ANNEX 8.

CONDICIONS TÈCNIQUES PER A L'EXECUCIÓ, EQUIPAMENT I CLAUSURA DE SONDEJOS I POUS

Índex

Introducció....3
1. Condicions tècniques mínimes d'execució de sondejos....3
1.1. Mètode de construcció....4
1.1.1. Col·locació de les canonades....4
1.1.2. Tancament o boca de la captació....5
1.1.3. Desinfecció i equipament....6
1.2. Cementació....7
1.2.1. Profunditat de cementació....8
2. Criteris tècnics per a la clausura de sondejos o pous....14
2.1. Consideracions generals....14
2.2. Tipologies constructives de pous....15
2.2.1. Pous superficials o oberts....15
2.2.2. Pous perforats o sondejos....15
2.3. Tasques prèvies al condicionament definitiu....16
2.3.1. Caracterització del pou....16
2.3.2. Retirada d'elements aliens....16
2.3.3. Desinfecció....17
2.4. Operacions de clausura o segellament....17
2.4.1. Clausura temporal d'un pou....17
2.4.2. Clausura definitiva d'un pou....18
2.4.2.1. Clausura de pous superficials o d'aqüífer únic....18
2.4.2.2. Clausura de pous d'aqüífer multicapa....20
2.4.2.3. Clausura de pous en terrenys no consolidats....23
2.4.2.4. Clausura de pous en terrenys amb fracturació lleu....24
2.4.2.5. Clausura de pous en terrenys molt fracturats o carstificats....25
2.4.2.6. Clausura de pous emergents....25
2.4.2.7. Clausura de pous de naturalesa no coneguda....26

Índex de figures

Figura 1.- Col·locació de les canonades....5
Figura 2.- Tancament o boca de la captació....6
Figura 3.- Croquis instal·lació tub piezomètric....6
Figura 4.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània de Mallorca...12

Figura 5.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània de Menorca...13
Figura 6.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània d'Eivissa i Formentera.....13
Figura 7.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou superficial o d'aqüífer únic.....20
Figura 8.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou en aqüífer multicapa.....23
Figura 9.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou de característiques desconegudes.....28

Índex de taules

Taula 1.- Profunditat de cementació segons els materials dominants.....11

Introducció

A fi de garantir la protecció del domini públic hidràulic de tota mena de contaminació es considera convenient desenvolupar i concretar els aspectes constructius i d'abandonament de les captacions en funció de les característiques hidrogeològiques de cada captació.

És gairebé impossible plasmar i detallar totes les situacions i els paràmetres a aplicar en cada cas, per aquesta raó cada circumstància concreta haurà de ser analitzada en els corresponents projectes d'execució i/o abandonament de sondejos. S'estableixen una sèrie de situacions hidrogeològiques tipus que permeten agrupar els paràmetres a aplicar en una sèrie de rangs, sense perjudici de les normes que per a cada aqüífer o zona del mateix puguin establir-se en el futur.

S'ha de considerar també que els pous són construccions que poden representar un risc físic per a les persones, sobretot quan tenen gran diàmetre. A més, els pous existents poden representar també un risc de contaminació de les aigües subterrànies, ja que són una via d'entrada preferent i ràpida per als contaminants des de la superfície del terreny fins a l'aqüífer o poden posar en contacte dos aqüífers amb qualitats químiques diferents. Així, les aigües d'escolament superficial poden entrar directament per la canonada o per l'espai que hi ha entre la canonada i el terreny fins a la zona saturada d'aigua (aqüífer), la qual cosa impedeix que el procés de depuració natural que té lloc quan l'aigua s'infiltra a través del terreny sigui efectiu. D'altra banda, quan un pou està abandonat o en desús, solen desaparèixer els elements de protecció bàsics entorn d'aquest incrementant el risc físic per a les persones i el risc de contaminació de l'aqüífer.

És necessari, per tant, prevenir tant els accidents com l'afecció a les aigües subterrànies, ja que aquestes constitueixen la font principal de subministrament públic d'aigua potable a les Balears i, per extensió, són el recurs hídric més sensible i important de la Unió Europea, fet remarcat explícitament en 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).

El present annex s'estructura en dos apartats diferents. El primer es refereix a la construcció de pous, mentre que el segon es refereix a l'abandonament dels pous negatius o en desús.

1. Condicions tècniques mínimes d'execució de sondejos

A fi de protegir el domini públic hidràulic subterrani de qualsevol tipus de contaminació, l'execució de sondejos de captació d'aigües subterrànies s'ajustarà a unes condicions tècniques mínimes. Aquestes es refereixen bàsicament al

mètode de construcció (descens de les canonades de revestiment, tancament o boca de la captació...) i, en especial, a la cementació de l'espai anular.

1.1. Mètode de construcció

Pel que fa als materials a utilitzar i a les tècniques de construcció de pous s'ha de seguir una sèrie de criteris que ajuden a garantir la durabilitat de la protecció del domini públic hidràulic.

- Quan les canonades siguin de tubs de 'xapa naval' aquests han de tenir un mínim de 4 mm d'espessor.

- En la col·locació de la canonada és necessari utilitzar com a mínim un centrador a 120º cada 12 m.

- Per a garantir l'eficàcia de les operacions de cementació, les desviacions de la vertical de les perforacions han de ser el més petites possibles, sent recomanable no superar 1º per cada 50 m de perforació.

- Quan es realitzi la instal·lació dels equips d'extracció (bombes) i accessoris (canonada d'impulsió, tub piezomètric, cables, etc.), s'ha de garantir l'estanquitat.

1.1.1. Col·locació de les canonades

A qualsevol pou o sondeig que s'executi, el mètode per descendir les canonades es realitzarà de manera que s'asseguri que no hi ha forats a la canonada. En aquest sentit es recomana utilitzar, sempre que sigui possible, canonades que puguin unir-se mitjançant rosca.

En el cas que es descendeixin les canonades de revestiment pel mètode de la barra i perforacions, serà estrictament necessari que les esmentades perforacions se segellin novament mitjançant soldadura contínua, una vegada col·locat cada tram.

En els sondejos telescòpics, aquells en què hi ha una disminució del diàmetre en profunditat, les canonades de diferent diàmetre es podran col·locar seguint dues metodologies diferents (veure figura 1).

Una primera opció és recolzar la canonada exterior en la roca. En aquest cas serà necessari cementar l'espai anular entre la canonada interior i la canonada exterior així com l'espai anular entre la canonada exterior i la roca. Per a tal operació serà necessària la utilització d'un obturador que permeti cementar la zona situada per sobre d'aquest.

En aquests casos no es permetrà deixar l'espai anul·lar entre canonades sense cementar.

Una segona opció és unir les dues canonades de diferent diàmetre mitjançant un embut. En aquest cas també serà necessari utilitzar un obturador per cementar la part superior del pou.

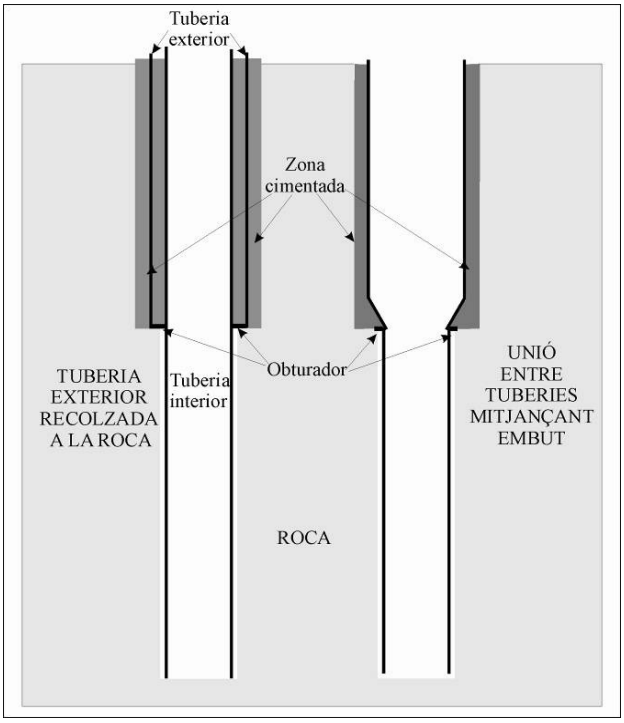


Figura 1.- Col·locació de les canonades.

