

## ANEXO 2. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y ABANDONO DE SONDEOS Y/ O POZOS

<b>1. MATERIALES DE RELLENO Y SELLADO DE POZOS.....</b>	<b>2</b>
1.1. MATERIALES PERMEABLES (AGREGADOS O ÁRIDOS).....	3
<b>1.2. MATERIALES IMPERMEABLES O DE SELLADO .....</b>	<b>3</b>
1.2.1. <i>Cemento</i> .....	4
1.2.2. <i>Bentonita</i> .....	5
1.3. COLOCACIÓN DEL MATERIAL SELLANTE .....	6
1.3.1. <i>Colocación de obturadores o “packers”</i> .....	6
<b>2. CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS DE EJECUCIÓN DE SONDEOS....</b>	<b>7</b>
2.1. MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN .....	7
2.1.1. <i>Colocación de las tuberías</i> .....	7
2.1.2 <i>Cierre o boca de la captación</i> .....	9
2.1.3 <i>Desinfección, contador volumétrico y cumplimiento de prescripciones</i> .....	9
2.2. CEMENTACIÓN .....	10
2.2.1 <i>Profundidad de cementación</i> .....	11
<b>3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA CLAUSURA DE POZOS O CALICATAS</b>	<b>16</b>
.....	
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES .....	17
3.2. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE POZOS.....	18
3.2.1. <i>Pozos superficiales o abiertos</i> .....	18
3.2.2. <i>Pozos perforados o sondeos</i> .....	19
3.3. TAREAS PREVIAS AL ACONDICIONAMIENTO DEFINITIVO.....	19
3.3.1. <i>Caracterización del pozo</i> .....	19
3.3.2. <i>Retirada de elementos ajenos</i> .....	20
3.3.3. <i>Desinfección</i> .....	20
3.4. OPERACIONES DE CLAUSURA O SELLADO.....	20
3.4.1. <i>Clausura temporal de un pozo</i> .....	20
3.4.2. <i>Clausura definitiva de un pozo</i> .....	21
3.4.2.2 <i>Clausura de pozos de acuífero multicapa.</i> .....	23
3.4.2.3 <i>Clausura de pozos en terrenos no consolidados</i> .....	25
3.4.2.4. <i>Clausura de pozos en terrenos con fracturación leve</i> .....	26
3.4.2.5. <i>Clausura de pozos en terrenos muy fracturados o carstificados</i> .....	27
3.4.2.6. <i>Clausura de pozos surgentes</i> .....	27
3.4.2.7. <i>Clausura de pozos de naturaleza no conocida.</i> .....	28
3.5. INFORME FINAL.....	29

## INTRODUCCIÓN

A fin de garantizar la protección del dominio público hidráulico de todo tipo de contaminación, y en base al artículo 35 de la ley 8/2004, de 23 de diciembre, de medidas tributarias y administrativas, el Organismo de Cuenca elaboró el Decreto 108/2005, de 21 de octubre, que regula las condiciones técnicas de autorizaciones y concesiones de aguas subterráneas y de ejecución y abandono de los sondeos en el ámbito de las Illes Balears. A pesar de la existencia de este decreto, en cuanto a las condiciones técnicas de ejecución y abandono de los sondeos y, a efectos de protección del dominio público hidráulico, se considera conveniente desarrollar y concretar los aspectos constructivos y de abandono de las captaciones en función de las características hidrogeológicas de cada captación.

Es casi imposible plasmar y detallar todas las situaciones y los parámetros a aplicar en cada caso, por esta razón cada circunstancia concreta deberá ser analizada en los correspondientes estudios hidrogeológicos preceptivos mediante los métodos de valoración adecuados (GOD, IMPACT, REMSE, BOLSENKONTER, etc.). Se establecen una serie de situaciones hidrogeológicas tipo que permiten agrupar los parámetros a aplicar en una serie de rangos, sin perjuicio de las normas que para cada acuífero o zona del mismo puedan establecerse en el futuro.

Se debe considerar también que los pozos son construcciones que pueden representar un riesgo físico para las personas, sobre todo cuando tienen gran diámetro. Además los pozos existentes pueden representar también un riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, ya que son una vía de entrada preferente y rápida para los contaminantes desde la superficie del terreno hasta el acuífero o pueden poner en contacto dos acuíferos con calidades químicas diferentes. Así, las aguas de escorrentía superficial pueden entrar directamente por la tubería o por el espacio que hay entre la tubería y el terreno hasta la zona saturada de agua (acuífero), lo que impide que el proceso de depuración natural que tiene lugar cuando el agua se infiltra a través del terreno sea efectivo. Por otro lado, cuando un pozo está abandonado o en desuso, suelen desaparecer los elementos de protección básicos en torno al mismo incrementando el riesgo físico para las personas y el riesgo de contaminación del acuífero.

Es necesario, por tanto, prevenir tanto los accidentes como la afección a las aguas subterráneas, ya que éstas constituyen la fuente principal de suministro público de agua potable en Baleares, y por extensión son el recurso hídrico más sensible e importante de la Unión Europea, hecho remarcado explícitamente en la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la

contaminación y el deterioro (conocida como Directiva Hija de aguas subterráneas).

El presente anexo se estructura en dos apartados diferentes. El primero se refiere a la construcción de pozos, mientras que el segundo se refiere al abandono de los pozos negativos o en desuso. Se incluye también, a manera introductoria, un primer capítulo en el que se describen los materiales que se emplean en la cementación de los pozos de nueva creación y en el abandono de pozos negativos o abandonados.

## **1. MATERIALES DE RELLENO Y SELLADO DE POZOS.**

Para el relleno de un pozo o sondeo abandonado o negativo o para la cementación del espacio anular se utilizan básicamente dos tipos de materiales: materiales permeables (que permiten el flujo de agua a través suyo), y materiales impermeables o sellantes (que no permiten el flujo de agua).

El relleno de pozos abandonados se realiza, generalmente, con la combinación de estos dos tipos de materiales, pero en cada situación será necesario estimar en qué proporción se utilizarán.

Por otra parte para la cementación del espacio anular existente entre la tubería de un sondeo y la roca sólo se pueden utilizar materiales impermeables.

En todos los casos los materiales utilizados deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deben ser químicamente inertes en contacto con el agua subterránea o con las formaciones geológicas atravesadas y no deben presentar riesgo para la salud de los operadores ni exigir medidas complejas durante su manipulación.
- Deben tener un coste razonable.

Por otro lado, los materiales que se usan para el sellado del espacio anular de un pozo de nueva creación o para el sellado de un pozo existente deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deben tener baja permeabilidad para impedir el flujo de agua.
- Deben poder ser colocados dentro de la tubería al espacio anular (espacio entre tubería y pared del pozo) el cual implica un tamaño de grano pequeño.
- Deben ser de fácil preparación y colocación en el pozo, ya que a menudo se debe utilizar una tubería de pequeño diámetro.

Hay que considerar que no es necesario que se cumplan todas estas condiciones, así, en función del tipo de pozo y acuífero serán de aplicación unas normas u otras.

### **1.1. MATERIALES PERMEABLES (AGREGADOS O ÁRIDOS)**

Se trata de aquellos materiales sólidos de relleno que sirven para llenar el pozo o perforación, y que a la vez permiten el flujo de agua. Básicamente son arenas, piedras o materiales similares que son utilizados para rellenar el pozo en los tramos donde no hay requerimientos especiales. Estos materiales deben provenir de canteras en activo, aunque en casos debidamente justificados se pueden usar materiales que estén disponibles en la propia finca donde se ubica el pozo. En todos los casos deben ser materiales libres de contaminantes y químicamente inertes en contacto con el agua subterránea.

En aquellas zonas del pozo donde interesa mantener un flujo de agua o cuando el volumen requerido para rellenar el pozo es muy grande no suele ser recomendable utilizar exclusivamente materiales sellantes (cemento o bentonita). En estos casos, se deben utilizar materiales específicos para aislar ciertos tramos concretos de la perforación, y rellenar el resto de la perforación con agregados o áridos.

Los agregados deben estar limpios, sin contaminantes y deben ser de tamaño apropiado para minimizar atascos o la formación de puentes durante su colocación. El diámetro de partícula de los agregados no debe ser mayor de la cuarta parte ( $\frac{1}{4}$ ) del diámetro del pozo por el que deben pasar durante su colocación. Como usualmente los agregados son vertidos desde la superficie del pozo, se debe tener cuidado durante esta operación para prevenir la formación de atascos o puentes dentro del pozo. Esto exige verificar el progreso de la operación con mediciones frecuentes de profundidad.

### **1.2. MATERIALES IMPERMEABLES O DE SELLADO**

Los materiales impermeables o sellantes consisten en una combinación o mezcla de cemento Portland y arcilla "bentonita", y para ciertas operaciones hormigón. Estos materiales son los que se deben usar en la clausura de pozos y en la cementación del espacio anular de la parte superior de un pozo de nueva construcción ya que son una barrera de protección para el agua. Así, los materiales impermeables impiden la migración del agua a través del pozo, del espacio anular, o de las fracturas y aberturas adyacentes al agujero del pozo.

