” i la grandària de les partícules no pot ser superior a ¼ del diàmetre del pou.

S'hi ha d'usar material no contaminat i que geoquímicament inert en contacte amb l'aigua subterrània o amb els materials geològics presents.

Cal tenir especial cura, mentre es realitza la maniobra, que no es produeixin ponts que poden reduir l'efectivitat de l'ompliment.

Quan es tracti de pous molt profunds o de diàmetre molt gran, el volum de farciment necessari pot ser excessiu. En aquests casos és acceptable l'ompliment per trams (**Figura 10, Alternativa 2**), col·locant segell pont d'argila-ciment (emulant packers) en les alçades del perfil més sensibles a l'entrada o moviment de contaminant.

5.3.5. Segell 'pont'

Els segells 'pont' són obturadors (*packers*, en anglès) expandibles pneumàtics o mecànics, generalment fets d'un material expandible, com ara alumini, fusta, goma o neoprè, que permeten doncs col·locar un tap a una alçada preseleccionada amb la finalitat d'aïllar trams del pou. Possibiliten per exemple l'addició de materials "agregats" a sobre.

Un segell 'pont' pot ser usat per aïllar zones fracturades, cavernoses o per aïllar dues zones productores en el pou (**Figura 10, Alternativa 2**), a més d'oferir la integritat estructural necessària per suportar materials per damunt (i per tant, protegir als agregats o segellants subjacents, de forces de compressió excessives).

5.3.6. Segellat superficial de la perforació

El segellat correcte d'una perforació sempre inclou la col·locació d'un tap de formigó a la boca del pou (**Figura 12**) a efectes d'evitar-hi l'entrada de qualsevol contaminant des de la superfície.

Això implica l'extracció de la canonada de revestiment i/o canonada de boca que tinguis la perforació (en el cas de que aquesta no s'hagués retirat completament) al menys en els 2 metres inicials de la perforació.

Posteriorment, s'ha de procedir a la reobertura del forat en al menys 50 centímetres més del diàmetre inicial i fins la mateixa profunditat de 2 metres.

Finalment, en aquest espai reobert, és on s'ha de col·locar el tap de formigó, amb cura que sobresurti respecte a la superfície del terreny per tal de prevenir l'acumulació d'aigua i minimitzar-ne la infiltració cap al pou.

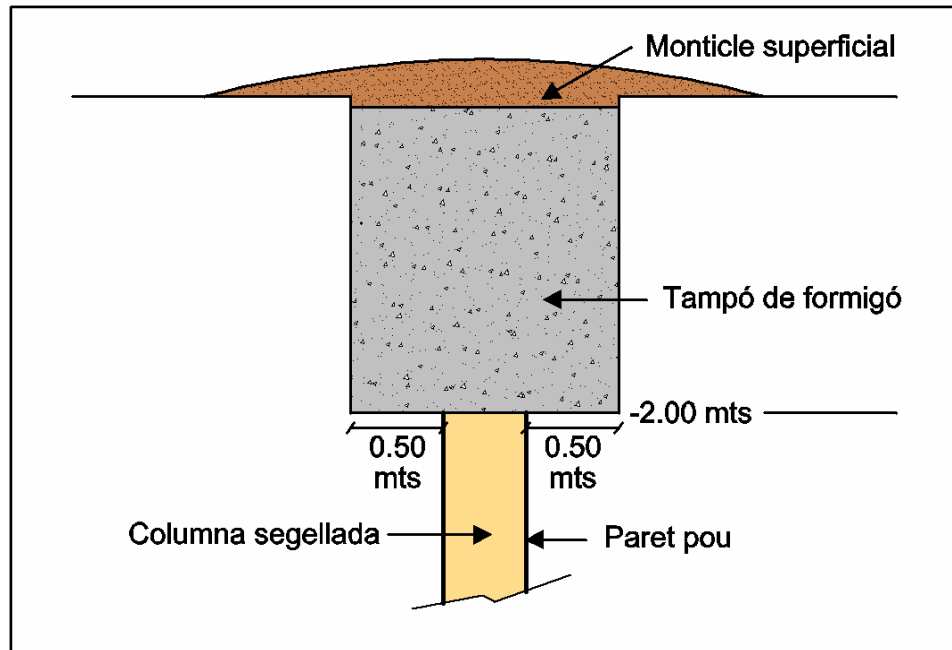


Figura 11. Tampó superficial.

6. METODOLOGIES DE SEGELLAT PER TIPOLOGIA DE POUS

6.1. Segellament d'un pou obert

Els pous de brocal han de reomplir-se amb material inert (aquell que no reacciona ni amb el terreny ni amb l'aigua) i que no estigui contaminat. El reompliment es col·locarà des del fons fins a 1 m per sota del nivell estàtic. A sobre, s'hi posarà un segell de bentonita, fins a 0,5 m per damunt del nivell estàtic màxim, tot generant d'aquesta manera un segell 'pont' que pugui cobrir les oscil·lacions del nivell de l'aigua.

Per sobre d'aquest segell es pot reomplir amb àrids inerts fins a 1 metres per sota del nivell del terreny (**Figura 12**).

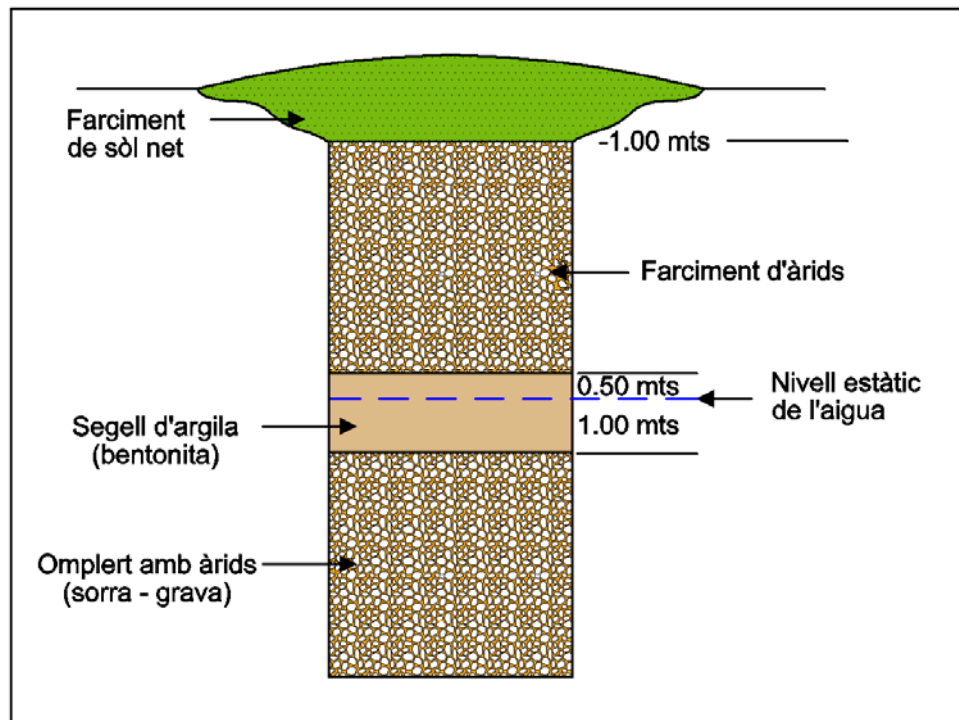


Figura12. Segellat de brocal.