1.1.2. Tancament o boca de la captació

Per a evitar l'entrada d'aigües exteriors i possibles contaminants, la canonada de revestiment del pou ha de sobresortir entre 30 i 50 centímetres per sobre de la superfície del terreny i sobre aquesta es disposarà, al voltant de l'esmentada canonada, una placa de ciment amb una gruixa mínima de 30 centímetres en el centre i de 15 cm a les vores, de manera que la seva cara superior tingui pendent cap a la perifèria en totes les direccions. La placa ha de tenir una amplada mínima de 50 centímetres al voltant de la canonada i un gruix mínim enterrat de 30 centímetres (veure figura 2).

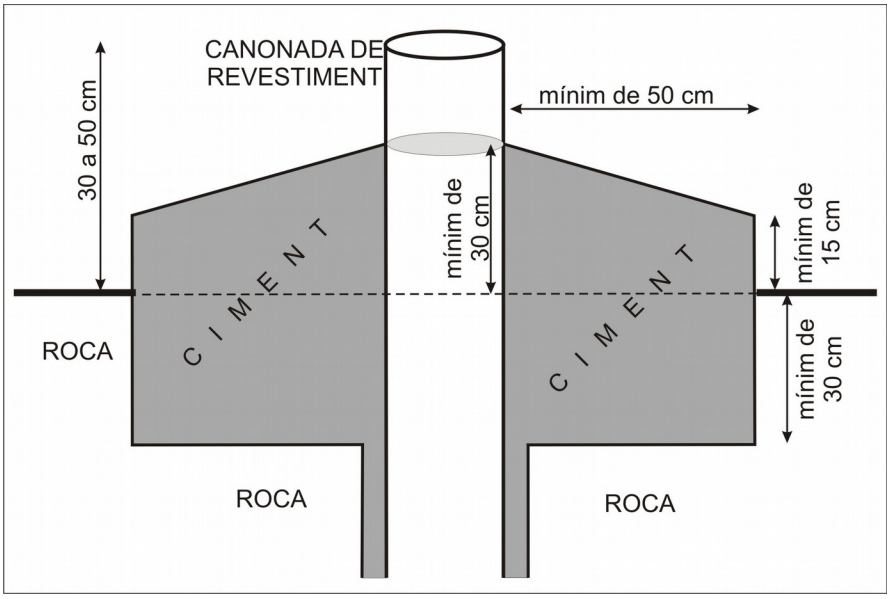


Figura 2.- Tancament o boca de la captació.

1.1.3. Desinfecció i equipament

Una vegada acabada la perforació i, en el seu cas, l'assaig de bombament, s'ha de procedir a la desinfecció del pou i a la instal·lació d'un tub piezomètric, una aixeta per al mostreig i un comptador volumètric. La desinfecció es realitzarà d'acord al punt 2.3.3 del present annex. El tub piezomètric s'instal·larà segons la figura 3.

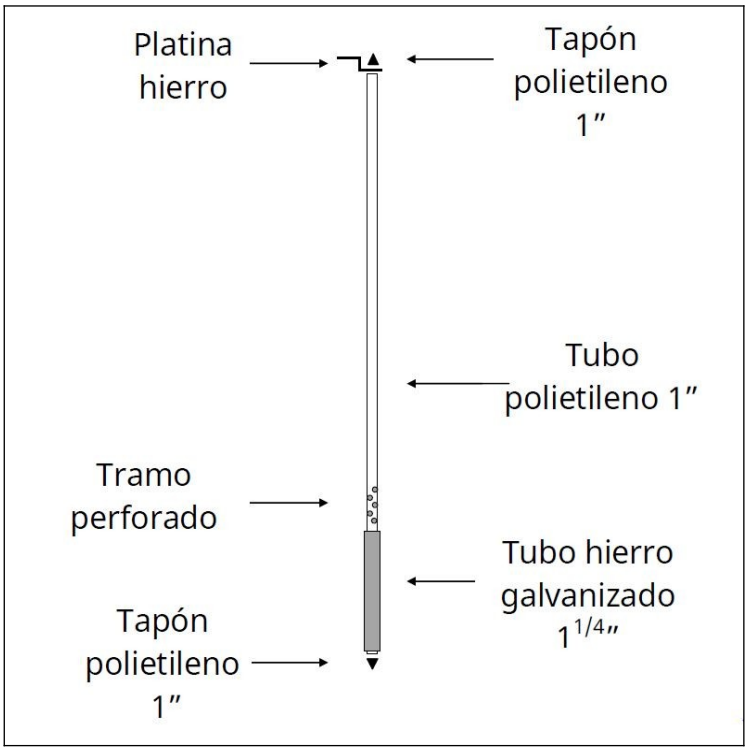


Figura 3.- Croquis instal·lació tub piezomètric.

L'aixeta per a presa de mostres d'aigua ha de permetre el mostreig de l'aigua explotada en cas de ser necessari.
El comptador volumètric ha de permetre controlar el cabal i el volum extret.

1.2. Cementació

Els projectes d'execució de sondejos han d'incorporar les corresponents operacions de cementació que garanteixin que el sondeig no és una via preferent de contaminació del domini públic hidràulic.

La cementació de l'espai anular dels pous evita la comunicació directa entre l'aqüífer i les aigües d'escolament superficial, aïlla els diferents nivells aqüífers d'una perforació, evita el buidatge incontrolat i continu de determinats nivells aqüífers i ajuda la protecció de la canonada. És necessari que totes les captacions que es construeixin disposin en la seva part més superficial d'un tram cementat.
La cementació s'haurà d'adaptar sempre als següents criteris:

- La cementació haurà de tenir un gruix de corona mínima de 5 cm. És a dir, entre la canonada i la paret del sondeig s'ha de deixar un espai d'almenys 5 cm.

- Perquè la lletada de ciment pugui tenir prou fluïdesa per ser injectada en l'espai anular del pou, la concentració de bentonita de la barreja haurà de ser d'entre un 2 % i un 6 %. Així mateix, la densitat recomanable serà d'1,9 g/cm^3.

- L'encarregat de l'obra haurà de comunicar l'inici de les operacions de cementació i segellament a l'autoritat hidràulica, per a què, si ho considera necessari, personal d'aquesta pugui ser present en l'operació.

- Quan la profunditat de cementació sigui inferior a 5 m, l'abocament del material segellant es podrà realitzar des de la boca del sondeig, i no és necessari la utilització de varetes auxiliars ni de bomba d'injecció.

- Quan la profunditat de cementació sigui superior a 5 m serà necessari utilitzar varetes de fons o elements d'igual utilitat que poden ser introduïts per l'espai anular. Així mateix, en aquests casos serà necessari utilitzar una bomba d'injecció per injectar el ciment des del fons i anar ascendint cap a la superfície.

- Les operacions de cementació s'hauran de realitzar de manera continuada i sense interrupcions per a evitar el desagregat del material cementant. Aquesta operació és especialment necessària quan existeix un flux dins del sondeig a causa de diferents càrregues hidràuliques d'aqüífers. Per aquesta raó, és molt recomanable efectuar un càlcul de la quantitat de material necessari abans de començar la cementació.

- Quan la columna a cementar sigui de longitud considerable s'hauran de tenir en compte les pressions centrípetes exercides per la columna de cementació perquè aquestes no superin la resistència nominal de la canonada, la qual cosa pot produir el col·lapse d'aquesta. En aquests casos serà necessari realitzar la cementació per fases.

- Una vegada hagin finalitzat les operacions de cementació no es podrà dur a terme cap activitat al pou fins que el ciment estigui completament forjat. A causa que aquest temps depèn dels materials utilitzats es fixarà, en cas de dubte, un temps mínim de 72 hores des de l'acabament de la cementació per continuar els treballs d'adequació del sondeig.