La mezcla debe ser formulada para minimizar el encogimiento y asegurar la compatibilidad con las características químicas del agua. Para colocar la pasta sellante en el pozo, generalmente será necesario utilizar una bomba de cementación y una tubería auxiliar. Este método provoca el desplazamiento

positivo del agua en el pozo (ascenso), y minimiza la dilución o separación de la pasta cementante. En la operación de clausura de pozos se debe considerar que hay que esperar el tiempo de endurecimiento suficiente del sello antes de añadir "agregados" encima. Cuando se debe realizar la cementación del espacio anular de la captación y para que la pasta sellante pueda ser inyectada con facilidad, se recomienda que la densidad del material sea del orden de los 1,9 g/cm<sup>3</sup>.

### **1.2.1. Cemento**

El cemento es un aglomerante hidráulico obtenido por cocción y posterior molienda, de una mezcla de piedra caliza y arcilla, en proporciones de 3 a 1. Cuando el cemento se mezcla con agua se suceden diversas reacciones químicas que llevan al fraguado. Durante este proceso se libera calor, el cual puede afectar a las tuberías de PVC, e inducir una pérdida de adhesión entre la tubería y el sello de cemento. El comportamiento del cemento depende de la calidad del agua de preparación y de la del pozo.

Está documentado el efecto negativo de grasas, aceites, azúcares y ácidos en la efectividad del cemento por lo tanto hay que tener especial cuidado en la calidad del agua con la que se prepara el cemento, así como también la del agua del pozo con la que entrará en contacto.

A nivel internacional, los requerimientos especificados en la norma ASTM C150 "Standard Specifications for Portland Cement", o la norma API 10B, reflejan las características que debe tener el cemento para las mezclas sellantes. En España, podrán tenerse en cuenta estas normas o sus correspondientes con las normas AENOR.

Hay varias consideraciones a tener en cuenta:

- La emulsión de cemento puro es especial para sellar aberturas pequeñas, penetrar el espacio anular vacío por fuera de la tubería, y llenar espacios en la roca circundante. Tiene algunas desventajas como el encogimiento después del endurecimiento y la posible formación de microfisuras en el contacto con la tubería. Cuando se prepara con proporciones mayores de agua, disminuye la resistencia a la compresión y aumenta la retracción. Por ello, si bien una fluidez más alta del preparado tiene la ventaja de una mayor facilidad de inyección, no es recomendable utilizar más de 20 litros de agua cada 50 kg de cemento.

La pasta de cemento se prefiere, en general, respecto al hormigón porque evita el problema de la separación entre los agregados y el cemento.

- La emulsión de hormigón consiste en la mezcla de cemento, arena y agua. El agregado de arena produce un menor encogimiento o retracción y una mayor adherencia en el encamisado y en la pared del pozo. Asimismo la presencia de la arena favorece el taponamiento de los espacios intergranulares de formaciones permeables. Estas emulsiones generalmente son utilizadas como relleno de la parte superior del pozo por encima de la zona con agua para conectar secciones cortas de la tubería, o para el llenado de pozos de gran diámetro. También son especialmente recomendables para el sellado de pozos surgentes o pozos de agua con zonas cavernosas. El mortero únicamente puede ser vertido en el pozo si no hay columna de agua, en caso contrario se debe inyectar desde el fondo hacia arriba mediante tubería.

Las emulsiones de hormigón, crean un sellado más fuerte que el cemento puro, pero no penetran tan bien en las fisuras, grietas e intersticios, y no deberían ser colocadas bajo el nivel del agua, salvo que se emplee una bomba de lodos y tubería auxiliar para inyectarla.

- Los aditivos como la bentonita pueden ser utilizados para mantener las partículas de cemento en suspensión, reducir la retracción y mejorar la fluidez, pero hay que tener presente que la proporción de bentonita debe ser de entre un 2 y un 6%. Es recomendable mezclar primero la bentonita con el agua y luego agregar el cemento. En cuanto a los aditivos para las mezclas con el cemento Portland, se recomiendan las especificaciones internacionales de la norma ASTM C494 "Standard Specifications from Chemical Admixtures for Concrete" o la API RP 10B. En España podrán tenerse en cuenta estas o sus correspondientes con las normas AENOR.

### **1.2.2. Bentonita**

La bentonita es una arcilla montmorillonítica que aumenta de volumen (hasta 10 veces) en contacto con agua, y permanece en suspensión durante períodos de tiempo suficientemente largos. Da lugar a una suspensión de baja densidad y alta viscosidad. La pasta de bentonita produce un secado más rápido y tiene una mejor adherencia con el suelo y la tubería.

La bentonita se puede presentar de diversas maneras o productos:

- Bentonita en polvo. La mezcla de bentonita en polvo con agua en una proporción de 15% a 20% en peso resulta fácilmente manejable y genera un sellado adecuado. Conviene realizar la mezcla con hormigonera, para su mejor emulsión, y colocar la mezcla en el pozo mediante inyección por tubería y bomba de lodos desde el fondo hacia la superficie, terminando en las proximidades de la boca del pozo con un tapón de cemento o bentonita en pellets.

- Bentonita fracturada. Tiene una menor relación área/masa que la bentonita en polvo, por ello presenta una hidratación más lenta y una menor dilatación. Esto puede ser útil a la hora de ser bombeada hacia el fondo del pozo. Su mezclado debe ser suave, utilizando palas. La preparación de la mezcla debe realizarse en un rango de 220 a 300 litros de agua por cada 40 kg de bentonita. La máxima viscosidad de la pasta de bentonita que puede ser bombeada es la formada por la mezcla de 300 litros de agua cada 40 kilogramos de bentonita. Este máximo de concentración puede producir un encogimiento de hasta un 25%. No se da encogimiento en mezclas de 220 litros de agua cada 40 kilogramos de bentonita.

- Pellets o granos de bentonita. Cuando es en forma de grano o "pellet" la bentonita puede ser vertida directamente sin agregar agua desde la boca del pozo, no siendo necesario inyectarla desde el fondo. Hay que evitar que se formen puentes a lo largo de la columna, respetando las velocidades de vertido recomendadas por el fabricante e introduciendo periódicamente una herramienta que rompa los posibles puentes que se hayan formado.

### **1.3. COLOCACIÓN DEL MATERIAL SELLANTE**

Cuando se realiza un sellado con material cementante o se ha de llenar el espacio anular de un pozo, la mezcla debe ser inyectada a presión para asegurar el llenado de la perforación y también la penetración en el terreno circundante de cómo mínimo una pulgada a partir del diámetro exterior del agujero. La inyección debe hacerse con tubería auxiliar desde el fondo hacia arriba, de manera continua y sin interrupciones, para evitar la formación de puentes y la dilución de la mezcla, especialmente cuando se está inyectando por debajo del nivel estático. La mezcla de la arena o la arcilla con el cemento debe ser previa a su colocación, sin dejarla reposar demasiado tiempo para evitar un endurecimiento anticipado en superficie.

Cuando se quiera realizar un sellado con bentonita en "chips" o "pellets", ésta deberá ser vertida lentamente y detener la operación cada 20 kg de arcilla para medir el fondo y verificar que no se hayan generado puentes. En este caso será necesario introducir alguna herramienta de peso que los rompa. Cuando se llene con bentonita en "pellets" o "chips" por encima del nivel estático del agua, se tendrá que verter agua al menos cada 1,5 m de ascenso del nivel del relleno para facilitar la expansión de la bentonita de forma adecuada.

#### **1.3.1. Colocación de sellos puente**

Los sellos puente (packers, en inglés) son obturadores expansibles neumáticos o mecánicos, generalmente hechos de un material expandible, como aluminio,

madera, goma o neopreno, que permiten colocar un tapón a una altura determinada con el fin de aislar tramos del pozo. Posibilitan por ejemplo la adición de agregados encima.

Un sello puente se puede usar para aislar zonas fracturadas, cavernosas o para aislar dos zonas productoras en el pozo, además de ofrecer la integridad estructural necesaria para soportar materiales por encima (y por tanto, proteger a los agregados o sellantes subyacentes, de fuerzas de compresión excesivas).

## **2. CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS DE EJECUCIÓN DE SONDEOS**

Con el fin de proteger el dominio público hidráulico subterráneo de cualquier tipo de contaminación, la ejecución de sondeos de captación de aguas subterráneas se ajustará a unas condiciones técnicas mínimas. Estas se refieren básicamente al método de construcción (descenso de las tuberías de revestimiento, cierre o boca de la captación...), y en especial a la cementación del espacio anular.

### **2.1. MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN**

En cuanto a los materiales a utilizar y a las técnicas de construcción de pozos se deben seguir una serie de criterios que ayudan a garantizar la durabilidad de la protección del dominio público hidráulico.

- Cuando las tuberías sean de tubos de 'chapa naval' estos deben tener un mínimo de 4 mm de espesor.
- En la colocación de la tubería es necesario utilizar como mínimo un centrador a 120 ° cada 12 m.
- Para garantizar la eficacia de las operaciones de cementación, las desviaciones de la vertical de las perforaciones no pueden ser superiores a 1 ° por cada 50 m de perforación (1°/50 m).
- Cuando se realice la instalación de los equipos de extracción (bombas) y accesorios (tubería de impulsión, tubo piezométrico, cables, etc.), el promotor de la obra debe garantizar que se toman las medidas necesarias para garantizar la estanqueidad.

#### **2.1.1. Colocación de las tuberías**

En cualquier pozo o sondeo que se ejecute el método para descender las tuberías se realizará de forma que se asegure que no existen agujeros en la tubería. En este sentido se recomienda utilizar, siempre que sea posible, tuberías que puedan unirse mediante rosca.



