

# Guía técnica para la clausura y sellado de captaciones de aguas subterráneas

Reglamento del Dominio Público Hidráulico  
R.D. 849/1986 – R.D. 665/2023; anexo III, partes A y B



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



# **Guía técnica para la clausura y sellado de captaciones de aguas subterráneas**

**Reglamento del Dominio Público Hidráulico  
R.D. 849/1986 – R.D. 665/2023; anexo III, partes A y B**

Madrid, diciembre de 2025

Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones.html>  
Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

**Título:**

*Guía técnica para la clausura y sellado de captaciones de aguas subterráneas.  
Reglamento del Dominio Público Hidráulico R.D. 849/1986 – R.D. 665/2023; anexo III, partes A y B  
Edición 2025*

**Autor/Autores:**

Marc Martínez Parra  
Sergio Martos Rosillo (AIH-GE, IGME-CSIC)  
Alfredo Barón Pérez  
Tomas García Ruiz  
Carolina Guardiola-Albert (AIH-GE, IGME-CSIC)

**Coordinación:**

Francisco Javier Sánchez Martínez (MITECO)  
Pablo García Cerezo (MITECO)  
Carolina Guardiola-Albert (AIH-GE, IGME-CSIC)  
Sergio Martos Rosillo (AIH-GE, IGME-CSIC)

**Colaboradores y revisores:**

Por parte de la AIH-GE: David Comino, Antonio Martínez, J. Antonio Hernández Bravo, Esther Sánchez  
Por parte del MITECO: Juan José Alfageme Herrero, Alberto Navas Carmena, Carlos Delgado Velasco, Antonio Santos Morcillo, Ana Bustos Torrado.

**Fotografía de cubierta e introducción:**

(stock.adobe.com)



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL  
RETO DEMOGRÁFICO

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL  
DE PROTECCIÓN DE LAS AGUAS  
Y GESTIÓN DE RIESGOS

Edita:

© SUB SECRETARÍA  
Gabinete Técnico

Edita:

© Secretaría General de Innovación  
Gabinete Técnico

© De los textos e imágenes: sus autores

NIPO (línea en castellano): 665-25-091-5

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Clausura temporal de una captación.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Material y procedimientos de relleno para el sellado de captaciones.....</b>	<b>10</b>
2.1. Materiales de relleno permeables (áridos o agregados).....	10
2.2. Materiales impermeables y de sellado.....	11
2.2.1. Lechadas de cemento y de bentonita.....	11
2.2.2. Arcillas locales.....	15
2.2.3. Bentonita .....	16
<b>3. Operaciones de sellado .....</b>	<b>17</b>
3.1. Tareas previas al sellado definitivo.....	18
3.1.1. Caracterización de la captación .....	18
3.1.2. Retirada de elementos.....	19
3.1.3. Desinfección.....	19
3.2. Operaciones de sellado definitivo de una captación .....	22
3.2.1. PASO 1: Extracción total o parcial de la tubería y/o revestimiento .....	22
3.2.2. PASO 2: Corte y apertura de la tubería .....	24
3.2.3. PASO 3: Relleno de la perforación con materiales sellantes y agregados.....	25
3.2.3.1. Pozos excavados y de anillos de hormigón.....	25
3.2.3.2. Sondeos .....	27
3.2.3.3. Otro tipo de captaciones.....	31
3.2.4. PASO 4: Sellado superficial de la perforación .....	32
<b>4. Tabla de operaciones de sellado y de materiales de relleno propuesta por el <i>State Coordinating Committee of Groundwater</i> (1996) .....</b>	<b>33</b>
<b>5. Certificado o informe de Fin de Obra.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>39</b>



# Introducción

Cualquier tipo de sondeo o pozo de captación de aguas subterráneas que sea abandonado después de haber sido perforado o después de haber sido utilizado durante un tiempo debe ser convenientemente sellado o clausurado para evitar posibles accidentes de personas o animales, para impedir que estas perforaciones constituyan una vía preferente de contaminación del agua subterránea y para reponer, en lo posible, el Dominio Público Hidráulico, con objeto de que este recupere su estado previo a la ejecución de este tipo de obra subterránea. En este sentido, el sellado de un sondeo o de un pozo también debe intentar restaurar, desde el punto de vista hidráulico, las características hidrogeológicas del material geológico previo a la ejecución de la perforación.