- Qualsevol entubament provisional que s'hagi utilitzat en el procés de construcció del pou s'haurà de retirar de forma simultània al procés de cementació.

1.2.1. Profunditat de cementació

La profunditat fins a la que s'ha de cementar l'espai anular està en funció del material que aflora a la zona i de les característiques de l'aqüífer que s'explota. Bàsicament es poden presentar quatre grans grups d'aqüífers: lliures, confinats, superposats i multicapa.

A les Balears afloren principalment dos grans grups de roques sedimentàries: roques detrítiques (argiles, gresos i conglomerats) o roques carbonatades. Dins dels materials carbonatats es poden diferenciar els carbonats pròpiament dits (calcàries i dolomies), les calcarenites i les margues. D'altra banda, cal diferenciar també aquells carbonats que estan fissurats d'aquells que presenten processos de carstificació importants.

Partint de la distribució d'aquests grups de materials i tipus d'aqüífer s'han classificat les diferents masses d'aigua subterrània definides en el present Pla Hidrològic de les Illes Balears, adjudicant a cada una d'elles les profunditats mínimes de cementació que s'aplicaran.

A la taula següent i a les figures 3, 4 i 5 es relacionen quins són els rangs de profunditats de cementació que s'aplicaran a cada massa d'aigua subterrània. Mentre el projecte de construcció del pou presentat no demostri que en aquesta zona afloren uns materials diferents de la generalitat de la massa, s'aplicarà la cementació descrita.

En qualsevol cas, el projecte de construcció del pou haurà definir i justificar la profunditat de cementació que es pretén realitzar. S'ha de considerar també que quan es tracta d'un aqüífer confinat amb una cobertura impermeable amb un gruix inferior a 5 m només serà necessari cementar la part impermeable, és a dir, des del sostre de l'aqüífer fins a la superfície del terreny.

En el cas d'aqüífers superposats (un aqüífer lliure en superfície i altres aqüífers confinats en profunditat) o aqüífers multicapa (aqüífers formats per una alternança de capes permeables i impermeables) el projecte de captació haurà d'especificar quin dels aqüífers es pretén explotar. L'aqüífer que no ha de ser explotat s'haurà d'aïllar adequadament de la resta (veure figura 7). L'esmentat aïllament s'efectuarà mitjançant cementació o segellament de l'anell entre l'entubament i la paret del sondeig, almenys en una gruixa de cinc metres des de la base de l'aqüífer que no es pretén explotar. La resta de l'anell pot omplir-se de grava. Si la potència de les capes confinants és menor de cinc metres, s'ha de segellar en tota la seva potència.

Codi Massa d'Aigua Subterrània	***Nom***	***Profunditat de cementació (m)***	***Tipus d'aqüífer***	***Materials dominants***
1801M1	Coll Andritxol	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1801M2	Port d'Andratx	10 - 15	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
1801M3	Sant Telm	5 - 15	Confinat-lliure	Margues, calcàries i detrític
1801M4	Ses Basses	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1802M1	Sa Penya Blanca	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1802M2	Banyalbufar	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades

Codi Massa d'Aigua Subterrània	*Nom*	*Profunditat de cementació (m)*	*Tipus d'aqüífer*	*Materials dominants*
1802M3	Valldemossa	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1803M1	Escorca	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades i carstificades
1804M1	Ternelles	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1804M2	Port de Pollença	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
1804M3	Alcúdia	10 - 15	Lliure-Confinat	Detrític margues
1805M1	Pollença	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1805M2	Aixartell	10 - 30	Lliure-Confinat	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1805M3	L'Arboçar	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M1	S'Olla	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M2	Sa Costera	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1806M3	Port de Sóller	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M4	Sóller	10 - 15	Lliure-Confinat	Detrític, argiles i guix
1807M1	Esporles	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1807M2	Sa Fita del Ram	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1808M1	Bunyola	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1808M2	Maçanella	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1809M1	Lloseta	10 - 15	Lliure-Confinat	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1809M2	Penya Flor	10 - 15	Lliure-Confinat	Calcàries i detrític
1810M1	Caimari	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1811M1	Sa Pobla	10 - 15	Lliure	Detrític
1811M2	Llubí	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1811M3	Inca	10 - 15	Superposats	Detrític
1811M4	Navarra	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1811M5	Crestatx	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1812M1	Galatzó	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1812M2	Capdellà	10 - 15	Confinat-Lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1812M3	Santa Ponça	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
1813M1	Sa Vileta	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1813M2	Palmanova	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1814M1	Xorrigo	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1814M2	Sant Jordi	10 - 15	Lliure	Detrític
1814M3	Pont d'Inca	25 - 40	Superposats	Calcarenites i calcàries carstificades
1814M4	Son Reus	10 - 15	Superposats	Detrític
1815M1	Porreres	10 - 15	Lliure-Confinat	Detrític, calcàries i dolomies fissurades, margues
1815M2	Montuïri	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1815M3	Algaida	10 - 15	Lliure-Confinat	Detrític, calcàries i dolomies fissurades margues
1815M4	Petra	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
1816M1	Ariany	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1816M2	Son Real	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1817M1	Capdepera	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M2	Son Servera	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues

Codi Massa d'Aigua Subterrània	*Nom*	*Profunditat de cementació (m)*	*Tipus d'aqüífer*	*Materials dominants*
1817M3	Sant Llorenç	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M4	Ses Planes	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M5	Ferrutx	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M6	Es Racó	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M1	Son Talent	10 - 25	Confinat-Lliure	Detrític i Calcarenites
1818M2	Santa Cirga	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M3	Sa Torre	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M4	Justaní	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1818M5	Son Macià	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1819M1	Sant Salvador	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1819M2	Cas Concos	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1820M1	Santanyí	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1820M2	Cala D'Or	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1820M3	Portocristo	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1821M1	Marina de Llucmajor	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1821M2	Pla de Campos	10 - 25	Lliure	Detrític i calcarenites
1821M3	Son Mesquida	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1901M1	Maó	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1901M2	Migjorn Gran	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1901M3	Ciutadella	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1902M1	Sa Roca	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1903M1	Addaia	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1903M2	Tirant	10 - 15	Lliure	Detrític
2001M1	Portinatx	10 - 15	Confinat-Lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
2001M2	Port de Sant Miquel	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
2002M1	Santa Agnès	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
2002M2	Pla de Sant Antoni	10 - 15	Lliure	Detrític
2002M3	Sant Agustí	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
2003M1	Cala Llonga	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
2003M2	Roca Llisa	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
2003M3	Riu de Santa Eulària	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
2003M4	Sant Llorenç de Balafia	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
2004M1	Es Figueral	10 - 15	Confinat-Lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
2004M2	Es Canar	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades,

Codi Massa d'Aigua Subterrània	***Nom***	***Profunditat de cementació (m)***	***Tipus d'aqüífer***	***Materials dominants***
				margues i detrític
2005M1	Cala Tarida	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
2005M2	Port Roig	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
2006M1	Santa Gertrudis	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrític
2006M2	Jesús	10 - 15	Lliure	Detrític
2006M3	Serra Grossa	10 - 30	Lliure-Confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrític
2101M1	Formentera	10 - 40	Lliure	Detrític i calcarenites carstificades

Taula 1.- Profunditat de cementació segons els materials dominants.

En aquelles masses formades per calcàries i dolomies fissurades, margues i materials detrítics, en les quals la cementació s'ha establert en el rang de 10 a 30 m, s'haurà de considerar que quan aflorin margues o materials detrítics, la cementació podrà ser d'entre 10 i 20 m, mentre que si afloren calcàries o dolomies fissurades la cementació haurà de ser d'entre 20 i 30 m.

En aquelles masses en les quals i segons la taula anterior, afloren bàsicament materials detrítics i calcarenites, i per a les que s'ha establert un rang de cementació de 10 a 25 m, s'haurà de considerar que quan aflorin materials detrítics la cementació podrà ser d'entre 10 i 20 m, mentre que si afloren calcarenites la cementació haurà de ser d'entre 15 i 25 m.