En caso de que se descendan las tuberías de revestimiento por el método de la barra y perforaciones, será estrictamente necesario que las citadas perforaciones se sellen nuevamente mediante soldadura continua, una vez colocado cada tramo.

En los sondeos telescópicos, aquellos en que hay una disminución del diámetro en profundidad, las tuberías de diferente diámetro se podrán colocar siguiendo dos metodologías diferentes (ver figura 1).

Una primera opción es apoyar la tubería exterior en la roca. En este caso será necesario cementar el espacio anular entre la tubería interior y la tubería exterior así como el espacio anular entre la tubería exterior y la roca. Para tal operación será necesario la utilización de un obturador que permita cementar la zona situada por encima del mismo.

En estos casos no se permitirá dejar el espacio anular entre tuberías sin cementar.

Una segunda opción es unir las dos tuberías de diferente diámetro mediante un embudo. En este caso también será necesario utilizar un obturador para cementar la parte superior del pozo.

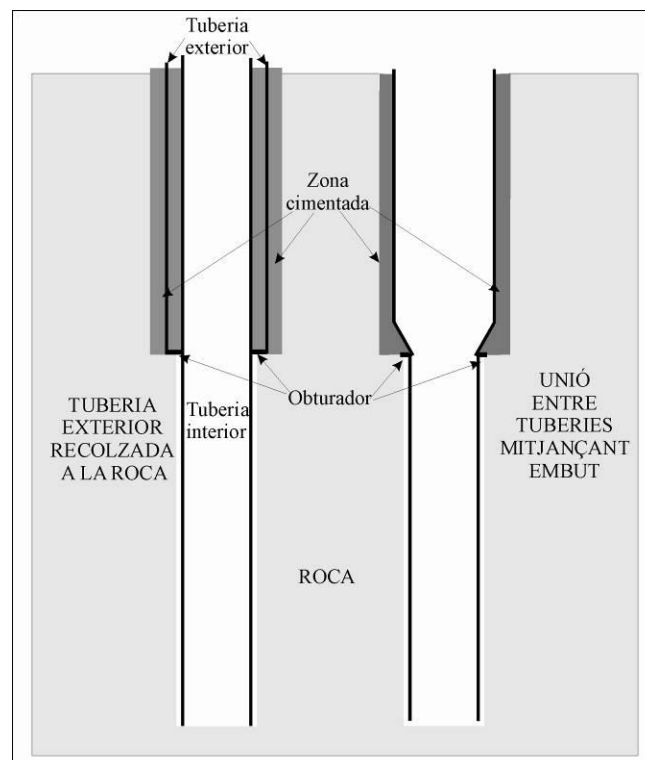


Figura 1. Colocación de las tuberías.

### 2.1.2 Cierre o boca de la captación

Para evitar la entrada de aguas exteriores y posibles contaminantes, la tubería de revestimiento del pozo debe sobresalir entre 30 y 50 centímetros por encima de la superficie del terreno y sobre esta se dispondrá, alrededor de dicha tubería, una placa de cemento con un espesor mínimo de 30 centímetros en el centro y de 15 en los bordes, de forma que su cara superior tenga pendiente hacia la periferia en todas las direcciones. La placa debe tener una anchura mínima de 50 centímetros alrededor de la tubería y un espesor mínimo enterrado de 30 centímetros (ver figura 2).

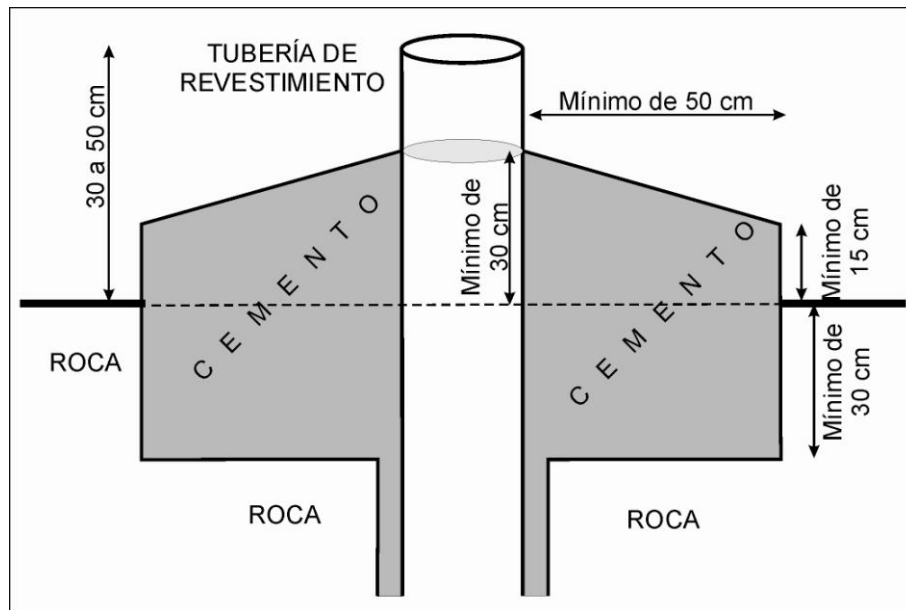


Figura 2. Cierre o boca de la captación.

### 2.1.3 Desinfección, contador volumétrico y cumplimiento de prescripciones

Hay que recordar que una vez terminada la perforación y, en su caso, el ensayo de bombeo, se debe proceder a la desinfección del pozo y la instalación de un tubo piezométrico y un contador volumétrico. Asimismo, se recuerda que el mantenimiento de todos los elementos de la captación corren a cargo del propietario, y que éste debe facilitar las pertinentes inspecciones de la captación por parte de la Administración Hidráulica.

La Administración Hidráulica podrá realizar las comprobaciones pertinentes relativas al cumplimiento de las prescripciones de la autorización y los registros necesarios para comprobar el correcto sellado, antes de la puesta en funcionamiento del sondeo. Por esta razón es necesario que se comunique a la Administración hidráulica la finalización de las obras de captación antes de instalar en ellas los mecanismos para elevar el agua.

Los directores técnicos, deben certificar el cumplimiento de las condiciones impuestas o, en su caso, adjuntar a la hoja de características un registro de

rayos gamma y un registro sónico, realizado por técnicos competentes, como comprobación del cumplimiento de las condiciones impuestas y de la correcta cementación del sondeo. En caso de que la Administración compruebe que no se han cumplido las prescripciones técnicas indicadas en la autorización de ejecución del sondeo se abrirá un proceso administrativo para la clausura de la captación.

## **2.2. CEMENTACIÓN**

Los proyectos de ejecución de sondeos deben incorporar las correspondientes operaciones de cementación que garanticen que el sondeo no es una vía preferente de contaminación del dominio público hidráulico.

La cementación del espacio anular de los pozos evita la comunicación directa entre el acuífero y las aguas de escorrentía superficial, aísla los diferentes niveles acuíferos de una perforación, evita el vaciado incontrolado y continuo de determinados niveles acuíferos y ayuda a la protección de la tubería. Es necesario que todas las captaciones que se construyan dispongan en su parte más superficial de un tramo cementado. La cementación deberá adaptarse siempre a los siguientes criterios:

- La cementación deberá tener un grosor de corona mínimo de 5 cm. Es decir, entre la tubería y la pared del sondeo se debe dejar un espacio de al menos 5 cm.
- Para que la lechada de cemento pueda tener la suficiente fluidez para ser inyectada en el espacio anular del pozo la concentración de bentonita de la mezcla deberá ser de entre un 2 y un 6%. Asimismo la densidad recomendable será de 1,9 g/cm<sup>3</sup>.
- El encargado de la obra deberá comunicar el inicio de las operaciones de cementación y sellado a la autoridad hidráulica, para que, si lo considera necesario, personal de ésta pueda estar presente en esta operación.
- Cuando la profundidad de cementación sea inferior a 5 m, el vertido del material sellante se podrá realizar desde la boca del sondeo, no siendo necesario la utilización de varillaje auxiliar ni de bomba de inyección.
- Cuando la profundidad de cementación sea superior a 5 m será necesario utilizar varillaje de fondo o elementos de igual utilidad que pueden ser introducidas por el espacio anular. Asimismo en estos casos será necesario utilizar una bomba de inyección para inyectar el cemento desde el fondo e ir ascendiendo hacia la superficie.

- Las operaciones de cementación deberán realizarse de manera continuada y sin interrupciones para evitar el desagregado del material cementante. Esta operación es especialmente necesaria cuando existe un flujo dentro del sondeo debido a diferentes cargas hidráulicas de acuíferos. Por esta razón, es muy recomendable efectuar un cálculo de la cantidad de material necesario antes de empezar la cementación.
- Cuando la columna a cementar sea de longitud considerable se deberán tener en cuenta las presiones centrípetas ejercidas por la columna de cementación para que éstas no superen la resistencia nominal de la tubería, lo que puede producir el colapso de la misma. En estos casos será necesario realizar la cementación por fases.
- Una vez hayan finalizado las operaciones de cementación no se podrá llevar a cabo ninguna actividad en el pozo hasta que el cemento esté completamente forjado. Debido a que este tiempo depende de los materiales utilizados se fijará, en caso de duda, un tiempo mínimo de 72 horas desde la finalización de la cementación para continuar los trabajos de adecuación del sondeo.
- Cualquier entubación provisional que se haya utilizado en el proceso de construcción del pozo se tendrá que retirar de forma simultánea al proceso de cementación.