Caldrà retirar el darrer metre de revestiment del pou, el qual es completarà després amb un altre tap impermeable (d'argila-ciment) que sobresurti per damunt del terreny i tingui forma còncaua, de manera tal que hi impedeixi l'acumulació d'aigua.

La superfície es cobrirà amb sòl orgànic o un altre material que serveixi a restaura completament el terreny.

*Per a pous oberts, **aquesta metodologia és la més recomanable** ja que assegura les condicions de protecció del brocal.*

*En **casos particulars** en què aquesta operació no sigui factible o convenient, podrà procedir-se com si es tractés d'una clausura temporal del brocal, mitjançant la neteja i obturació de la boca amb llosa de formigó de 15 cm d'alçada i un radi almenys 50 cm superior al radi de la boca del pou.*

6.2. Segellament d'un pou d'hinca o clavat

Si es tracta de pous inferiors a 10 m de profunditat, se n'ha de treure la canonada i omplir el forat amb pasta de bentonita i ciment. Si són més profunds, o amb diàmetres superiors a dues polsades (2"), o es pot extreure la camisa, hauran de ser clausurats mitjançant la injecció amb bomba d'una pasta de bentonita-ciment des del fons.

Si no és possible la retirada completa de la canonada del pou, caldrà al menys treure'n el metre superior per segellar la part superficial amb formigó.

6.3. Pou en terrenys no consolidats

Si és possible retirar completament la canonada, s'hi adoptarà la seqüència següent:

- trencar la tapa inferior de la canonada
- preparar una pasta de ciment en quantitat suficient per completar el volum del pou (el qual s'haurà estimat prèviament)
- començar a retirar la canonada alçant-la lentament, simultàniament amb la injecció de la pasta de ciment des del fons del pou mitjançant una canonada auxiliar, i tenint la precaució de que sempre el nivell del ciment es mantingui per dins de la camisa; fins arribar als 2 metres de profunditat
- construir el tampó superficial segons el que s'ha descrit a l'apartat 5.3.6.

En cas de no retirar-se la canonada, s'efectuarà el tall i l'obertura de la camisa; l'ompliment amb material cimentant i la construcció del tap superficial (apartat 5.3.2.).

En pous profunds en què hi hagi informació precisa i suficient de la profunditat i gruix de cada aqüífer travessat, és possible col·locar sorres o graves netes a cada zona aqüífera i instal·lar únicament material segellant impermeable (bentonita-ciment) entre els aqüífers,

amb cura que cada segell sobrepassi en ambdós extrems al menys 0,5 metres (**Figura 10, Alternativa 2**) els límits de cada nivell aquífer.

Atenció!

L'agregat excessivament ràpid de materials com sorra i grava o argila natives pot causar obstruccions o ponts i un segellament no adequat. Per tant, l'abocament no només haurà de ser lent, sinó que a més serà convenient controlar-lo amb mesures en el pou de l'evolució del reompliment i de verificació de no formació de ponts.

6.4. Segellament de pous en terrenys consolidats de fracturació lleu

S'ha de procedir a retirar la canonada del pou i després a injectar-hi el material cimentant, no essent necessari en aquest cas que ambdues operacions siguin simultànies. Si no és possible retirar la camisa, igualment es procedeix a la injecció del material cimentant, no essent necessària l'operació de tall i obertura de la canonada en tot el seu recorregut.

Sí que és necessari tallar i extreure els primers 2 metres de la canonada i la col·locació del tampó superficial.

6.5. Segellament de pous en terrenys molt fracturats o karstificats

En aquest cas, a més de les tasques inicials de medició de nivell estàtic de l'aigua i profunditat del pou, serà necessari verificar també a quina profunditat comença la cavitat càrstica o de gran fracturació, per tal d'adequar les operacions a fer dins del pou.

En aquesta tipologia de pou per les seves característiques geològiques i el tamany dels forats, sovint no resulta fàcil o possible encarar l'ompliment complet de la perforació. Però malgrat això hi ha dues possibles alternatives:

En aquests casos hi ha dues alternatives:

- ompliment de la cavitat amb clastos no contaminats, de gran tamany
- inserció d'un tampó o obturador ("packer"), tal com s'explica a l'apartat 5.3.5., just a sobre del començament de la fractura o el carst (**Figura 13**).

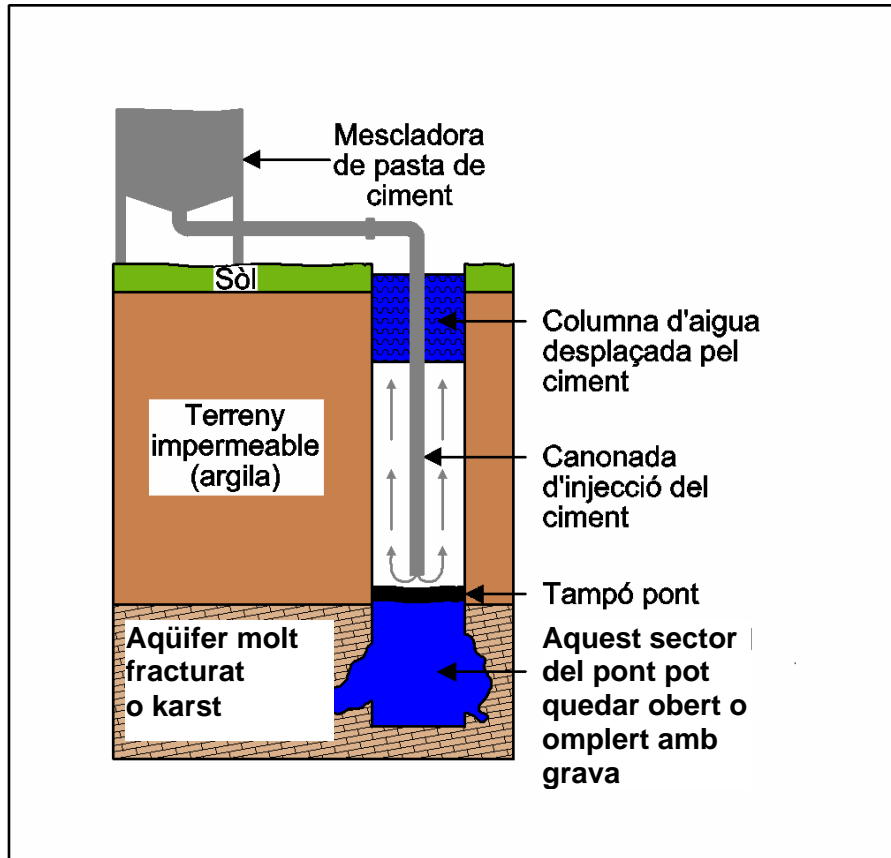


Figura 13. Segellat en terreny càrstic.

En ambdós casos, cal col·locar un tap de formigó per sobre d'almenys 1 m de gruix i omplir després el pou fins a 2 metres abans de la superfície amb una pasta de bentonita-ciment. Després, es retiren els 2 metres inicials de la canonada de revestiment del pou, i es completa aquest tram amb un adequat segellat de formigó fins a la boca de pou.