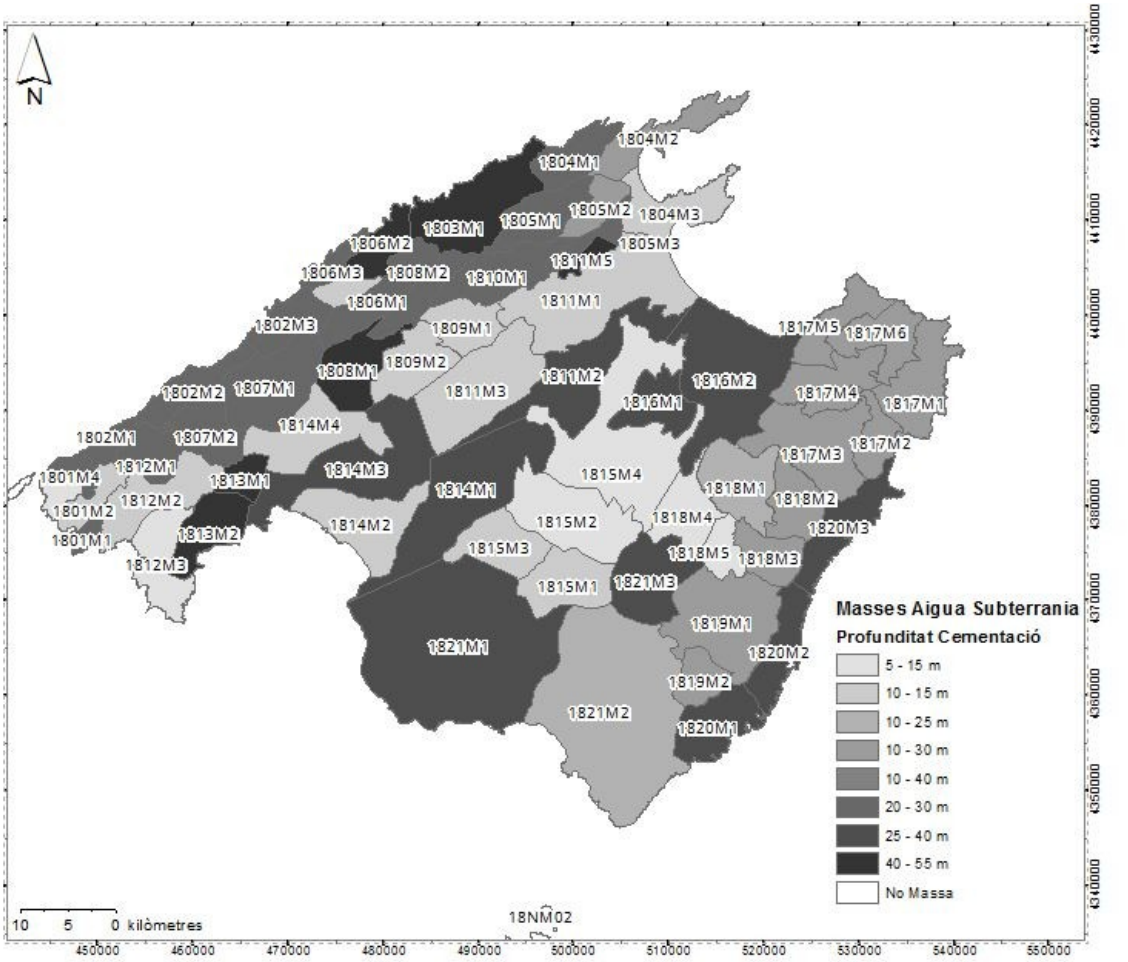


Figura 4.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània de Mallorca.

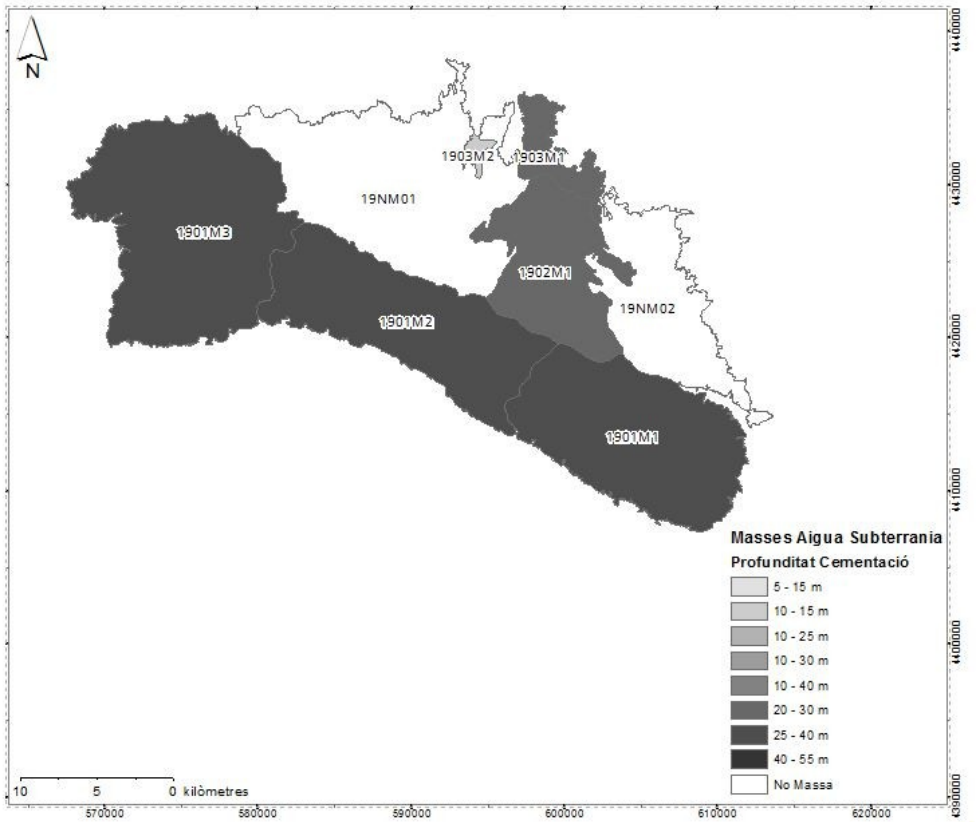


Figura 5.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània de Menorca.

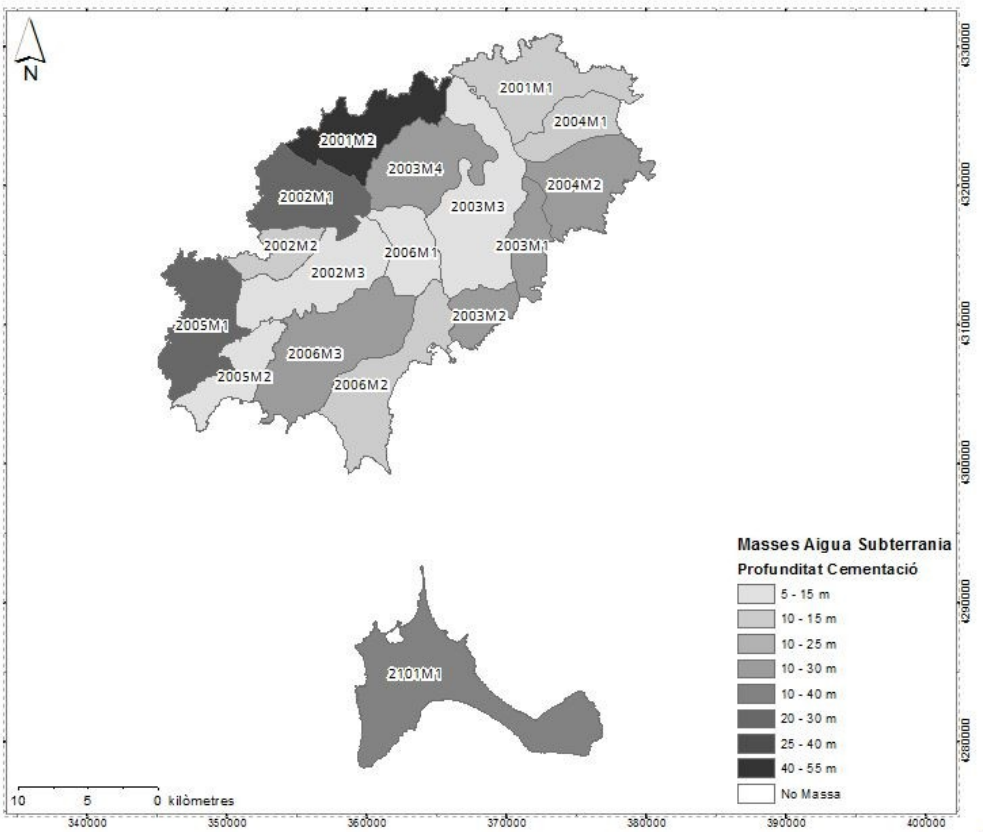


Figura 6.- Profunditats de cementació en les masses d'aigua subterrània d'Eivissa i Formentera.