### **2.2.1 Profundidad de cementación**

La profundidad hasta la que se ha de cementar el espacio anular está en función del material que aflora en la zona y de las características del acuífero que se explota. Básicamente se pueden presentar cuatro grandes grupos de acuíferos: libres, confinados, superpuestos y multicapa.

En superficie, en Baleares, afloran principalmente dos grandes grupos de rocas sedimentarias: rocas detríticas (arcillas, areniscas y conglomerados) o rocas carbonatadas. Dentro de los materiales carbonatados se pueden diferenciar los carbonatos propiamente dichos (calizas y dolomías), las calcarenitas y las margas. Por otra parte hay que diferenciar también aquellos carbonatos que están fisurados de aquellos que presentan procesos de carstificación importantes.

En base a la distribución de estos grupos de materiales y tipo de acuífero se han clasificado las diferentes masas de agua subterránea definidas en el presente Plan Hidrológico de las Illes Balears, adjudicando a cada una de ellas las profundidades mínimas de cementación que se aplicarán.

En la tabla siguiente y en las figuras 3, 4 y 5 se indican cuáles son los rangos de profundidades de cementación que se aplicarán a cada masa de agua

subterránea. Mientras el proyecto de construcción del pozo presentado no demuestre que en esa zona afloran unos materiales diferentes a la generalidad de la masa, se aplicará la cementación indicada.

En cualquier caso, el proyecto de construcción del pozo deberá indicar y justificar la profundidad de cementación que se pretende realizar. Se debe considerar también que cuando se trata de un acuífero confinado con una cobertura impermeable con un espesor inferior a 5 m solamente será necesario cementar la parte impermeable, es decir, desde el techo del acuífero hasta la superficie del terreno.

En el caso de acuíferos superpuestos (un acuífero libre en superficie y otros acuíferos confinados en profundidad) o acuíferos multicapa (acuíferos formados por una alternancia de capas permeables e impermeables) el proyecto de captación deberá indicar cuál de los acuíferos se pretende explotar. El acuífero que no debe ser explotado se deberá aislar adecuadamente del resto (ver figura 7). Dicho aislamiento se efectuará mediante cementación o sellado del anillo entre el entubado y la pared del sondeo, al menos en un espesor de cinco m desde la base del acuífero que no se pretende explotar. El resto del anillo puede llenarse de grava. Si el espesor de las capas confinantes es menor de cinco m, se debe sellar en todo su espesor.

<b>Código</b>	<b>Nombre de la masa</b>	<b>Profundidad de cementación (m)</b>	<b>Tipo de acuífero</b>	<b>Materiales dominantes</b>
18.01.M1	Coll Andritxol	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.01.M2	Port D'andratx	10 - 15	Libre-Confinado	calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
18.01.M3	Sant Elm	5 - 15	Confinado-Libre	Margas, calizas y detrítico
18.01.M4	Ses Basses	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.02.M1	Sa Peña Blanca	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.02.M2	Banyalbufar	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.02.M3	Valldemossa	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.03.M1	Escorca	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.03.M2	Lluc	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.04.M1	Ternelles	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.04.M2	Port de Pollença	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
18.04.M3	Alcudia	10 - 15	Libre-Confinado	Detrítico margas
18.05.M1	Pollença	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.05.M2	Eixartell	10 - 30	Libre-Confinado	Margas, calizas y dolomías fisuradas
18.05.M3	L'arboçar	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.06.M1	S'Olla	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.06.M2	Sa Costera	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.06.M3	Port de Sóller	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.06.M4	Soller	10 - 15	Libre-Confinado	Detrítico, arcillas y yeso
18.07.M1	Esporles	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.07.M2	Sa Fita des Ram	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.08.M1	Bunyola	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.08.M2	Massanella	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.09.M1	Lloseta	10 - 15	Libre-Confinado	Margas, calizas y dolomías fisuradas

Código	Nombre de la masa	Profundidad de cementación (m)	Tipo de acuífero	Materiales dominantes
18.09.M2	Penyaflor	10 - 15	Libre-Confinado	calizas y detrítico
18.10.M1	Caimari	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.11.M1	Sa Pobla	10 - 15	Libre	Detrítico
18.11.M2	Llubí	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.11.M3	Inca	10 - 15	Superpuestos	Detrítico
18.11.M4	Navarra	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.11.M5	Crestatx	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.12.M1	Galatzó	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
18.12.M2	Es Capdellà	10 - 15	Confinado-Libre	Margas, calizas y dolomías fisuradas
18.12.M3	Santa Ponça	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
18.13.M1	La Vileta	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.13.M2	Palmanova	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
18.14.M1	Xorrigo	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.14.M2	Sant Jordi	10 - 15	Libre	Detrítico
18.14.M3	Pont d'Inca	25 - 40	Superpuestos	Calcarenitas y calizas carstificadas
18.14.M4	Son Reus	10 - 15	Superpuestos	Detrítico
18.15.M1	Porreres	10 - 15	Libre-Confinado	Detrítico, calizas y dolomías fisuradas, margas
18.15.M2	Montuïri	5 - 15	Confinado	Margas y calizas fisuradas
18.15.M3	Algaida	10 - 15	Libre-Confinado	Detrítico, calizas y dolomías fisuradas margas
18.15.M4	Petra	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
18.16.M1	Ariany	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.16.M2	Son Real	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.17.M1	Capdepera	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.17.M2	Son Servera	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.17.M3	Sant Llorenç des Cardassar	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.17.M4	Ses Planes	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.17.M5	Ferrutx	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.17.M6	Es Racó	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.18.M1	Son Talent	10 - 25	Confinado-Libre	Detrítico y Calcarenitas
18.18.M2	Santa Cirga	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.18.M3	Sa Torre	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.18.M4	Justaní	5 - 15	Confinado	Margas y calizas fisuradas
18.18.M5	Sonacià	5 - 15	Confinado	Margas y calizas fisuradas
18.19.M1	Sant Salvador	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.19.M2	Cas Concos	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas margas
18.20.M1	Santanyí	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.20.M2	Cala d'Or	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.20.M3	Portocristo	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.21.M1	Marina de Lluçmajor	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.21.M2	Pla de Campos	10 - 25	Libre	Detrítico y calcarenitas
18.21.M3	Son Mesquida	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
18.NM.01	Dragonera	5 - 15	No masa	Margas, calizas y detrítico
19.01.M1	Maó	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
19.01.M2	Es Migjorn Gran	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
19.01.M3	Ciutadella	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
19.02.M1	Sa Roca	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
19.03.M1	Addaia	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
19.03.M2	Tirant	10 - 15	Libre	Detrítico
19.NM.01	Ferrerries - Cavalleria	5 - 15	No masa	Paleozoico y detrítico
19.NM.02	La Mola - Es Grau	5 - 15	No masa	Paleozoico y detrítico
20.01.M1	Portinatx	10 - 15	Confinado-Libre	Margas, calizas y dolomías fisuradas

Código	Nombre de la masa	Profundidad de cementación (m)	Tipo de acuífero	Materiales dominantes
20.01.M2	Port de Santiquel	40 - 55	Libre	Calizas y dolomías carstificadas
20.02.M1	Santa Agnès	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
20.02.M2	Pla de Sant Antoni	10 - 15	Libre	Detrítico
20.02.M3	Sant Agustí	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
20.03.M1	Cala Llonga	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
20.03.M2	Roca Llissa	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
20.03.M3	Riu De Santa Eulària	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
20.03.M4	Sant Llorenç de Balafia	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
20.04.M1	Es Figueral	10 - 15	Confinado-Libre	Margues, calizas y dolomías fisuradas
20.04.M2	Es Canar	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
20.05.M1	Cala Tarida	20 - 30	Libre	Calizas y dolomías fisuradas
20.05.M2	Port Roig	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
20.06.M1	Santa Gertrudis	5 - 15	Confinado	Margas, calizas y detrítico
20.06.M2	Jesús	10 - 15	Libre	Detrítico
20.06.M3	Serra Grossa	10 - 30	Libre-Confinado	Calizas y dolomías fisuradas, margas y detrítico
21.01.M1	La Mola	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
21.01.M2	Cap de Barbaria	25 - 40	Libre	Calcarenitas carstificadas
21.01.M3	La Savina	10 - 25	Libre	Detrítico y calcarenitas

En aquellas masas formadas por calizas y dolomías fisuradas, margas y materiales detríticos, en las que la cementación se ha establecido en el rango de 10 a 30 m, se deberá considerar que cuando afloran margas materiales detríticos la cementación podrá ser de entre 10 y 20 m, mientras que si afloran calizas o dolomías fisuradas la cementación deberá ser de entre 20 y 30 m.

En aquellas masas en las cuales y según la tabla anterior, afloran básicamente materiales detríticos y calcarenitas, y para las que se ha establecido un rango de cementación de 10 a 25 m, se deberá considerar que cuando afloran materiales detríticos la cementación podrá ser de entre 10 y 20 m, mientras que si afloran calcarenitas la cementación deberá ser de entre 15 y 25 m.