Antes de entrar en detalles es preciso diferenciar entre **pozo inactivo, pozo abandonado y perforación de investigación negativa**.

El **pozo inactivo** es aquel que, pese a estar bien construido, reunir un adecuado rendimiento hidráulico y extraer agua con una calidad adecuada a su uso, no se explota temporalmente por diversos motivos, previéndose el periodo para su puesta en explotación en el **Texto Refundido de la Ley de Aguas**. Durante los periodos de inactividad, este tipo de captaciones deberán disponer de un correcto cierre sanitario, si bien también sería conveniente la extracción y almacenamiento, en condiciones adecuadas, de la bomba y del resto del equipo electromecánico, debiendo quedar en todo caso la captación inactiva en condiciones de seguridad. Así mismo, conviene que el pozo inactivo disponga de sensor de nivel para permitir el control piezométrico en ese punto durante el tiempo de inactividad y evitar lagunas en el registro histórico durante la vida del pozo.

Un **pozo abandonado** es aquel que lleva un periodo de tiempo sin emplearse, o que por ser negativo se abandone inmediatamente después de su construcción. Existen diversas causas para su abandono, desde causas hidrogeológicas (descenso del nivel piezométrico, agotamiento del acuífero, empeoramiento de la calidad del agua, etc.), a causas técnicas (relacionadas con el equipo de explotación, o con el deterioro de la entubación) y causas económicas (relacionadas con la actividad que originaba la demanda de agua, cambio de titular, sustitución por otra captación o conexión a una red de distribución) entre otras. Hay numerosos pozos abandonados que corresponden a captaciones antiguas, excavadas a mano y de gran diámetro, construidas para la extracción de agua con medios artesanales y que pueden encontrarse en notable deterioro. También hay sondeos entubados, o no, que han quedado abiertos sin protección alguna.

Asimismo hay **perforaciones de investigación cuyo resultado fue negativo**, en cuyo caso el responsable del control de los trabajos debe garantizar su debido acondicionamiento de forma inmediata, quedando este hecho reflejado en el certificado de Fin de Obra.

El Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, fue modificado posteriormente en el Real Decreto 665/2023 de 18 de julio, incluyendo en el texto normativo el establecimiento de criterios para la construcción de captaciones de agua (artículo 170 bis) y el sellado de pozos (artículo 188 bis), estableciendo en el Anexo III, en su parte A y B, los requisitos técnicos básicos de estas actuaciones. En el Anexo III Parte A, punto I) se indica que, **en el caso de sondeos o pozos negativos, que han quedado sin entubar, se debe proceder a su sellado y clausura mediante el relleno de la perforación con agregados o áridos, con materiales inertes e impermeables, o bien con el propio material de la perforación si no ha afectado a ningún acuífero y tiene homogeneidad litológica**. En su Parte B se detallan los **criterios para el sellado y clausura de captaciones de agua subterránea**, donde se indican las actuaciones a realizar sobre el desman-

telamiento y retirada de elementos de superficie y extracción de elementos mecánicos y tubería de impulsión, extracción total o parcial de la tubería y/o revestimiento, relleno de captación con materiales sellantes o agregados, sellado superficial de la captación y documentación final de la obra.

EL RDPH, en su artículo 188 bis, indica “Los organismos de cuenca establecerán los requisitos técnicos específicos para garantizar la preservación de la seguridad y evitar la entrada de contaminantes y la detracción de las aguas con posterioridad al sellado **a partir de las guías técnicas y recomendaciones elaboradas por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico que desarrollen los criterios establecidos** en el anexo III, parte B.”. La presente guía se propone desarrollar estas técnicas y recomendaciones, que complementan y amplían los criterios mínimos a cumplir a la hora de sellar y clausurar captaciones de agua subterránea.