2. Criteris tècnics per a la clausura de sondejos o pous

Aquest apartat es redacta per a disposar d'una guia de prescripcions tècniques per a l'adequada clausura de pous en desús o abandonats. Així, pretén ser l'eina a utilitzar pel propietari del pou i/o el tècnic corresponent de l'obra per aconseguir els resultats adequats.

Els principals objectius que es pretenen assolir amb la clausura dels pous són:

1. Eliminar el risc d'accidents per la presència d'un espai obert al terreny.

2. Impedir actes vandàlics i que el pou pugui servir com a dipòsit de materials contaminants o runa.

3. Evitar l'entrada de contaminants des de la superfície.

4. Evitar modificacions en el comportament hidràulic de les aigües subterrànies, com la pèrdua de cabals o pressions hidrostàtiques.

5. Prevenir la barreja d'aigua entre diferents aqüífers i evitar el flux induït de l'aigua a través de diferents formacions geològiques.

Cada una de les clausures s'ha de considerar com un cas particular, d'aquesta manera, tant els mètodes com els materials a utilitzar estaran sempre determinats per les condicions particulars de l'entorn i per l'objectiu cercat.

Factors com les condicions del terreny, la vulnerabilitat del medi i la presència de pous de proveïment han de ser acuradament considerats abans de prendre la decisió final sobre el procediment i els materials a utilitzar en el segellament.

2.1. Consideracions generals

En casos concrets degudament justificats, una actuació mínima de protecció superficial de la captació pot servir com a mesura temporal de clausura. En la resta de casos, és necessari complir amb tots els passos requerits per a una adequada clausura del pou.

El segellament adequat d'un pou implica que estigui net en la seva totalitat, de manera que aïlli l'accés als nivells aqüífers i s'aconsegueixi l'obturació superficial de la boca. Les operacions a dur a terme en els processos de clausura i segellament de pous són bàsicament l'extracció dels elements introduïts al terreny (canonades, filtres, bomba...) i el farcit 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 a la clausura.

2.2. Tipologies constructives de pous

Els pous poden ser classificats partint del mètode constructiu, o en relació a l'aqüífer on s'ubiquen. En aquest annex, s'han considerat dues tipologies de pous en funció de les seves característiques constructives: pous superficials o oberts, i pous perforats o sondejos.

A les Balears, partint del tipus d'aqüífer, es poden donar bàsicament dues situacions: aqüífers carbonatats i aqüífers detrítics.

En certs casos, i en qualsevol d'aquestes tipologies, el pou pot ser artesià, és a dir, pot presentar un nivell de l'aigua per sobre del brocal de pou. En aquests casos serà necessari un tractament específic per a l'execució dels procediments de segellament del pou.

2.2.1. Pous superficials o oberts

Els pous superficials o oberts acostumen a ser pous excavats a mà (sínies), per la qual cosa acostumen a ser pous antics. Tenen profunditats entre 5 i 25 m i diàmetre entre 1 i 3 m.

Les parets sovint es troben recobertes de maons o formigó per a evitar el seu col·lapse. Aquests pous normalment exploten aqüífers en terrenys detrítics al·luvials o col·luvials, i relativament poc consolidats (conglomerats, gresos i argiles del Quaternari), encara que poden penetrar parcialment al basament de roca consolidada inferior.

2.2.2. Pous perforats o sondejos

Són pous realitzats mitjançant maquinària específica per a tal efecte i seguint diferents metodologies de construcció. Acostumen a tenir diàmetres inferiors a 0,5 m i poden assolir profunditats de centenars de metres. Depenent del material geològic poden presentar dues modalitats constructives:

- Materials poc consolidats (detrítics): el pou acostuma a disposar de canonada en tota la seva longitud, la qual disposa de trams filtrants a les zones més productives permeables.
- Materials consolidats (carbonats generalment): en certs casos el pou només està entubat en el seu tram superior, on travessa els materials no consolidats. La part inferior de la captació travessa un terreny format per

una roca consolidada amb fractures. En aquesta zona aqüífera en certs casos no es col·loca canonada de revestiment ni filtre.

2.3. Tasques prèvies al condicionament definitiu

Abans del segellament del pou és necessari dur a terme una sèrie de tasques que contribueixen a facilitar l'operació de clausura i asseguren la seva efectivitat. Les tasques necessàries són la caracterització del pou, la retirada dels elements aliens i la desinfecció.

2.3.1. 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 en el moment de la seva construcció (si estan disponibles), com les actuals en el 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. S'ha de recollir tota aquella informació que pugui resultar rellevant per a la clausura del pou. La informació a recollir, i que ha de ser utilitzada per a la redacció del projecte de clausura, és:

- Situació administrativa del pou: titularitat del pou, existència o no d'expedient administratiu, coordenades, cota topogràfica, cabal concedit, ús...

- Característiques hidrogeològiques del pou: massa d'aigua subterrània on es localitza, profunditat de l'aigua en el moment de la clausura (en el cas de disposar de dades històriques, rang de profunditats de l'aigua en el temps), i una altra informació disponible (columna litològica, qualitat de l'aigua, localització de les zones aqüíferes...).

- Característiques tècniques del pou: profunditat i diàmetre del pou, tipus i profunditat de l'entubament amb la distribució de les zones ranurades i cegues, i altra informació sobre la perforació (existència de cementació anular...).

2.3.2. Retirada d'elements aliens

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

2.3.3. Desinfecció

Una vegada buidat i netejat el pou, és necessari realitzar una desinfecció. S'haurà d'utilitzar un desinfectant adequat, com pot ser una solució d'hipoclorit de calci amb un contingut del 65 al 75% de clor actiu, apte per al tractament d'aigües de consum humà.

No convé utilitzar un lleixiu d'ús domèstic, ja que és massa feble per arribar al nivell de desinfecció necessari. Caldrà tenir la precaució de desinfectar totes les eines o equips que siguin introduïts al pou durant les operacions. La quantitat de desinfectant a utilitzar dependrà del volum d'aigua al pou, procurant arribar a una concentració de 100 mg de clor per litre d'aigua.

2.4. Operacions de clausura o segellament

Els pous es poden tancar de manera temporal o definitiva. La clausura temporal és una mesura que permet impedir que es puguin abocar substàncies potencialment contaminants al pou, però deixa la possibilitat d'utilitzar el pou per a l'extracció d'aigua en un futur. D'altra banda, la clausura definitiva del pou és una acció que ha de permetre assegurar la protecció del domini públic hidràulic, per tant, una vegada s'ha efectuat la clausura definitiva del pou ja no es podrà extreure aigua.

2.4.1. Clausura temporal d'un pou

En cas que el pou no s'utilitzi però es tingui la intenció d'utilitzar-lo en un futur pròxim, es podrà dur a terme una clausura temporal del pou. La clausura temporal d'un pou es realitza tapant-li la boca amb una tapa de ferro i amb cadenat, de manera que s'impossibiliti l'abocament de substàncies dins del pou a través de la boca.