6.6. Pou surgent

L'actuació prèvia en un pou surgent és reduir la pressió de l'aigua i aturar el flux ascendent. Això pot aconseguir-se de dues formes:

- [1] posar clasts al fons (amb diàmetres de partícules menors a $\frac{1}{4}$ del diàmetre del pou) **(Figura 14, Alternativa 2)**
- [2] mitjançant un obturador o "packer" que s'ajusti al diàmetre del pou **(Figura 14, Alternativa 1)** i quedi a la major profunditat possible per damunt de la zona d'aportació d'aigua, per tal d'interrompre o disminuir el cabal de surgència.

Si malgrat tot no s'aconsegueix d'aquesta manera reduir suficientment la pressió, serà necessari extreure parcialment la canonada de revestiment per sobre de la superfície del terreny a efectes que el nivell estàtic quedi dins de la canonada, i així poder procedir al seu segellat (**Figura 14, Alternativa 3**).

Un cop continguda la surgència d'aigua, es procedirà al segellat del pou, d'acord amb l'exposat precedentment en funció de la tipologia. Les mescules segellants s'han de preparar amb el mínim d'aigua possible per evitar la dilució abans de l'adormiment i es col·locaran de forma immediata a la seva preparació en una maniobra continua sense interrupcions.

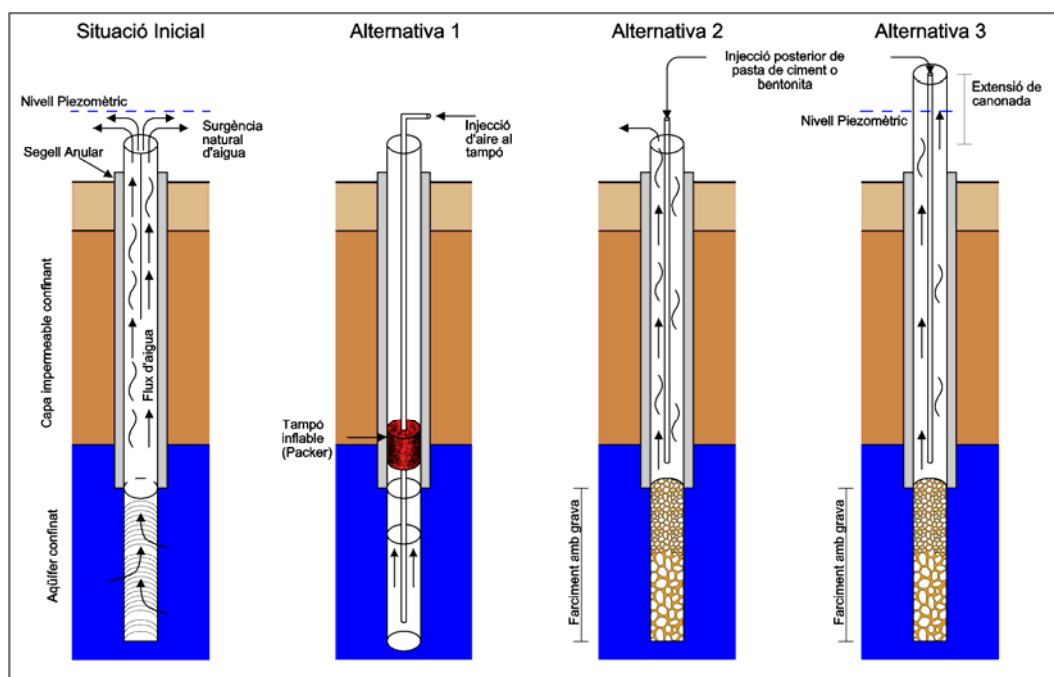


Figura 14. Alternatives per a reduir el cabal de surgència per a col·locar segellants

6.7. Pou de característiques desconegudes

En aquests casos no s'ha de retirar la canonada de revestiment. Es procedirà a la desinfecció del pou, s'intentarà mesurar la seva profunditat i s'haurà de fer el segellat mitjançant injecció a pressió des del fons fins a 2 metres de la superfície, on es traurà aquest tram superior de la canonada i es construirà el tap superficial de la forma usual.

7. INFORME FINAL

Com a finalització de les tasques de segellat, en tots els casos **s'hauria d'elaborar un informe final de les tasques realitzades**, que contingui la informació rellevant tant per al propietari com per a l'Agència.

Aquest informe final ha de contenir la informació següent:

- [1] ubicació exacta del pou en un mapa de detall
- [2] dades recopilades sobre el pou
- [3] materials i mètodes utilitzats per a la seva clausura
- [4] procediments realitzats
- [5] fotografies del pou i el seu entorn immediat abans, durant i després de l'actuació

A tall d'exemple, es pot considerar la fitxa tipus que es troba a l'Annex III.

8. REFERÈNCIES

- Agricultura et Agroalimentaire Canada (ARAP-AAC) – 2007 - GESTION DES PUITES D'EAU. Fiche descriptive des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) dans le cadre du Programme de gérance. Manitoba, Canada.
- Agriculture and Development. Government of Alberta; Canada – 2008 - PLUGGING ABANDONED WELLS. Published documents.
- Alabama Department of Environmental Management, Water Division - 1988 - WATER WELL STANDARDS PROGRAM DIVISION 335-9.
- Alabama Department of Environmental Management (Ground Water Branch) – 1997 - GUIDELINES FOR WELL ABANDONMENT.
- Aller, Linda; et al (US EPA) - 1991 - HANDBOOK OF SUGGESTED PRACTICES FOR THE DESIGN AND INSTALLATION OF GROUND-WATER MONITORING WELLS.
- American Water Works Association - 2006 - ABANDONMENT OF TEST HOLES, PARTIALLY COMPLETED WELLS AND COMPLETED WELLS: AWWA Standard for Water Wells, ANSI-AWWA A100-06.
- American Society of Test and Materials (ASTM) – 1993 – STANDARD GUIDE FOR DECOMMISSIONING GROUND WATER WELLS, VADOSE ZONES MONITORING DEVICES, BOREHOLES, AND OTHER DEVICES FOR ENVIRONMENTAL ACTIVITIES.
- Arizona Department of Water Resources - 2002 - WELL ABANDONMENT HANDBOOK.
- California Groundwater Association – 2004 - DESTRUCTION OF WATER WELLS.
- Department of Mineral and Petroleum Resources, Government of Western Australia – 2002 - GUIDELINES FOR THE PROTECTION OF SURFACE AND GROUNDWATER RESOURCES DURING EXPLORATION DRILLING.
- Department of Primary Industry, Fisheries and Mines, Northern Territory Government, Australia - 2007 - Advisory Note: CAPPING AND PLUGGING OF EXPLORATION DRILLHOLES AND ABANDONMENT OF BORES.
- Department of Primary Industries - State of Victoria (Australia) - 2002 - GUIDELINES FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN EXPLORATION AND MINING, ABANDONMENT OF MINERAL DRILLHOLES.
- Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales – 2007 – L'EAU DE VOS PUITES, SOURCES ET FORAGES. Guide Pratique. Charente; France.
- Driscoll, F. G. - 1986 – GROUNDWATER AND WELLS.
- Foster, Stephen; Lawrence, Adrian; Morris, Brian – 2001 - LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DESARROLLO URBANO (Banco Mundial).
- Forsyth County Department of Public Health, Winston, Salem, North Carolina - 2005 - RULES GOVERNING CONSTRUCTION, REPAIR, ABANDONMENT AND OPERATION OF WELLS IN FORSYTH COUNTY, N.C.
- Fornés Azcoiti, Juan y Llamas Madurga, M. Ramón Fac. Ciencias Geológicas. Universidad Complutense Madrid - 1998 - CONFERENCIA N.4.2: VULNERABILIDAD Y PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS EN ESPAÑA: VISIÓN DESDE LA INVESTIGACIÓN - Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia 1998.