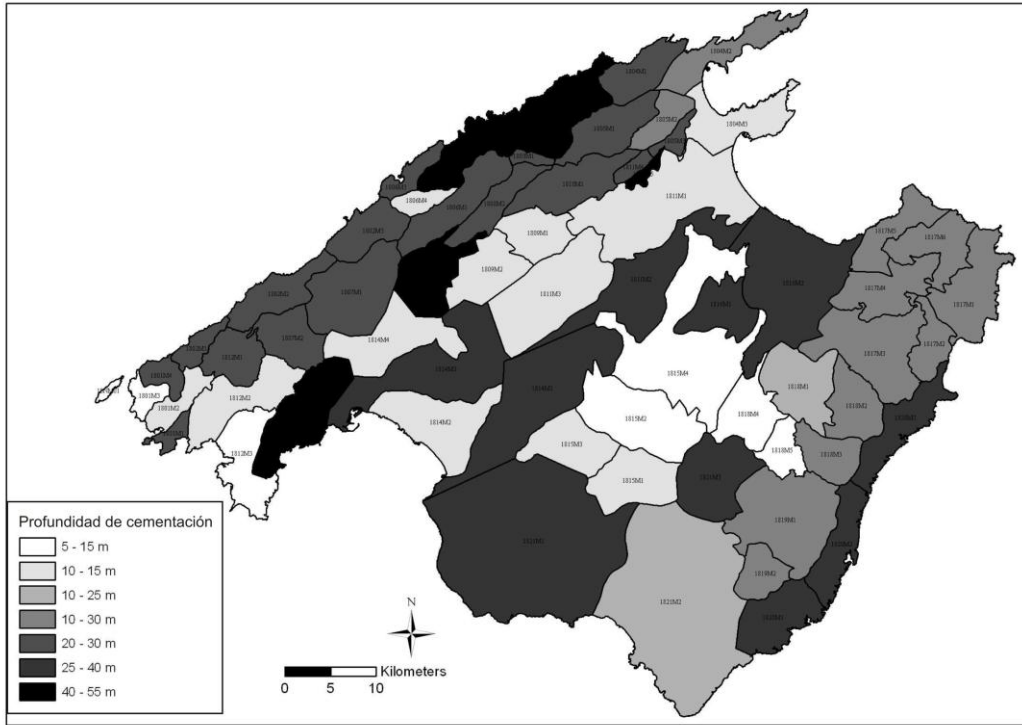


Figura 3: Profundidades de cementación en las masas de agua subterránea de Mallorca.

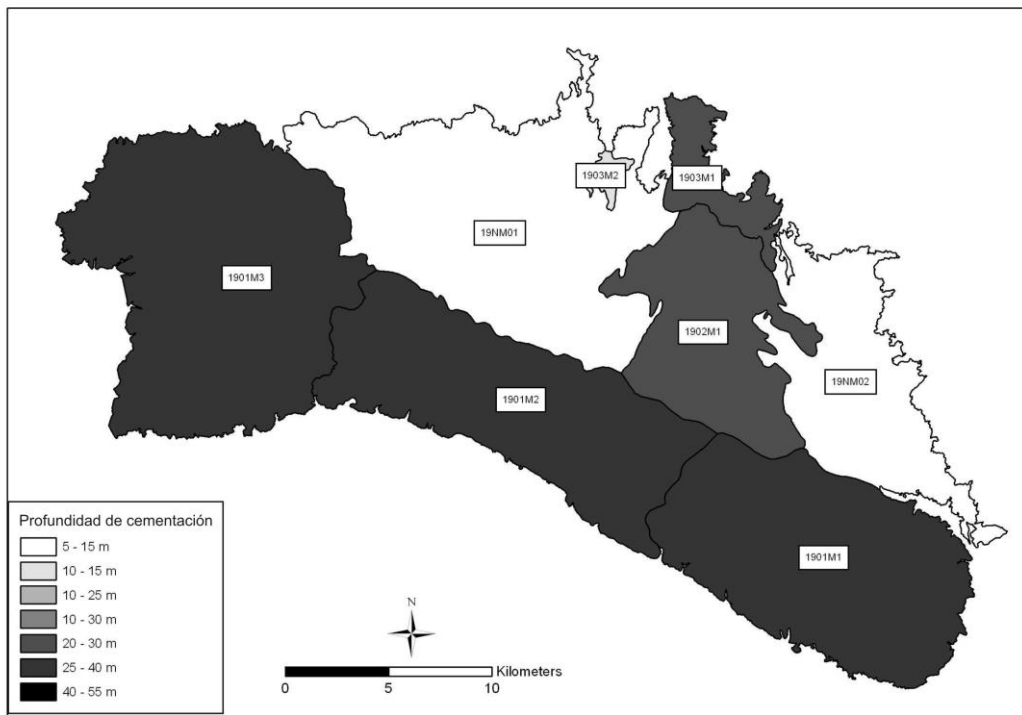


Figura 4: Profundidades de cementación en las masas de agua subterránea de Menorca.



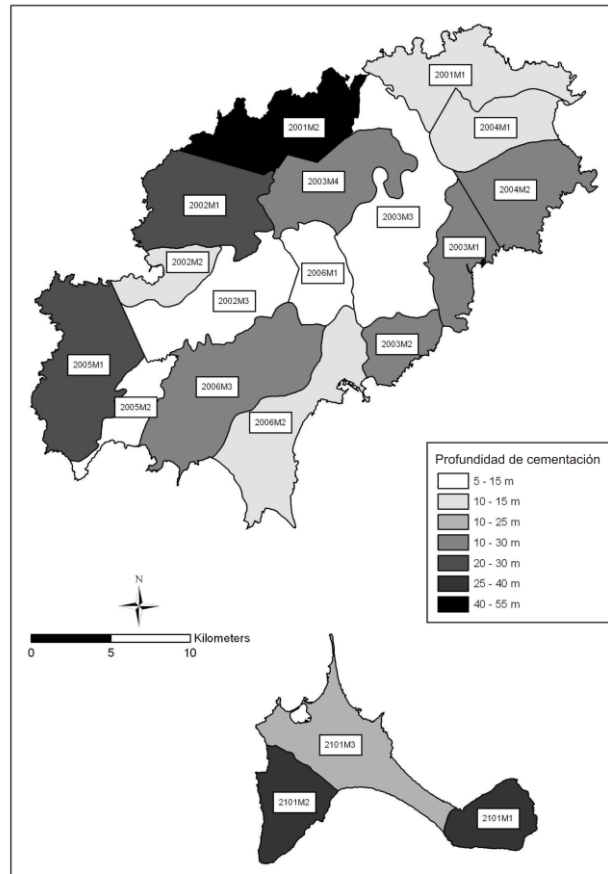


Figura 5. Profundidades de cementación en las masas de agua subterránea Pitiüsses.

### 3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA CLAUSURA DE SONDEOS O POZOS

Este apartado se redacta para disponer de una guía de prescripciones técnicas para la adecuada clausura de pozos en desuso o abandonados. Así, pretende ser la herramienta a utilizar por el propietario del pozo y/o el técnico correspondiente de la obra para conseguir los resultados adecuados.

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con la clausura de los pozos son:

1. Eliminar el riesgo de accidentes por la presencia de un espacio abierto en el terreno.
2. Impedir actos vandálicos y que el pozo pueda servir como depósito de materiales contaminantes o escombros.
3. Evitar la entrada de contaminantes desde la superficie.
4. Evitar modificaciones en el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas, como la pérdida de caudales o presiones hidrostáticas.

5. Prevenir la mezcla de agua entre diferentes acuíferos y evitar el flujo inducido del agua a través de diferentes formaciones geológicas.

Cada una de las clausuras se debe considerar como un caso particular, de esta manera, tanto los métodos como los materiales a utilizar estarán siempre determinados por las condiciones particulares del entorno y por el objetivo buscado.

Factores como las condiciones del terreno, la vulnerabilidad del medio y la presencia de pozos de abastecimiento deben ser cuidadosamente considerados antes de tomar la decisión final sobre el procedimiento y los materiales a utilizar en el sellado.

Sin perjuicio de los inventarios de pozos abandonados que pueda llevar a cabo la Administración hidráulica, los propietarios de las fincas en las que haya pozos abandonados o negativos tienen la obligación de clausurarlos para evitar posibles contaminaciones del dominio público hidráulico. En este sentido los costes de la clausura correrán a cargo del titular de la captación o propietario de la finca en la que se sitúa el pozo. En caso de que exista un peligro asociado a un pozo abandonado del que no se ha podido determinar la titularidad del mismo, la Administración hidráulica se hará cargo de la clausura del mismo.

### **3.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

En casos concretos debidamente justificados, una actuación mínima de protección superficial de la captación puede servir como medida temporal de clausura. En el resto de casos, es necesario cumplir con todos los pasos requeridos para una adecuada clausura del pozo.

El sellado adecuado de un pozo implica que esté limpio en su totalidad, de forma que aisle el acceso a los niveles acuíferos y se consiga la obturación superficial de la boca. Las operaciones a llevar a cabo en los procesos de clausura y sellado de pozos son básicamente la extracción de los elementos introducidos en el terreno (tuberías, filtros, bomba...) y el relleno del espacio abierto con materiales que no tengan interacción con el medio e impidan la modificación de éste por factores externos.

El tipo de pozo, las características geológicas y la situación ambiental de posible contaminación (vertidos, derrames, residuos, presencia de niveles acuíferos ya contaminados), determinan los procedimientos y materiales para la clausura. Por esta razón las actuaciones de clausura o sellado de pozos deben ser supervisadas por técnicos especialistas en hidrogeología subterránea ante la variabilidad de factores y condicionantes a considerar en cada caso.