La clausura temporal del pou NO serà possible quan:

a) Existeixi risc d'infiltració d'aigües d'escolament superficial per l'espai anular del pou (boca), o
b) Es tracti d'un pou que comuniqui aqüífers amb diferents pressions i tipus d'aigua, o
c) Sigui necessari fer una restitució del medi.

La clausura temporal inclourà els següents treballs:

1) Si es té la intenció de deixar una bomba dins del pou, serà necessari posar un comptador i precintar el pou.

2) Si el pou és a una zona inundable, serà necessari que la boca del pou se situï per sobre de la cota d'inundació.

2.4.2. Clausura definitiva d'un pou

Quan el pou estigui abandonat i no es tingui intenció de tornar a utilitzar-lo o sigui un sondeig negatiu serà necessari dur a terme la clausura definitiva del pou.

Quan el pou sigui superficial o exploti un aqüífer únic, es pot acceptar una clausura mitjançant unes accions mínimes.

D'altra banda, quan el pou comunica diversos aqüífers és necessari dur a terme unes accions obligatòries que són més o menys estrictes en funció de les particularitats de cada cas.

2.4.2.1. Clausura de pous superficials o d'aqüífer únic

En aquells casos en què el pou exploti un aqüífer superficial o únic, i mentre no existeixi risc de comunicació entre diferents estrats, es podrà realitzar una clausura del pou amb unes operacions mínimes. L'objectiu d'aquesta clausura és evitar la contaminació a través del brocal i, quan el pou sigui de gran diàmetre, el risc a causa del perill físic de caigudes dins del pou. Quan es compleixen aquestes condicions la clausura s'ha de realitzar de la següent manera:

1) Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que poguessin deteriorar-se. És obligatori retirar els 3 m més superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari almenys en els 2 m superiors del pou. Quan l'encamisat és de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant la reperforació del pou.

2) Si no és possible extreure la canonada per complet a causa d'un risc d'ensorrament del pou o de ruptura de la canonada és necessari realitzar un tall i obertura de la canonada de revestiment, en especial en els 3 m més superficials de pou. 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).

3) Una vegada s'han extret els elements aliens i s'han realitzat els talls o obertures s'ha de bombar el pou per extreure l'aigua bruta i desinfectar amb una solució d'hipoclorit.

4) Omplir el pou amb materials sòlids inerts (agregats) per a aconseguir una reconstitució del terreny fins a un estat similar a les condicions geològiques originals. Per als pous de gran diàmetre s'omplirà el pou des del fons fins al nivell estàtic màxim, mentre que als pous de diàmetre

inferior a 0,5 m s'omplirà des del fons fins a 1 m per sota del nivell estàtic màxim. Aquesta acció només es podrà dur a terme quan el diàmetre sigui superior a 2 polzades. La mida de les partícules sempre haurà de ser inferior a ¼ del diàmetre del pou. El material no pot estar contaminat i ha de ser geoquímicament inert en contacte amb l'aigua subterrània o amb els materials geològics presents. És necessari fer un seguiment de l'operació d'ompliment per controlar que no es produeixen ponts.

5) Sobre l'agregat es posarà un segell de bentonita. La potència d'aquest segell serà d'1,5 m per als pous de diàmetre inferior a 0,5 m, mentre que per als pous de gran diàmetre es permetrà una potència mínima de 0,5 m.

6) Per sobre d'aquest segell s'ha d'omplir el pou amb àrids inerts fins a 1 m per sota del nivell del terreny.

7) La clausura del tram més superficial es pot realitzar de dues maneres. Si l'administració considera que és necessària la restauració del medi i el pou es localitza a més de 50 m d'una edificació existent, el metre més superficial es cobrirà amb terra orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (veure figura 7 A). Quan el pou es localitza a menys de 50 m d'una edificació existent, o no es consideri necessària la restitució del medi, es realitzarà un segell amb formigó de l'últim metre i es construirà un dau de formigó amb pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 m per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 m (veure figura 7 B).

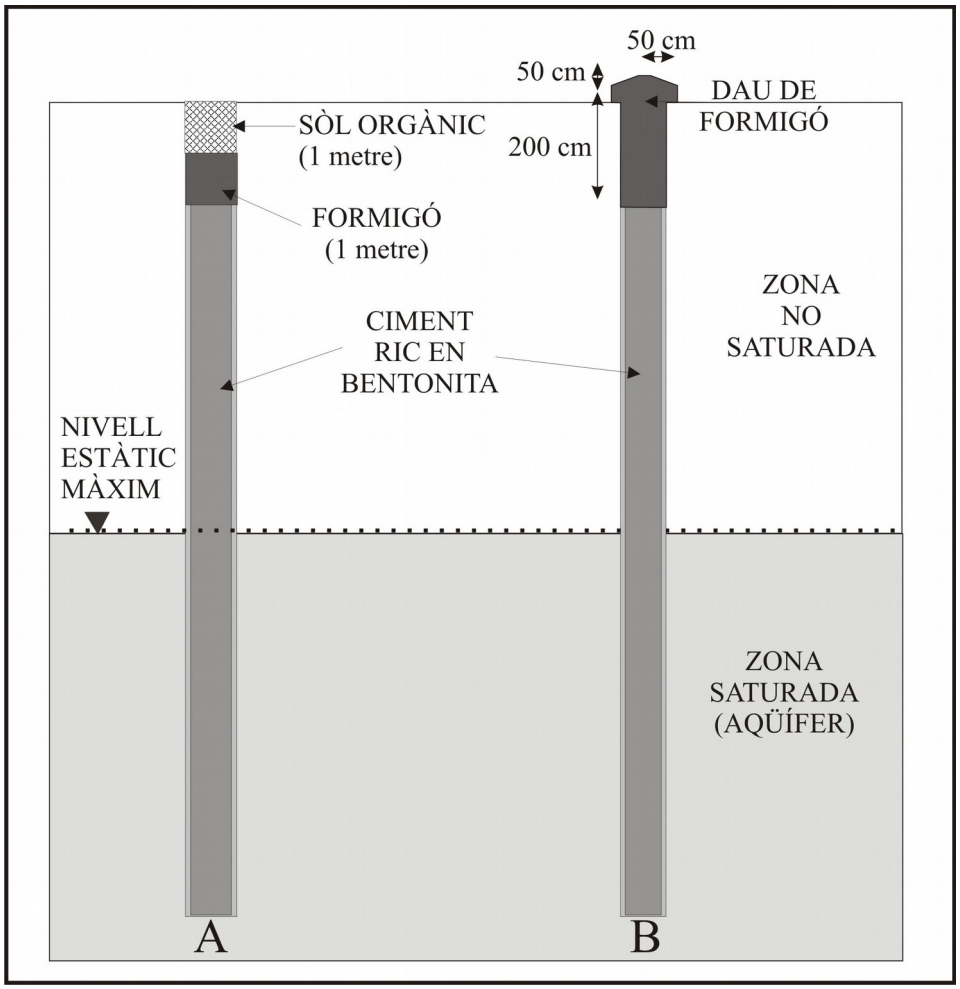


Figura 7.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou superficial o d'aqüífer únic.

2.4.2.2. Clausura de pous d'aqüífer multicapa

En els casos en què el pou exploti diverses capes aqüíferes i es disposi d'informació sobre la situació d'aquestes capes, la clausura definitiva del pou s'haurà de realitzar partint de la columna litològica del pou o disposició vertical de les capes aqüíferes. Els passos a seguir seran similars als que s'han de seguir per als pous d'aqüífer únic o superficial, però serà necessària la col·locació de diversos taps o ponts de bentonita en funció de la distribució dels estats productius. Els passos a seguir en aquests casos seran:

1) Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que poguessin deteriorar-se. És obligatori retirar els 3 m més superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari en, almenys, els 2 m superiors del pou. Quan l'entubat sigui de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant la reperforació del pou.

2) Si no és possible extreure la canonada per complet a causa d'un risc d'ensorrament del pou o de ruptura de la canonada és necessari realitzar

un tall i obertura de la canonada de revestiment. El tall o obertura serà necessària en els 3 m més superficials de pou i en aquells sectors que han de ser segellats amb bentonita (bàsicament els sostres de les capes aqüíferes).
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).