- Guillou, François (Eau & Rivières de Bretagne) - 2004 - LES EAUX SOUTERRAINES EN BRETAGNE, Colloque régionale, 20 novembre 2004. Bretagne; France. 2004. pp 21-63.
- Hairston, James; Stribbling, Leigh - 1995 - WATER SUPPLY WELLS, HOW TO SEAL AN ABANDONED WELL (Alabama Department of Environmental Management and the Tennessee Valley Authority).
- Hernández García, María Elvira; et al - 1998 - EL IMPACTO DE LOS PUSOS ABANDONADOS SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE MADRID - Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia 1998.
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et le Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées - 2003 - SONDAGE, FORAGE, Y COMPRIS LES ESSAIS DE POMPAGE, CRÉATION DE PUISIS OU D'OUVRAGE SOUTERRAIN, NON DESTINÉ À UN USAGE DOMESTIQUE, EXÉCUTÉ EN VUE DE LA RECHERCHE OU DE LA SURVEILLANCE D'EAUX SOUTERRAINES OU EN VUE D'EFFECTUER UN PRÉLÈVEMENT TEMPORAIRE OU PERMANENT DANS LES EAUX SOUTERRAINES, Y COMPRIS DANS LES NAPPES D'ACCOMPAGNEMENT DE COURS D'EAU". Déclaration, Arrêté ministériel. Code NOR : DEVE0320170A. Journal Officiel du 12 septembre 2003. France.
- Ministerio de Asuntos Hídricos de Santa Fe Dirección de Hidráulica de Entre Ríos REPUBLICA ARGENTINA Ministerio de Transporte y Obras Públicas Dirección Nacional de Hidrografía REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY - 2005 - "NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PUSOS PROFUNDOS" PROYECTO PROTECCIÓN AMBIENTAL Y MANEJO SOSTENIBLE DEL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ, PILOTO CONCORDIA – SALTO .
- National Groundwater and Contaminated Land Centre - Environment Agency (Northern Ireland UK) - 1998 - DECOMMISSIONING REDUNDANT BOREHOLES AND WELLS.
- New Brunswick , Canadá - 2005 - GUIDELINES FOR DECOMMISSIONING (ABANDONMENT) OF WATER WELLS.
- New York State Department of Health - Bureau of Water Supply Protection – 2006 - INDIVIDUAL WATER SUPPLY WELLS - FACT SHEET #4 - DECOMMISSIONING ABANDONED WELLS.
- Ohio Department of Natural Resources, Division of Water – 1992 -Fact Sheet: PROPERLY SEALED UNUSED WELLS.
- Olexa, Michael, et al - 1996 - MANUAL DE LOS REGLAMENTOS DEL AGUA EN FLORIDA: PUSOS DE AGUA -Universidad de Florida.
- Prefecture de L'yonne - 2007 - RECEPISSE DE DECLARATION CONCERNANT LA REALISATION D'UN FORAGE A. E.P Sur la COMMUNE DE MERE N°89-2007-00014. Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de l'Yonne. France.
- Provincia de La Pampa República Argentina - 2005 - DECRETO 458-05.
- Santo Carea, Dr. Ing. Marcel – 2007 - DISEÑO DE PLAN DE CIERRE Y REHABILITACIÓN DE ÁREAS UTILIZADAS COMO VERTEDEROS O RELLENOS SANITARIOS Pontificia Universidad Católica Valparaíso Chile.- VII CONGRESO INTERNACIONAL EN DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PERSPECTIVAS AMBIENTALES AGOSTO DE 2007 COLOMBIA.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - 2006 - NORMA OFICIAL MEXICANA NOM 150-SEMARNAT 106.

- Service Géologique Regional Lorraine. Programme BRGM/SGR-LOR/01EAU51. Service des forages de qualité en région Lorraine. – 2003 - PRÉSERVONS LA RESSOURCE EN EAU. DIREN- Lorraine; France.
- Scottish Environment Protection Agency - 2004 - DECOMMISSIONING REDUNDANT BOREHOLES AND WELLS.
- State Coordinating Committee on Ground Water, E.P.A. (USA) – 1996 - TECHNICAL GUIDANCE FOR SEALIN UNUSED WELLS.
- State of Oregon, Department of Environmental Quality - 1992 - GROUNDWATER MONITORING WELL DRILLING, CONSTRUCTION AND DECOMMISSING.
- State of Oregon Water Resources Department -2006 - WATER WELL CONSTRUCTION, MAINTENANCE, AND ABANDONMENT.
- State of Wisconsin - 2004 - Department of Transportation WELL CONSTRUCTION AND BOREHOLE ABANDONMENT - CONSTRUCTION AND MATERIALS MANUAL.
- The American Water Works Association - 1984 - AWWA STANDARDS FOR WATER WELLS.
- Tomlinson, C. A.; Commonwealth of Massachussets - Department of Environmental Protection – 1989/2008 - PRIVATE WELL GUIDELINES.
- Universidad Jaume I de Castellón. www.agua.uji.es. Recursos Hídricos. Lecciones. Lección 25 pp. 13-14.
- US Environmental Protection Agency - 1975 - MANUAL OF WATER WELL CONSTRUCTION PRACTIC.
- Zaporozec, A. et al (UNESCO - IHP-V) – 2002 – GROUNDWATER CONTAMINATION INVENTORY, A METHODOLOGICAL GUIDE.

ANNEXOS

Annex 1. QUADRES DE DECISIÓ

RECORDAR: *¿Com clausurar un pou?*

Tres (3) passos bàsics:

Pas 1.-

- S'ha de retirar del pou tot el material addicional, (ex. Bomba, canonades, taps, cables, vàlvules i qualsevol altre element que pugui estar obstruint l'espai interior del pou).
- Les empreses de perforació de pous, generalment tenen el coneixement i equipament adequat per a realitzar aquesta important tasca de forma adequada.
- Si la neteja del pou la fa el propietari, és convenient prendre totes les precaucions assessorant-se prèviament sobre les operacions que s'han de realitzar.