Para la clausura de un pozo se presentará un proyecto de clausura que se basará en las indicaciones del presente anexo, y que deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

- a) Nombre del propietario de la parcela donde el pozo está situado.
- b) Características geográficas e hidrogeológicas de la captación: Coordenadas, cota topográfica, profundidad del nivel piezométrico, masa de agua subterránea donde se localiza y otra información disponible (columna litológica, calidad del agua...).
- c) Características técnicas de la captación: Diámetro, profundidad del pozo, tipo de entubación y cementación.
- d) Tipo de clausura que se propone.

### **3.2. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE POZOS**

Los pozos pueden ser clasificados en base al método constructivo, o en relación al acuífero donde se ubican. En este anexo, se han considerado dos tipologías de pozos en función de sus características constructivas: pozos superficiales o abiertos, y pozos perforados o sondeos.

En Baleares, en base al tipo de acuífero, se pueden dar básicamente dos situaciones: acuíferos carbonatados y acuíferos detríticos.

En ciertos casos, y en cualquiera de estas tipologías, el pozo puede ser manantial, es decir puede presentar un nivel del agua por encima del brocal de pozo. En estos casos será necesario un tratamiento específico para la ejecución de los procedimientos de sellado del pozo.

#### **3.2.1. Pozos superficiales o abiertos**

Los pozos superficiales o abiertos suelen ser pozos excavados a mano (norias), por lo que suelen ser pozos antiguos. Tienen profundidades entre 5 y 25 m y diámetro entre 1 y 3 m.

Las paredes a menudo se encuentran recubiertas de ladrillos u hormigón para evitar su colapso. Estos pozos normalmente explotan acuíferos en terrenos detríticos aluviales o coluviales, y relativamente poco consolidados (conglomerados, areniscas y arcillas del Cuaternario), aunque pueden penetrar parcialmente el basamento de roca consolidada inferior.

### **3.2.2. Pozos perforados o sondeos**

Son pozos realizados mediante maquinaria específica para tal efecto, y siguiendo diferentes metodologías de construcción. Suelen tener diámetros inferiores a 0,5 m y pueden alcanzar profundidades de cientos de m. Dependiendo del material geológico pueden presentar dos modalidades constructivas:

- Materiales poco consolidados (detríticos): el pozo suele disponer de tubería en toda su longitud, la cual dispone de tramos filtrantes en las zonas más productivas permeables.
- Materiales consolidados (carbonatos generalmente): en ciertos casos el pozo solo está entubado en su tramo superior, donde atraviesa los materiales no consolidados. La parte inferior de la captación atraviesa un terreno formado por una roca consolidada con fracturas. En esta zona acuífera en ciertos casos no se coloca tubería de revestimiento ni filtro.

### **3.3. TAREAS PREVIAS AL ACONDICIONAMIENTO DEFINITIVO**

Antes del sellado del pozo es necesario llevar a cabo una serie de tareas que contribuyen a facilitar la operación de clausura y aseguran su efectividad. Las tareas necesarias son la caracterización del pozo, la retirada de los elementos ajenos y la desinfección.

#### **3.3.1. Caracterización del pozo**

Previamente a la determinación del proceso de clausura de un pozo, es muy importante corroborar la información respecto a las características del pozo, tanto las originales en el momento de su construcción (si están disponibles), como las actuales en el momento de proceder a la su clausura.

Una clausura efectiva del pozo depende del conocimiento sobre las características constructivas del pozo, la geología y la hidrogeología del lugar. Se debe recabar toda aquella información que pueda resultar relevante para la clausura del pozo. La información a recoger, y que debe ser utilizada para la redacción del proyecto de clausura, es:

- Situación administrativa del pozo: titularidad del pozo, existencia o no de expediente administrativo, coordenadas, cota topográfica, caudal concesionado, uso...
- Características hidrogeológicas del pozo: masa de agua subterránea donde se localiza, profundidad del agua en el momento de la clausura (en el caso de disponer de datos históricos, rango de profundidades del

agua en el tiempo), y otra información disponible (columna litológica, calidad del agua, localización de las zonas acuíferas...).

- Características técnicas del pozo: profundidad y diámetro del pozo, tipo y profundidad del entubado con la distribución de las zonas ranuradas y ciegas, y otra información sobre la perforación (existencia de cementación anular...).

### **3.3.2. Retirada de elementos ajenos**

Una vez se dispone del proyecto de clausura de pozo aprobado, antes de iniciar la clausura del pozo, hay que retirar los dispositivos del interior (bombas, tuberías, materiales auxiliares) y cualquier objeto extraño, de forma que el éxito de la actuación no se vea comprometido.

### **3.3.3. Desinfección**

Una vez vaciado y limpiado el pozo, es necesario realizar una desinfección. Se deberá utilizar un desinfectante adecuado, como puede ser una solución de hipoclorito de calcio con un contenido de 65 a 75% de cloro.

No conviene utilizar una lejía de uso doméstico, ya que es demasiado débil para llegar al nivel de desinfección buscado. Habrá que tener la precaución de desinfectar todas las herramientas o equipos que sean introducidos en el pozo durante las operaciones. La cantidad de desinfectante a utilizar dependerá del volumen de agua en el pozo, procurando llegar a una concentración de 100 mg de cloro por litro de agua.

## **3.4. OPERACIONES DE CLAUSURA O SELLADO**

Los pozos se pueden cerrar de manera temporal o definitiva. La clausura temporal es una medida que permite impedir que se puedan verter sustancias potencialmente contaminantes en el pozo, pero deja la posibilidad de utilizar el pozo para la extracción de agua en un futuro. Por otra parte la clausura definitiva del pozo es una acción que debe permitir asegurar la protección del dominio público hidráulico, por lo tanto una vez se ha efectuado la clausura definitiva del pozo ya no se podrá extraer agua.

### **3.4.1. Clausura temporal de un pozo**

En caso de que el pozo no se utilice pero se tenga la intención de utilizarlo en un futuro próximo, se podrá solicitar llevar a cabo una clausura temporal del pozo. La clausura temporal de un pozo se realiza tapando la boca del mismo con una tapa de hierro y con candado, de manera que se imposibilite el vertido de sustancias dentro del mismo a través de la boca.

La clausura temporal del pozo NO será posible cuando:

- a) Exista riesgo de infiltración de aguas de escorrentía superficial por el espacio anular del pozo (boca), o
- b) Se trate de un pozo que comunique acuíferos con diferentes presiones y tipos de agua, o
- c) Sea necesario hacer una restitución del medio.

La clausura temporal incluirá los siguientes trabajos:

- 1) Si se tiene la intención de dejar una bomba dentro del pozo, será necesario poner un contador y precintar el pozo.
- 2) Si el pozo está en una zona inundable, será necesario que la boca del pozo se sitúe por encima de la cota de inundación.

### **3.4.2. Clausura definitiva de un pozo**

Cuando el pozo esté abandonado y no se tenga intención de volver a utilizarlo, o sea un sondeo negativo será necesario llevar a cabo la clausura definitiva del mismo. Cuando el pozo sea superficial o explote un acuífero único, se puede aceptar una clausura mediante unas acciones mínimas. Por otra parte, cuando el pozo comunica varios acuíferos es necesario llevar a cabo unas acciones obligatorias que son más o menos estrictas en función de las particularidades de cada caso.

#### 3.4.2.1 Clausura de pozos superficiales o de acuífero único.

En aquellos casos en que el pozo explote un acuífero superficial o único, y mientras no exista riesgo de comunicación entre diferentes estratos, se podrá realizar una clausura del pozo con unas operaciones mínimas. El objetivo de esta clausura es evitar la contaminación a través del brocal y, cuando el pozo sea de gran diámetro, el riesgo debido al peligro físico de caídas dentro del pozo. Cuando se cumplen estas condiciones la clausura se debe realizar de la siguiente manera:

- 1) Retirar los elementos del interior del pozo (bomba, tuberías, cables u otros elementos) que pudieran deteriorarse. Es obligatorio retirar los 3 m más superficiales de la tubería para poder hacer un tapón sanitario al menos en los 2 m superiores del pozo. Cuando el encamisado es de PVC, es preferible destruirlo mediante la reperforación del pozo.
- 2) Si no es posible extraer la tubería por completo debido a un riesgo de derrumbe del pozo o la ruptura de la tubería es necesario realizar un corte y apertura de la tubería de revestimiento, en especial en los 3 m

más superficiales de pozo. El "corte y apertura de la tubería" consiste en la realización de cortes o perforaciones longitudinales (aproximadamente 10 cm abiertos cada 40 cm de tubería).

3) Una vez se han extraído los elementos ajenos y se han realizado los cortes o aberturas se debe bombear el pozo para extraer el agua sucia y desinfectar con una solución de hipoclorito.

4) Llenar el pozo con materiales sólidos inertes (agregados) para lograr una reconstitución del terreno hasta un estado similar a las condiciones geológicas originales. Para los pozos de gran diámetro se rellenará el pozo desde el fondo hasta el nivel estático máximo, mientras que en los pozos de diámetro inferior a 0,5 m se llenará desde el fondo hasta 1 m por debajo del nivel estático máximo. Esta acción sólo se podrá llevar a cabo cuando el diámetro sea superior a 2 pulgadas. El tamaño de las partículas siempre deberá ser inferior a  $\frac{1}{4}$  del diámetro del pozo. El material no puede estar contaminado y debe ser geoquímicamente inerte en contacto con el agua subterránea o con los materiales geológicos presentes. Es necesario hacer un seguimiento de la operación de llenado para controlar que no se producen puentes.