3) Una vegada s'han extret els elements aliens i s'han realitzat els talls o obertures s'ha de bombar el pou per extreure l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.

4) Omplir el pou amb materials sòlids inerts (agregats), des del fons fins a 1 m per sota del sostre del primer estrat aqüífer, per aconseguir una reconstitució del terreny fins a un estat similar a les condicions geològiques originals. Aquesta acció només es podrà dur a terme quan el diàmetre sigui superior a 2 polzades. La mida de les partícules sempre haurà de ser inferior a ¼ del diàmetre del pou. El material no pot estar contaminat i ha de ser geoquímicament inert en contacte amb l'aigua subterrània o amb els materials geològics presents. És necessari fer un seguiment de l'operació d'ompliment per controlar que no es produeixen ponts.

5) Sobre l'agregat es posarà un segell de ciment ric en bentonita d'un mínim de 0,5 m de potència.

6) Després del segell s'ha de repetir el pas 4 (omplir el pou amb agregat fins a 1 m per sota del següent estrat aqüífer) i seguidament el pas 5 (dur a terme un segell de ciment ric en bentonita amb un mínim de 0,5 m de potència). Els passos 4 i 5 s'hauran de repetir tantes vegades com aqüífers existeixin a la vertical de la perforació. Aquesta acció permetrà aïllar els diversos aqüífers entre ells i evitar la contaminació vertical entre cada un dels aqüífers que travessi el pou.

7) Per sobre de l'últim segell de bentonita (el que es correspon amb l'aqüífer més superficial) s'ha d'omplir el pou amb àrids inerts fins a 1 m per sota del nivell del terreny.

8) Com en el cas anterior, la clausura del tram més superficial es pot realitzar de dues maneres. Si l'Administració considera que és necessària la restauració del medi i el pou es localitza a més de 50 m d'una edificació existent, el metre més superficial es cobrirà amb terra orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (veure figura 8 A). Quan el pou es localitza a menys de 50 m d'una edificació existent, o no es consideri necessària la restitució del medi, es realitzarà un segell amb formigó de l'últim metre i es construirà un dau de formigó amb pendent

cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 m per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 m (veure figura 8 B).

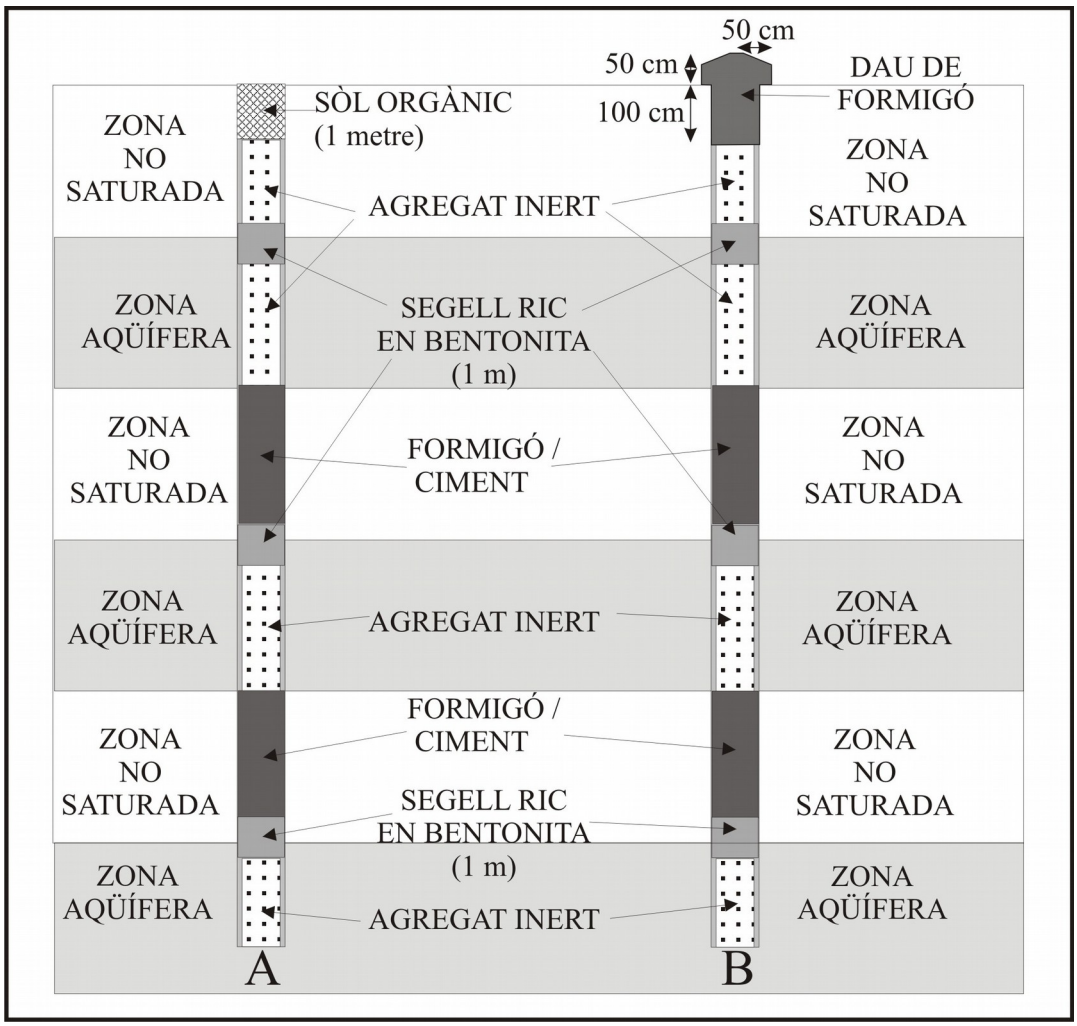


Figura 8.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou en aqüífer multicapa.

2.4.2.3. Clausura de pous en terrenys no consolidats

En aquells casos en què el terreny no està ben consolidat, el primer pas és la retirada dels elements de l'interior del pou, que es limitarà a l'extracció de la bomba i altres elements aliens, no sent necessària l'extracció de la canonada. Els passos a realitzar són:

1) Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, cables o altres elements) que poguessin deteriorar-se, deixant intacta la canonada de revestiment.

2) Una vegada s'han extret els elements aliens s'ha de bombar el pou per extreure l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.

3) Una vegada desinfectat s'haurà de segellar el pou mitjançant la injecció de ciment ric en bentonita a pressió des del fons fins a 1 metre de la superfície. A causa de la inestabilitat de les parets del pou relacionada amb la naturalesa del terreny, en aquests casos serà necessari realitzar la injecció de la pasta o ciment alhora que s'extreu la canonada de revestiment. Així, la retirada de la canonada haurà de fer-se alçant-la lentament i, simultàniament, injectar la pasta de ciment des del fons del pou mitjançant una canonada auxiliar. En aquesta operació cal tenir la precaució que sempre el nivell del ciment injectat es mantingui per dins de la camisa, és a dir, el nivell del ciment ha d'estar a una cota més alta que la part més baixa de la canonada que es retira. Per a què aquesta operació es realitzi amb èxit serà necessari estimar el volum de material necessari per omplir la captació i preparar-lo prèviament a la retirada de la canonada. Quan no és possible retirar la canonada, s'efectuarà el tall per a l'obertura de la camisa i el posterior ompliment amb material cementant i la construcció del tap superficial.

4) La clausura de l'últim metre de la captació també podrà realitzar-se de dues maneres. Si l'Administració considera que és necessària la restauració del medi i el pou es localitza a més de 50 m d'una edificació existent, el metre més superficial es cobrirà amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny. Quan el pou es localitza a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es considera necessària la restitució del medi, es realitzarà un segell amb formigó de l'últim metre i es construirà un dau de formigó amb pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 m per sobre del terreny natural.