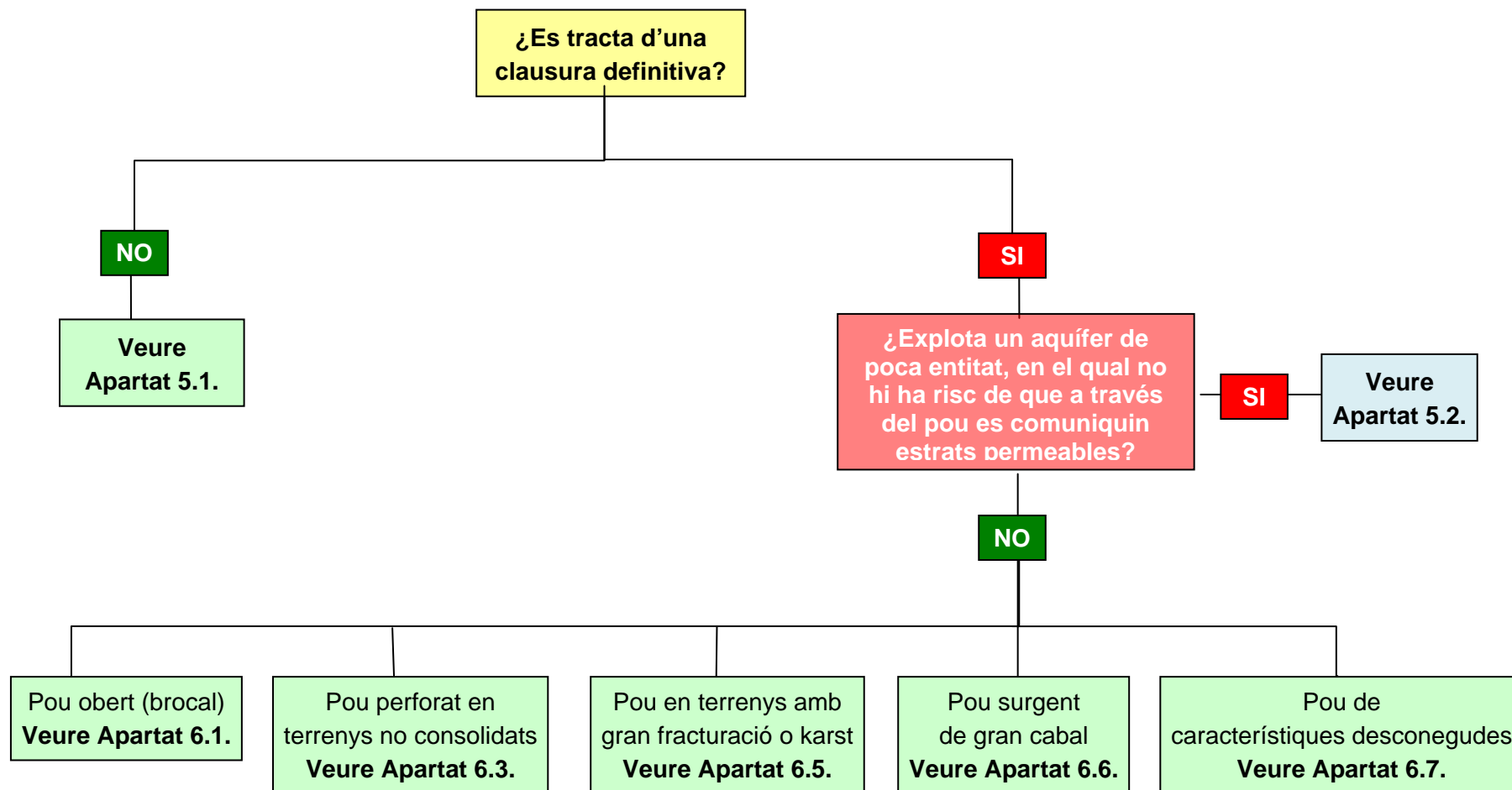
Pas 2.-

- Es necessari mesurar la profunditat i el diàmetre del pou per poder realitzar el càlcul de la quantitat de material segellant necessari per a la tasca.
- És important tenir en compte que diferents tipus de pous requereixen diferents tipus de material de segellat i diferents mètodes de taponament. Els elements continguts en la present guia poden ajudar en la decisió.

Pas 3.-

- Es procedeix al segellat del pou d'acord al mètode més convenient d'acord a les circumstàncies. (seguir els procediments detallats en aquesta guia).
- Cal enregistrar la informació obtinguda en les diferents etapes de segellament en un informe final, on consten les operacions i treballs de segellat realitzat en el pou; de forma tal, que aquestes dades puguin ser útils més endavant.

QUADRE RESUM DE PROCEDIMENTS PER A LA CLAUSURA DE POUS



Annex 2. ESPECIFICACIONS DE MATERIALS

Taula A2-1. Proporcions per al preparat de mezcles segellants (Modificat de Well Abandonment Handbook – Arizona Department of Water Resources).

MATERIAL		Proporció per a la mescla		PERMEABILITAT (cm/s)	MÈTODE APLICABLE	OBSERVACIONS
		SÒLIDS	AIGUA			
Mesclades de ciment, sorra, formigó o bentonita	Ciment pur o emulsió de ciment pur	50 Kg	De 22 a 27 litres	$10^{-5} - 10^{-7}$	Sempre	Ha de bombar-se amb canonada. No es pot usar si hi ha pH baix
	Formigó	Min. 400 Kg de ciment metre cúbic de formigó	No més de 30 litres cada 50 Kg de ciment			
	Morter sorra-ciment	1 part de ciment i 1 de sorra (vol)	No més de 23 litres	$2 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-8}$		
	Pasta ciment-bentonita	De 3% a 5% (pes) de bentonita	No més de 25 litres	$10^{-5} - 10^{-8}$	Si no hi ha flux verical entre aqüífers	
	Pasta sorra-bentonita	½ sorra i ½ bentonita	9 litres per kg de sorra			La sorra es vessa mentre la bentonita és bombada
	Ciment ressitent a l'àcid (amb cendra)	5 Kg de ciment per 40 de cendra	No més de 45 litres per cada 50 Kg de ciment			Especial per a aigües amb pH baix Segons la cendra es portarà a 2% a 6 de bentonita
Talls del propi pou						
Segell de bentonita	Bentonita amb als menys 15% de sòlids (en pes)	20 Kg	60 litres	$10^{-7} - 10^{-8}$	Tots	Si és bentonita granular agregar 20 g de polímer per cada kg de bentonita
	Bentonita amb als menys 25% de sòlids (en pes)	20 Kg	30 litres	$10^{-8} - 10^{-9}$		Si és bentonita granular agregar 20 g de polímer per cada kg de bentonita
	Bentonita pelletjada o en xips					Vessar a velocitats menors a 5 Kg/min. En zona vadosa prehidratar la bentonita

Taula A2-2. Resum de materials i metodologies.