5) Sobre el agregado se pondrá un sello de bentonita. La potencia de este sello será de 1,5 m para los pozos de diámetro inferior a 0,5 m, mientras que para los pozos de gran diámetro se permitirá una potencia mínima de 0,5 m.

6) Por encima de este sello se debe rellenar el pozo con áridos inertes hasta 1 m por debajo del nivel del terreno.

7) La clausura del tramo más superficial se puede realizar de dos maneras. Si la Administración considera que es necesaria la restauración del medio y el pozo se localiza a más de 50 m de una edificación existente, el metro más superficial se cubrirá con suelo orgánico u otro material que sirva para restaurar completamente el terreno (ver figura 6 A). Cuando el pozo se localiza a menos de 50 m de una edificación existente, o no se considere necesaria la restitución del medio, se realizará un sello con hormigón del último m, y se construirá un dado de hormigón con pendiente hacia el exterior que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del terreno natural en la parte central del pozo y tenga una base de una longitud mínima de 0,5 m (ver figura 6 B).

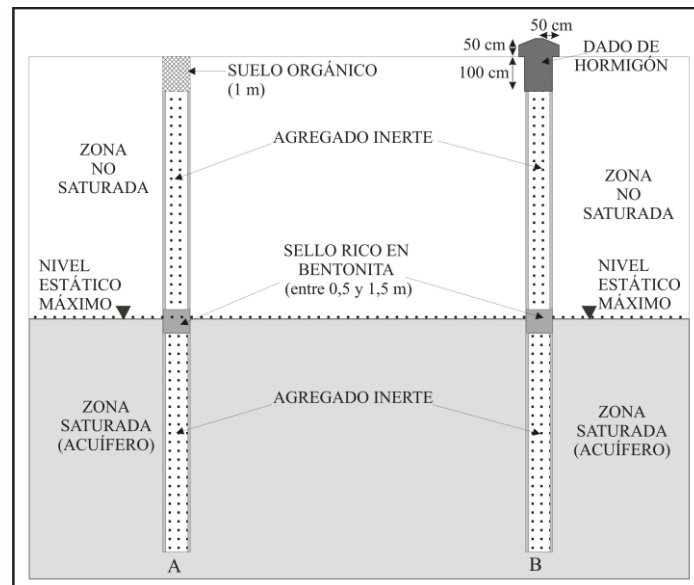


Figura 6. Esquema del procedimiento a seguir para la clausura de un pozo superficial o de acuífero único.

#### 3.4.2.2 Clausura de pozos de acuífero multicapa.

En los casos en que el pozo explote varias capas acuíferas, y se disponga de información sobre la situación de estas capas, la clausura definitiva del pozo deberá realizarse en base a la columna litológica del pozo o disposición vertical de las capas acuíferas. Los pasos a seguir serán similares a los que se deben seguir para los pozos de acuífero único o superficial, pero será necesario la colocación de varios tapones o puentes de bentonita en función de la distribución de los estados productivos. Los pasos a seguir en estos casos serán:

- 1) Retirar los elementos del interior del pozo (bomba, tuberías, cables u otros elementos) que pudieran deteriorarse. Es obligatorio retirar los 3 m más superficiales de la tubería para poder hacer un tapón sanitario en, al menos, los 2 m superiores del pozo. Cuando el entubado sea de PVC, es preferible destruirlo mediante la reperforación del pozo.
- 2) Si no es posible extraer la tubería por completo debido a un riesgo de derrumbe del pozo o de ruptura de la tubería es necesario realizar un corte y apertura de la tubería de revestimiento. El corte o apertura será necesaria en los 3 m más superficiales de pozo y en aquellos sectores que deben ser sellados con bentonita (básicamente los techos de las capas acuíferas).

El corte y apertura de la tubería consiste en la realización de cortes o perforaciones longitudinales, (aproximadamente 10 cm abiertos cada 40 cm de tubería).



3) Una vez se han extraído los elementos ajenos y se han realizado los cortes o aberturas se debe bombear el pozo para extraer el agua sucia y desinfectarlo con una solución de hipoclorito.

4) Llenar el pozo con materiales sólidos inertes (agregados), desde el fondo hasta 1 m por debajo del techo del primer estrato acuífero, para lograr una reconstitución del terreno hasta un estado similar a las condiciones geológicas originales. Esta acción sólo se podrá llevar a cabo cuando el diámetro sea superior a 2 pulgadas. El tamaño de las partículas siempre deberá ser inferior a  $\frac{1}{4}$  del diámetro del pozo. El material no puede estar contaminado y debe ser geoquímicamente inerte en contacto con el agua subterránea o con los materiales geológicos presentes. Es necesario hacer un seguimiento de la operación de llenado para controlar que no se producen puentes.

5) Sobre el agregado se pondrá un sello de cemento rico en bentonita de un mínimo de 0,5 m de potencia.

6) Después de sello se debe repetir el paso 4 (rellenar el pozo con agregado hasta 1 m por debajo del siguiente estrato acuífero), y seguidamente el paso 5 (llevar a cabo un sello de cemento rico en bentonita con un mínimo de 0,5 m de potencia). Los pasos 4 y 5 se deberán repetir tantas veces como acuíferos existan en la vertical de la perforación. Esta acción permitirá aislar los diversos acuíferos entre ellos y evitar la contaminación vertical entre cada uno de los acuíferos que atraviese el pozo.

7) Por encima del último sello de bentonita (el que se corresponde con el acuífero más superficial) se debe rellenar el pozo con áridos inertes hasta 1 m por debajo del nivel del terreno.

8) Como en el caso anterior, la clausura del tramo más superficial se puede realizar de dos maneras. Si la Administración considera que es necesaria la restauración del medio y el pozo se localiza a más de 50 m de una edificación existente, el m más superficial se cubrirá con suelo orgánico u otro material que sirva para restaurar completamente el terreno (ver figura 7 A). Cuando el pozo se localiza a menos de 50 m de una edificación existente, o no se considere necesaria la restitución del medio, se realizará un sello con hormigón del último m, y se construirá un dado de hormigón con pendiente hacia el exterior que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del terreno natural en la parte central del pozo y tenga una base de una longitud mínima de 0,5 m (ver figura 7 B).

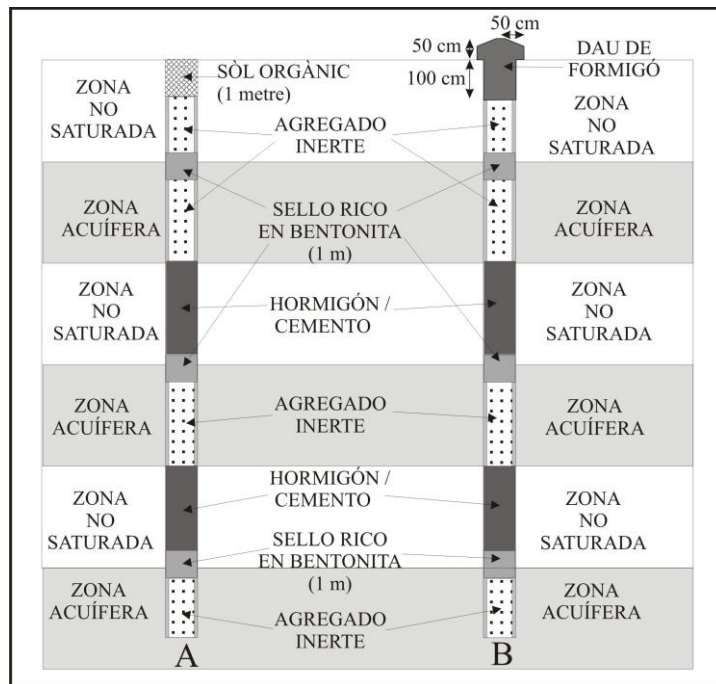


Figura 7. Esquema del procedimiento a seguir para la clausura de un pozo en acuífero multicapa.

### 3.4.2.3 Clausura de pozos en terrenos no consolidados

En aquellos casos en que el terreno no está bien consolidado el primer paso es la retirada de los elementos del interior del pozo, que se limitará a la extracción de la bomba y demás elementos ajenos, no siendo necesaria la extracción de la tubería. Los pasos a realizar son:

- 1) Retirar los elementos del interior del pozo (bomba, cables u otros elementos) que pudieran deteriorarse, dejando intacta la tubería de revestimiento.
- 2) Una vez se han extraído los elementos ajenos se ha de bombear el pozo para extraer el agua sucia y desinfectarlo con una solución de hipoclorito.
- 3) Una vez desinfectado deberá sellar el pozo mediante la inyección cemento rico en bentonita a presión desde el fondo hasta 1 metro de la superficie. Debido a la inestabilidad de las paredes del pozo relacionada con la naturaleza del terreno, en estos casos será necesario realizar la inyección de la pasta o cemento a la vez que se extrae la tubería de revestimiento. Así, la retirada de la tubería deberá hacer alzándose lentamente y, simultáneamente, realizar la inyección de la pasta de cemento desde el fondo del pozo mediante una tubería auxiliar. En esta operación hay que tener la precaución de que siempre el nivel del cemento inyectado se mantenga por dentro de la camisa, es decir el nivel

del cemento debe estar a una cota más alta que la parte más baja de la tubería que se retira. Para que esta operación se realice con éxito será necesario estimar el volumen de material necesario para rellenar la captación y prepararlo previamente a la retirada de la tubería. Cuando no es posible retirar la tubería, se efectuará el corte para la apertura de la camisa y el posterior llenado con material cementante y la construcción del tapón superficial.