Si es disposa d'informació precisa i suficient de la profunditat i gruix de cada aqüífer travessat, és possible col·locar arenes o graves netes a cada zona aqüífera i instal·lar únicament material segellant impermeable entre els aqüífers, amb cura que cada segell sobrepassi en ambdós extrems almenys 0,5 m els límits de cada nivell aqüífer. Per evitar obstruccions o ponts, l'abocament de l'agregat es farà poc a poc, sent necessari controlar l'evolució del farcit i de verificació de no formació de ponts.

2.4.2.4. Clausura de pous en terrenys amb fracturació lleu

Quan el terreny presenta una fracturació lleu, les operacions a realitzar seran iguals a les realitzades per a pous en aqüífers multicapa (apartats 2.4.2.2). Per tant, en el primer pas serà necessari retirar la canonada del pou i després injectar el material cementant, no sent necessari en aquest cas que ambdues operacions siguin simultànies. Si no és possible retirar la camisa, igualment es procedeix a la injecció del material cementant, no sent necessària l'operació de tall i obertura de la canonada a tot el seu recorregut.

En qualsevol cas, sempre és necessari tallar i extreure els 3 m de la canonada més superficials i col·locar el tampó superficial com en la resta de captacions. Com en la resta de casos, la clausura de l'últim metre de la captació també podrà realitzar-se de dues maneres. Si l'Administració considera que és necessària la restauració del medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial es cobrirà amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny. Quan el pou es localitza a menys de 50 m d'una edificació existent, o no es considera necessària la restitució del medi, es realitzarà un segell amb formigó de l'últim metre i es construirà un dau de formigó amb pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 m per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 m.

2.4.2.5. Clausura de pous en terrenys molt fracturats o carstificats

En aquest cas, a més de les tasques inicials de mesurament de nivell estàtic de l'aigua i profunditat del pou, serà necessari verificar també a quina profunditat comença la cavitat càrstica o la zona de gran fracturació, per adequar les operacions a realitzar dins del pou. En aquesta tipologia de pou, per les seves característiques geològiques i la mida dels buits, sovint no resulta fàcil o possible el farcit complet de la perforació. Però malgrat això, hi ha dues possibles alternatives que són:

a) Farcit de la cavitat amb clastes no contaminats de gran mida.

b) Inserció d'un tampó o obturador ("packer") just a sobre del començament de la zona de fractura o el karst.

En ambdós casos, cal col·locar un tap de formigó per sobre de la zona carstificada d'almenys 1 metre d'espessor. La resta del sondeig es clausurarà d'acord amb els procediments ja descrits, que estaran en funció de les característiques del pou i del terreny. En qualsevol cas, sempre és necessari tallar i extreure els 3 m de canonada més superficials i col·locar el tampó superficial com en la resta de captacions.

2.4.2.6. Clausura de pous emergents

En aquells casos en què el nivell piezomètric del pou sigui superior a la cota de la boca del pou, és a dir, quan el pou sigui artesià, serà necessari reduir la pressió de l'aigua i aturar el flux ascendent de la mateixa. Això es pot aconseguir de dues formes:

a) Posar clastes al fons amb diàmetre de partícules menors a ¼ del diàmetre del pou.

b) Mitjançant un obturador o "packer" que s'ajusti al diàmetre del pou i quedi a la profunditat més gran possible per sobre de la zona d'aportació d'aigua, per interrompre o disminuir el cabal de surgència.

Si amb cap d'aquests dos mètodes s'aconsegueix reduir la pressió ascendent de l'aigua, 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 segellament.

Una vegada continguda la surgència d'aigua, es procedirà al segellament del pou, d'acord amb l'exposat en els punts anteriors en funció de la tipologia de terreny i aqüífer. Les barreges segellants han de preparar-se amb el mínim d'aigua possible per evitar la dilució abans de l'enduriment i es col·locaran de forma immediata a la seva preparació en una maniobra continua sense interrupcions.

2.4.2.7. Clausura de pous de naturalesa no coneguda

En molts casos la informació disponible sobre la captació és bastant limitada i no és possible fer un projecte de clausura de pou relacionat amb les característiques de la captació. Així és molt probable que es desconegui si el pou està entubat o no i quina és la situació de les zones aqüíferes. En aquests casos, i a causa que la captació pot comunicar diverses zones aqüíferes amb nivells piezomètrics o qualitats diferents, serà necessari clausurar el pou de manera que s'asseguri la no connexió entre aqüífers. Els passos a seguir seran:

1) Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que poguessin deteriorar-se. És obligatori retirar les restes superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari almenys en els 2 metres superiors del pou. Quan l'encamisat és de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant la reperforació del pou.

2) Una vegada s'han extret els elements aliens s'ha de bombar el pou per extreure l'aigua bruta i desinfectar amb una solució d'hipoclorit.

3) Una vegada desinfectat haurà de segellar el pou mitjançant la injecció de ciment amb bentonita a pressió des del fons fins a 2 m de la superfície. En aquesta operació serà necessari utilitzar una canonada auxiliar per injectar el ciment.

4) La clausura dels últims 2 m de la captació també podrà realitzar-se de dues maneres. Si l'Administració considera que és necessària la restauració del medi i el pou es localitza a més de 50 m d'una edificació existent, el metre més superficial es cobrirà amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (veure figura 9 A). Quan el pou es localitza a menys de 50 m d'una edificació existent, o no es

considera necessària la restitució del medi, es realitzarà un segell amb formigó de l'últim metre, i es construirà un dau de formigó amb pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 m per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 m (veure figura 9 B).

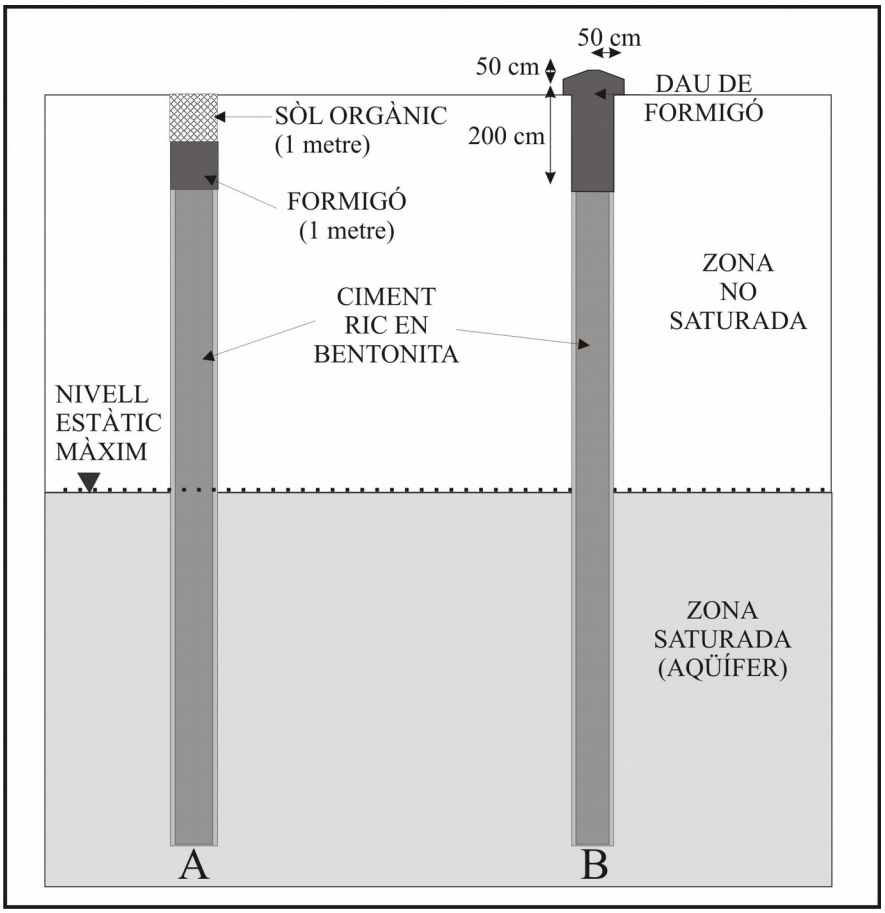


Figura 9.- Esquema del procediment a seguir per a la clausura d'un pou de característiques desconegudes.