		Agregats nets		Formigó	Pasta de ciment	Bentonita granular	Pasta de bentonita	Mètode de col·locació
		Grava / sorra	argila					
Terreny no consolidat	Pou brocal Diàmetre major a 24" i profunditat menor a 8 m	NO	NO	NO	SI	SI	NO	Pot ser vessat
	Pou clavat	NO	NO	NO	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada, els grans de bentonita abocats lentament. En pous de <8m si s'empra bentonita aquesta ha de ser piconada
	Pou perforat Diàmetre menor a 24" i profunditat major a 8 m	SI	NO	NO	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada, els grans de bentonita abocats lentament, a velocitat < a 8 Kg/min. Els àrids es col·locaran en zones productores.
	Pous surgents	NO	NO	SI	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada
Terreny consolidat	Pou perforat Diàmetre menor a 24" i profunditat major a 8 m	SI	NO	NO	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada, la grava o sorra abocada i la bentonita abocada lentament. Els àrids només es col·locaran en les zones productores
	Pous en terrenys molt fracturats o càrstics	SI	NO	SI	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada, la grava abocada i la bentonita abocada lentament.
	Pous surgents	NO	NO	SI	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada. Només es permeten àrids per a reduir la surgència
Terreny o construcció desconeguts		NO	NO	NO	SI	NO	SI	La pasta haurà de ser injectada.
Diàmetres majors a 24" i profunditats majors a 8 m		SI	NO	NO	SI	SI	SI	La pasta haurà de ser injectada, els grans de bentonita abocats lentament a velocitat < 8 Kg/min i compactats periòdicament. Els àrids només es col·locaran en les zones productores.

Taula A2-3. Comparatiu de propietats de les mescles segellants.

	AVANTATGES	DESAVANTATGES
PASTAS DE CIMENT	Permeabilitat adequada	Retracció i decantació
	Facilitat per a mesclar i bombejar	Adormiment lent
	Segellat suficientment dur	Massa densitat
		Calor d'hidratació
	Adequat per a la majoria dels terrenys	Modifica la qualitat de l'aigua
	Llarga durabilitat	Requereix molta neteja d'equips
	Adequable mitjançant additius	Inmovilitza permanentment la camisa
PASTAS DE BENTONITA	Permeabilitat adequada	Dificultat de bombeig per alta viscositat
	Sense retracció	Dificultat de mesclat
	No alliberen calor a l'hidratar-se	Passible de ser rentada en fractures
	Baixa densitat	Pot fallar en front a aigües contaminades
	No requereixen temps de adormiment	Dificultat de neteja d'equips
	La camisa pot ser estreta després	Experiència en camp limitada
		Preparació variable segons fabricant
		Disponibilitat limitada

Taula A2-4. Permeabilitats mitjanes de las pastes segellants (American Colloid Co, and N.L. Baroid/N.L. Industries, 1989).

Pasta de ciment pur (27 litres d'aigua per bossa de 50 kg)	10^{-7}
Pasta de bentonita (20% de bentonita)	10^{-8}
Bentonita pelletejada	10^{-8}
Bentonita granular	10^{-7}
Bentonita granular amb polímer (15% de bentonita)	10^{-8}
Bentonita fracturada	10^{-8}

Taula A2-5. Densitats dels materials.

Relació bentonita/ciment	Densitat	Aigua per sac de ciment de 50Kg (litres)	Suspensió per sac de ciment de 50Kg (litres)
0%	1,75	28,50	45,00
	1,80	26,50	42,50
	1,85	24,50	40,50
	1,86	23,75	39,50
	1,88	23,00	38,75
	1,90	22,00	38,00
	1,95	20,00	36,00
	2,02	17,50	33,50
2%	1,76	29,00	45,50
	1,80	27,00	43,50
	1,85	24,50	40,75
	1,90	22,50	38,50
4%	1,69	33,75	51,00
	1,75	30,75	45,25
	1,80	27,50	44,00
	1,82	26,50	43,00
6%	1,64	37,50	55,00
	1,70	33,75	51,00
	1,75	30,50	47,75
	1,77	29,50	46,50

Taula A2-6. Volum de pou a omplir.

DIÀMETRE		VOLUM (m ³ per m de pou)
“	mm	
2	50,8	0,030
3	76,2	0,046
4	101,6	0,081
5	127,8	0,127
6	152,4	0,182
7	177,8	0,248
8	203,2	0,324
9	228,6	0,410
10	254,4	0,507
11	279,4	0,613
12	304,8	0,730
15	381,0	1,140
18	457,2	1,642
20	508,0	2,027
25	635,0	3,167
30	762,0	4,560
60	1524,0	18,241

Annex 3. FITXA TÈCNICA DE CAMP (SEGELLAMENT)

DATA: / /

UBICACIÓ DEL POU				
Ubicació:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Adreça:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Localitat:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Coordenades:	X -	Y -	Cota:	<input style="width: 100%;" type="text"/>
INFORMACIÓ DEL PROPIETARI				
Nom:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Adreça:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Telèfon:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
e-mail:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Empresa contacte:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Hi ha informe previ?	<input type="checkbox"/> Sí (especificar): <input style="width: 150px;" type="text"/>			<input type="checkbox"/> NO
CARACTERÍSTIQUES DEL POU				
Dades constructives:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Fondària / Diàmetre:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Encamisat:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Estat d'ús del pou:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Nivell estàtic aigua:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
PROCEDIMENT DE SEGELLAMENT / CLAUSURA				
Mètode utilitzat:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Justificació:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Trams de segell:	Metres	Metres	Material de segellat	Volum (litres)
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Estat de l'encamisat:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
Actuació a l'encamisat:	Metres	Metres	Actuació (segellat/obturador/materials...)	
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	
De	<input style="width: 50px;" type="text"/>	a <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	
Empresa a càrrec:	<input style="width: 100%;" type="text"/>			

Annex 4. COST APROXIMAT DEL SEGELLAMENT DE POUS

Dades proporcionades per l'empresa de perforacions Quiñones

Taula A4-1. Cost orientatiu de les actuacions de segellament de pous.

(Aquestes despeses són només a títol orientatiu
No comprometen als autors ni als proveïdors)

MANIOBRES

POU BROCAL

Extracció d'equips i neteja	1 dia	2.000€
Opliment amb àrids i segellat en nivell d'aigua	1 dia	900 €
Tampó superficial i restauració del terreny	2 dia	900 €
TOTAL	4 dies	3.800 €

POU PERFORAT

Extracció d'equips i neteja	1 dia	2.000 €
Preparació de canonada (<i>per metre</i>)		900 €
Opliment amb àrids i segellats	1 dia	900 €
Col·locació de segells pont	1 dia	900 €
Tampó superficial i restauració del terreny	2 dies	900 €
TOTAL	7 dies	5.600 €

SUBMINISTRES

Ciment pòrtland	bossa 50 kg	12 €
Bentonita sòdica	bossa 40 kg	10 €
Pasta de ciment	m ³	90 €
Pasta de bentonita	m ³	90 €
Formigó	m ³	90 €
Sorra	m ³	60 €
Balasto	m ³	60 €
Pedregullo	m ³	60 €
Sòl nadiu	m ³	100 €

Taula A4-2. Exemple de pressupost.