4) La clausura del último m de la captación también podrá realizarse de dos maneras. Si la Administración considera que es necesaria la restauración del medio y el pozo se localice a más de 50 m de una edificación existente, el m más superficial se cubrirá con suelo orgánico u otro material que sirva para restaurar completamente el terreno. Cuando el pozo se localiza a menos de 50 metros de una edificación existente, o no se considere necesaria la restitución del medio, se realizará un sello con hormigón del último m, y se construirá un dado de hormigón con pendiente hacia el exterior que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del terreno natural.

Si se dispone de información precisa y suficiente de la profundidad y espesor de cada acuífero atravesado, es posible colocar arenas o gravas limpias en cada zona acuífera e instalar únicamente material sellante impermeable entre los acuíferos, con cuidado que cada sello sobrepase en ambos extremos al menos 0,5 m los límites de cada nivel acuífero. Para evitar obstrucciones o puentes el vertido del agregado se hará poco a poco, siendo necesario controlar la evolución del relleno y de verificación de no formación de puentes.

#### 3.4.2.4. Clausura de pozos en terrenos con fracturación leve

Cuando el terreno presenta una fracturación leve las operaciones a realizar serán iguales a las realizadas para pozos en acuíferos multicapa (apartado 3.4.2.2). Por lo tanto en el primer paso será necesario retirar la tubería del pozo y luego a inyectar el material cementante, no siendo necesario en este caso que ambas operaciones sean simultáneas. Si no es posible retirar la camisa, igualmente se procede a la inyección del material cementante, no siendo necesaria la operación de corte y apertura de la tubería en todo su recorrido.

En cualquier caso siempre es necesario cortar y extraer los 3 m de la tubería más superficiales y colocar el tampón superficial como en el resto de captaciones. Como en el resto de casos la clausura del último metro de la captación también podrá realizarse de dos maneras. Si la Administración considera que es necesaria la restauración del medio y el pozo se localice a más de 50 metros de una edificación existente, el m más superficial se cubrirá con suelo orgánico u otro material que sirva para restaurar completamente el

terreno. Cuando el pozo se localiza a menos de 50 m de una edificación existente, o no se considere necesaria la restitución del medio, se realizará un sello con hormigón del último m, y se construirá un dado de hormigón con pendiente hacia el exterior que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del terreno natural en la parte central del pozo y tenga una base de una longitud mínima de 0,5 m.

#### 3.4.2.5. Clausura de pozos en terrenos muy fracturados o carstificados

En este caso, además de las tareas iniciales de medición de nivel estático del agua y profundidad del pozo, será necesario verificar también a qué profundidad empieza la cavidad cárstica o la zona de gran fracturación, para adecuar las operaciones a realizar dentro del pozo. En esta tipología de pozo por sus características geológicas y el tamaño de los huecos, a menudo no resulta fácil o posible el relleno completo de la perforación. Pero a pesar de ello hay dos posibles alternativas que son:

- a) Relleno de la cavidad con clastos no contaminados de gran tamaño.
- b) Inserción de un tampón u obturador ("packer") justo encima del comienzo de la zona de fractura o el karst.

En ambos casos, hay que colocar un tapón de hormigón por encima de la zona carstificada de al menos 1 m de espesor. El resto del sondeo se clausurará de acuerdo con los procedimientos ya descritos, que estarán en función de las características del pozo y del terreno. En cualquier caso siempre es necesario cortar y extraer los 3 m de tubería más superficiales y colocar el tampón superficial como en el resto de captaciones.

#### 3.4.2.6. Clausura de pozos surgentes

En aquellos casos en que el nivel piezométrico del pozo sea superior a la cota de la boca del pozo, es decir cuando el pozo sea manantial, será necesario reducir la presión del agua y detener el flujo ascendente de la misma. Esto se puede conseguir de dos formas:

- a) Poner clastos al fondo con diám de partículas menores a  $\frac{1}{4}$  del diámetro del pozo.
- b) Mediante un obturador o "packer" que se ajuste al diámetro del pozo y quede a la mayor profundidad posible por encima de la zona de aportación de agua, para interrumpir o disminuir el caudal de surgencia.

Si con ninguno de estos dos métodos se consigue reducir la presión ascendente del agua, será necesario extraer parcialmente la tubería de revestimiento por

encima de la superficie del terreno a efectos de que el nivel estático quede dentro de la tubería, y así poder proceder a su sellado.

Una vez contenida la surgencia de agua, se procederá al sellado del pozo, de acuerdo con lo expuesto en los puntos anteriores en función de la tipología de terreno y acuífero. Las mezclas sellantes deben prepararse con el mínimo de agua posible para evitar la dilución antes del fraguado y se colocarán de forma inmediata a su preparación en una maniobra continua sin interrupciones.

#### 3.4.2.7. Clausura de pozos de naturaleza no conocida.

En muchos casos la información disponible sobre la captación es bastante limitada y no es posible hacer un proyecto de clausura de pozo relacionado con las características de la captación. Así es muy probable que se desconozca si el pozo está entubado o no, y cuál es la situación de las zonas acuíferas. En estos casos, y debido a que la captación puede comunicar varias zonas acuíferas con niveles piezométricos o cualidades diferentes, será necesario clausurar el pozo de manera que se asegure la no conexión entre acuíferos. Los pasos a seguir serán:

- 1) Retirar los elementos del interior del pozo (bomba, tuberías, cables u otros elementos) que pudieran deteriorarse. Es obligatorio retirar los 3 metros superficiales de la tubería para poder hacer un tapón sanitario al menos en los 2 superiores del pozo. Cuando el encamisado es de PVC, es preferible destruirlo mediante la reperforación del pozo.
- 2) Una vez se han extraído los elementos ajenos se ha de bombear el pozo para extraer el agua sucia y desinfectar con una solución de hipoclorito.
- 3) Una vez desinfectado deberá sellar el pozo mediante la inyección de cemento con bentonita a presión desde el fondo hasta 2 m de la superficie. En esta operación será necesario usar una tubería auxiliar para inyectar el cemento.
- 4) La clausura de los últimos 2 m de la captación también podrá realizarse de dos maneras. Si la Administración considera que es necesaria la restauración del medio y el pozo se localiza a más de 50 m de una edificación existente, el m más superficial se cubrirá con suelo orgánico u otro material que sirva para restaurar completamente el terreno (ver figura 8 A). Cuando el pozo se localiza a menos de 50 m de una edificación existente, o no se considere necesaria la restitución del medio, se realizará un sello con hormigón del último m, y se construirá un dado de hormigón con pendiente hacia el exterior que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del terreno natural en la parte central del pozo y tenga una base de una longitud mínima de 0,5 m (ver figura 8 B).

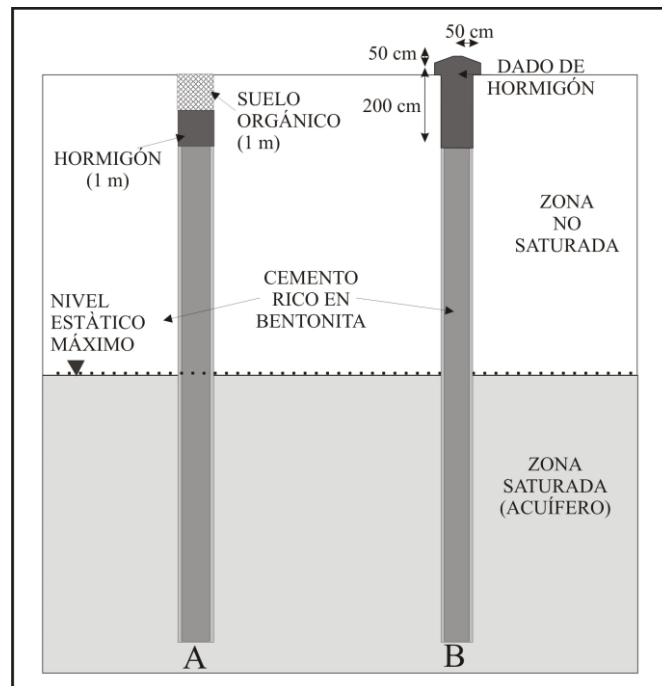


Figura 8: Esquema del procedimiento a seguir para la clausura de un pozo de características desconocidas.

### 3.5. INFORME FINAL

Como finalización de las tareas de clausura la empresa encargada de la obra deberá elaborar un informe final de las tareas realizadas que debe ser remitido al propietario del pozo ya la Autoridad Hidráulica. Este informe pasará a formar parte del expediente de clausura de pozo y debe contener la siguiente información:

- a) Ubicación exacta del pozo en el mapa de detalle.
- b) Datos recopilados sobre el pozo.
- c) materiales y métodos utilizados para su clausura.
- d) Procedimientos realizados.
- e) Fotografías del pozo y su entorno inmediato antes, durante y después de la actuación.