Característiques del pou:

Terreny:	Sedimentari	
Profunditat lliure:	80 m	
Diàmetre perforat:	200 mm (8")	
Profunditat encamisada:	80 m	
Diàmetre de l'encamisat:	150 mm (6")	
Filtres:	150 mm (6")	(de 71m a 77m)

Pressupost:


			Subtotal per concepte
Extracció d'equips i neteja	1 dia		2.000 €
Preparació de canonada (per metre)			900 €
Omplert amb àrids i segellants	1 dia		900 €
Col·locació de segells pont	1 dia		900 €
Tampó superficial i restauració del terreny	2 dies		900 €

Formigó	0,385 m ³		45 €
Pasta de ciment	0,811 m ³		90 €
Pasta de bentonita	0,351 m ³		45 €
Sorra	0,351 m ³		30 €
Sòl natiu	0,5 m ³		50 €

Total Pressupost

5.860 €

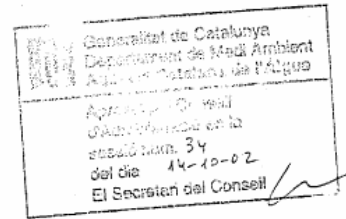
Annex 5. INSTRUCCIONS APROVADES EL 14/10/2002

	<p>Agència Catalana de l'Aigua</p>	<p>Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient Agència Catalana de l'Aigua</p> <p>Aprovat pel Consell d'Administració en la sessió núm. 34 del dia 14-10-02 El Secretari del Consell</p>
<p>Provença, 204-208 08036 Barcelona Tel. 93 567 26 00 Fax 93 567 27 80 NIF C 0601031 F</p>		
<p>PROPOSTA D'ACORD DEL CONSELL D'ADMINISTRACIÓ PEL QUAL ES DICTEN INSTRUCCIONS RELATIVES A L'EXIGÈNCIA DE REPOSAR EL DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC EN ELS SUPÒSITS D'EXTINCIÓ D'APROFITAMENTS</p>		
<p>És objectiu de la protecció del domini públic hidràulic, entre d'altres, prevenir el deteriorament de l'estat ecològic i la contaminació de les aigües per assolir un bon estat general. Aquest objectiu ha de projectar-se no només respecte als usos del domini públic hidràulic i especialment els que requereixen una autorització o concessió de l'Administració hidràulica, sinó també a la situació del domini públic hidràulic una vegada finalitzada l'activitat que donà lloc al seu ús. En aquest sentit, cobra particular rellevància el fet que, per diferents circumstàncies, deixen de ser explotades captacions d'aigües subterrànies i en una pluralitat de casos, interrompuda la seva explotació, pel que es produeix el seu abandonament. Com a via directa d'entrada en l'aqüífer, el pou o la galeria abandonats donen lloc a una situació de risc en tant que les activitats realitzades en el seu entorn poden repercutir negativament en la qualitat de l'aigua de l'aqüífer, fins al punt que aquestes antigues captacions poden afavorir la circulació de substàncies contaminants entre diferents horitzons aquífers. A més, el fenomen de la urbanització, i sobretot el de la reurbanització, en tant que pot desenvolupar-se en terrenys que compten amb captacions d'aigua subterrànies abandonades o que s'abandonen precisament per a la urbanització de la parcel·la on s'ubiquen, si es realitza sense l'adopció d'un seguit de mesures de protecció de l'aqüífer pot provocar en ell conseqüències negatives.</p>		
<p>El text refós de la Llei d'Aigües regula el deure de reposar el medi al seu estat anterior en el marc de la potestat sancionadora de l'Administració hidràulica com a una obligació independent de la de reparar els danys i perjudicis ocasionats al domini públic hidràulic. Les potestats atribuïdes a l'Administració per aquesta normativa l'habiliten per exigir al titular d'un determinat aprofitament d'aigües subterrànies que adopti quantes mesures siguin necessàries per tal d'assegurar que el cessament de l'explotació de l'aprofitament i el seu eventual abandonament no contribuïran a augmentar la vulnerabilitat de l'aqüífer. Aquestes potestats poden exercir-se tant en relació a aprofitaments actualment extingits com amb caràcter preventiu respecte d'aprofitaments futurs o en explotació, amb ocasió de la intervenció de l'Administració hidràulica en qualsevol procediment en què resulti afectada la captació per un acte administratiu.</p>		
<p>Per tal que les actuacions administratives encaminades a protegir els aquífers front als riscos derivats de l'abandonament d'aprofitaments d'aigües subterrànies o de la construcció d'infraestructures a sobre del mateix tipus d'aprofitaments es duguin a terme amb la màxima objectivitat i rigor tècnic, es proposa al Consell d'Administració l'adopció del següent</p>		
<p>ACORD:</p>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. El present acord té per objecte establir els criteris per exigir la reposició del domini públic hidràulic en els supòsits d'extinció dels aprofitaments. 2. Les normes que es contenen en l'annex del present acord s'incorporaran com a condició general en totes les resolucions de concessió d'aprofitament d'aigües subterrànies, l'oferta de condicions de les quals es formuli a partir de la seva entrada en vigor, i així mateix en totes les resolucions d'autorització d'aprofitament d'aigües subterrànies o d'inscripció de drets privatis per disposició legal sobre aigües subterrànies que es dictin amb posterioritat a la seva entrada en vigor. 		



**Agència Catalana
de l'Aigua**

Provença, 204-208
08036 Barcelona
Tel. 93 567 28 00
Fax 93 567 27 80
NIF Q 0801031 F



ANNEX

PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES DEL SEGELLAMENT DE POUS

1. MOTIVACIÓ

Els termes cegament, clausura o segellament de pous s'apliquen indistintament per definir les actuacions encaminades a la protecció de les parts obertes o ranurades de pous i sondejors quan aquests són abandonats o estan fora d'ús. És prou conegut que els pous abandonats que no han estat convenientment segellats constitueixen un risc per a la salut i benestar públics, ja que, depenent de la seva construcció original, de les formacions geològiques interceptades i de les condicions hidrològiques, poden comportar els riscos següents:

- 1) Perill d'origen físic (caigudes, desgràcies personals).
- 2) Contaminació de les aigües subterrànies.
- 3) Afecció al normal funcionament de l'aqüífer.
- 4) Mescla d'aigües de qualitat química molt diferent (deteriorament d'aigües).

Durant la perforació d'un pou o sondeig, pot ser necessari emprar entubaments auxiliars de major diàmetre que el corresponent a l'entubament definitiu, de manera que al retirar-los queda un espai anular entre el terreny no modificat i el tub definitiu del sondeig. En general, al llarg de l'anular es pot produir una certa circulació vertical que facilita la introducció de contaminants a les aigües subterrànies o la comunicació de diferents nivells permeables entre si. Aquesta situació, molt habitual, fa que per obtenir un segellament correcte d'un pou s'hagi de considerar tant els trams filtrants com l'anular de la perforació.

El principi clau per assolir els objectius marcats és la restauració, en la mida del que sigui factible, de les condicions hidrogeològiques anteriors a la perforació i instal·lació del pou. Les operacions de segellament han de confinar l'aigua en la formació aquífera de què procedeixi, tot evitant la pèrdua de pressió per circulació d'aigua cap a un nivell piezomètricament més baix. En tot cas, s'ha de procurar impermeabilitzar el pou per evitar la filtració d'aigües superficials a través del broc o del contacte de l'entubament amb la formació.

2. SÍNTESI DE PROCEDIMENT ESTÀNDARD DE SEGELLAMENT

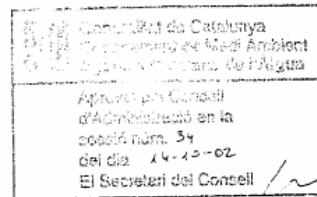
Davant l'evidència que el correcte segellament d'un pou planteja dificultats de diversa índole, es formula en el present apartat un procediment simplificat que pugui ésser dut a terme de forma satisfactòria a pesar d'una eventual manca de recursos. A títol indicatiu, una cuba de 5 m³ de beurada de ciment portland permetria omplir 60 m d'un pou de 300 mm de diàmetre, 40 m d'un de 400 mm o 25 m d'un de 500 mm; l'addició de graves i materials adients podria incrementar el volum eficaç cegat de forma considerable.

2.1. Pou o sondeig en materials no consolidats (al·luvials, detrítics)



Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208
08036 Barcelona
Tel. 93 567 26 00
Fax 93 567 27 80
NIF Q 0801031 F



Un mètode pràctic consisteix a introduir una beurada de ciment (a raó de 35-40 litres d'aigua per 100 kg de ciment) en el pou, des del fons cap a la superfície del terreny, mitjançant una mànega o barnillatge de perforació. D'aquesta manera, la beurada pot fluir fora del sondeig a través de les parts obertes, ranurades o la reixeta, tot penetrant en el terreny i impermeabilitzant l'entorn de la captació. Si s'opta per una mànega, aquesta ha de possibilitar la injecció del material sense provocar el seu aixafament per cavitació.

Un cop assegurat que la beurada s'ha introduït en el terreny a través de la reixeta i d'altres trams oberts, és viable anar omplint de baix a dalt els trams cecs amb àrids rentats (sorra, grava, tot-u per a pous excavats) o amb formigó pobre. Aquests materials es dipositen per mitjà d'una cullera de perforació, canonada o mànega, i han de quedar dins de la pròpia beurada. En tots els casos, cal que els àrids o el formigó no ultrapassin el nivell lliure de la beurada, raó per la qual convé alternar l'addició d'aquesta amb la incorporació dels primers.

El capçal del pou o sondeig es podrà escapçar per sota del nivell del sòl en una longitud variable, depenent de les característiques de la perforació. A fi i efecte d'evitar filtracions a través de l'anular, caldrà cimentar-lo amb un tap de beurada d'un mínim de 2 m de fondària per sota de la boca del tub retallat o del nou broc, resultant de l'operació d'escapçament.

2.2. Pou o sondeig en roques consolidades

2.2.1. Roques consolidades amb fissuració/carstificació elevada

- En pous o sondejors sense entubar, a vegades cal colmar les cavitats o grans fissures amb grava/còdols rentats i, a continuació, taponar amb formigó fins que s'estronquin les pèrdues. A partir d'aquí, s'ha de procedir com es descriu a l'apartat 2.1.
- En pous o sondejors entubats, generalment cal que el segellat sigui realitzat per una empresa especialitzada. És imprescindible definir prèviament l'estratègia a adoptar, en funció del disseny del pou i de la posició i característiques dels nivells fissurats o carstificats.

2.2.2. Roques consolidades amb fissuració reduïda

Són aplicables els criteris definits a l'apartat 2.1. per a pous o sondejors en materials no consolidats.

3. SOBRE ELS MATERIALS A UTILITZAR

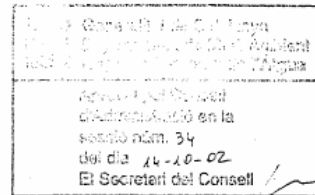
Cada material posseeix característiques i propietats distintives, per la qual cosa la selecció del material òptim haurà de basar-se en la construcció del pou, la naturalesa de les formacions travessades, l'equipament disponible, la ubicació del pou en relació a possibles fonts de contaminació i el cost de l'execució dels treballs.

Generalment, s'utilitza formigó per emplenar la part superior del pou o formació aquífera, per taponar seccions de l'entubament o per omplir pous de gran diàmetre. Resulta més econòmic que el ciment o la beurada, i fa que el tap o segell sigui més fort. El problema rau, d'una



Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208
08036 Barcelona
Tel. 93 567 28 00
Fax 93 567 27 80
NIF Q.0801031 F



banda, en què el formigó no penetra vetes, fissures o intersticis; i, d'altra banda, en què els àrids tenen tendència a segregar-se del ciment.

La beurada de ciment o el ciment amb aigua són molt millors per segellar petits forats, per penetrar en els espais anulars i per omplir buits en la formació que envolta el pou. Quan s'apliquen a pressió, presenten grans avantatges per segellar pous artesianos o que travessen més d'una formació aquífera. Habitualment, es prefereix l'ús del ciment al de la beurada, ja que evita el risc de separació.

L'argila en forma de fluid amb llots o de fluid especial argilós aplicat a pressió té la majoria dels avantatges de la beurada de ciment, si bé, en determinades condicions, pot ésser arrossegada cap a formacions veïnes. Les argiles, les sorres, o una mescla d'argila i sorra, resulten més convenients en ambients secs, sobretot en aquífers lliures i en pous fondos de gran diàmetre. Estan també indicades per a formacions amb tendència a esfondrar-se, així com quan no hi ha necessitat de realitzar perforacions als entubaments, revestiments o formacions.

Freqüentment, cal combinar els materials. Els més costosos estan indicats per a trams on cal resistència, penetració o estanquitat; per contra, els materials més assequibles s'utilitzarien a la resta del pou.

4. RECOMANACIONS GENÈRIQUES

Abans d'iniciar-ne el segellament, convé examinar el pou per assegurar que no hi ha obstruccions que puguin interferir amb les operacions. Això és vital en aquífers amb aigües subterrànies contaminades o que puguin perjudicar nivells productius emprats per a l'abastament d'aigua potable. En determinats casos, pot ser necessari extreure'n el tub de revestiment o, si no és tècnicament viable, aprofundir-lo fins que sigui possible segellar els nivells aquífers amb el material adequat. Si l'espai anular de la columna del pou no està cimentada des de la superfície del terreny, pot ser necessari d'extreure'n la part superior de l'entubament a fi i efecte d'evitar l'entrada d'aigües superficials cap a l'aquífer.

El formigó, beurada de ciment o ciment requereix de la seva injecció de baix a dalt si s'utilitza per sota del nivell d'aigua en el pou, ja que s'ha d'evitar la segregació o dilució del material. Es recomana traslladar els materials directament al punt d'aplicació mitjançant barnillatge o la seva col·locació amb culera o tremuja i canonada. Llevat de fluids amb llots o argiles especials, la resta de materials poden ser introduïts al pou des de la part superior.

S'aconsella disposar de personal competent en la construcció de pous per aconseguir un segellament vàlid de pous, especialment en aquífers fondos o en formacions fissurades. Els seus coneixements, tant de construcció de pous com de les característiques hidrogeològiques de la zona, són igualment valuosos per al segellament de pous.

Cada treball de segellament ha d'ésser considerat com a un problema individual, és a dir, condicionant sempre els mètodes i materials a les condicions particulars de l'entorn i als objectius predeterminats.



**Agència Catalana
de l'Aigua**



Generalitat de Catalunya
**Departament de Medi Ambient
i Habitatge**