Una vez clausurada la captación de aguas subterráneas, el responsable del control de los trabajos debe emitir el correspondiente informe final indicando todas las circunstancias de la perforación y las razones de su clausura. De la misma manera, las operaciones de sellado deben ser efectuadas de forma correcta, por lo que es necesaria la concurrencia de un técnico especialista, con conocimientos demostrables en hidrogeología, y además es necesario que la empresa perforadora cuente con medios humanos y materiales adecuados para llevar a cabo la operación. El promotor del sondeo debe garantizar el cumplimiento de la normativa vigente, comprobando que se realiza un adecuado sellado de un pozo o sondeo. Asimismo, debería describirse el sistema utilizado para la clausura definitiva y sellado del pozo, con el objetivo de eliminar riesgos de accidentes o de contaminación del agua subterránea.

En esta guía se pretende dar unas recomendaciones para el adecuado sellado y clausura de un pozo o sondeo de captación de agua subterránea. Se identifican las tareas previas a realizar antes del sellado, en lo relativo a la retirada de elementos internos de la captación, la desinfección del pozo, los materiales adecuados para el relleno y sellado de pozos y los distintos diseños de sellado y clausura según el grado de conocimiento hidrogeológico que se tenga del mismo, el diámetro y profundidad de la obra, el tipo de materiales geológicos que capta y si la perforación es surgente o no.

Como fuentes de información, el contenido de esta guía se ha elaborado a partir de información técnica ya existente a nivel nacional e internacional y que se menciona en el apartado de bibliografía, empleando como principales publicaciones referenciales las guías de clausura y abandono del State Coordinating Committee on Groundwater (1996), de la Agència Catalana de l'Aigua (2009) y de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern de les Illes Balears (2013).

Los pasos a realizar descritos en esta guía deben seguirse para que un pozo de aguas subterránea quede bien sellado y clausurado. Aun así, se debe resaltar aquí que “cada pozo es un mundo” y que **la forma de implementar los pasos que se detallan en la guía vendrá condicionada por cómo fue construido y la información previa disponible del mismo**.



**Figura 1.** Ejemplos de captaciones abandonadas o en desuso.

Autor: Juan A. Hernández Bravo, Marc Martínez, Jose Luis Barroso, Pablo Carralón, Sergio Martos

## 1. Clausura temporal de una captación

La clausura temporal de un pozo debe realizarse cuando éste va a estar inactivo durante un periodo de tiempo o supone un riesgo para la seguridad. La clausura temporal es viable siempre que no exista riesgo de infiltración (contaminación superficial) por el espacio anular del pozo, no se trate de un sondeo multifiltro, que comunique distintos acuíferos con diferentes presiones y tipos de agua o no sea necesario hacer una restitución del medio. En estos casos, habrá que estudiar las actuaciones necesarias para realizar una clausura temporal óptima, complementarias a las dadas en este apartado.

Para la clausura temporal de una captación las operaciones dependerán de su diámetro. Así, en el caso de sondeos y pozos construidos con anillos de hormigón, se puede precintar la boca con una tapa metálica, bien soldada o con un candado, aprovechando el propio revestimiento que sobresalga del terreno. Si ese revestimiento que sobresale está en malas condiciones, se procederá previamente a su reparación. En el caso de pozos de gran diámetro es conveniente cubrir el pozo con un forjado de viguetas con bovedilla. Si no se dispone de brocal o éste se encuentra muy deteriorado, se cubrirá con una losa de hormigón armado. Además, se deberá proteger adecuadamente el acceso al pozo, pudiendo vallarse su entorno. Si se deja algún acceso al pozo se deberá asegurar con cierres y candados. Es conveniente incluir algún tipo de señalización de advertencia indicando la presencia de la captación clausurada temporalmente.

Los pozos inactivos que por su diseño tengan su boca por debajo de zonas inundables, deberán ser acondicionados para impedir tales circunstancias durante su periodo de inactividad. Los pozos inactivos que pongan en contacto las aguas superficiales con las subterráneas, o que capten varios acuíferos, deberán ser controlados para en caso de detectarse contaminación, proceder a su clausura o evaluar las acciones necesarias para revertir esta circunstancia.



**Figura 2.** Losa de hormigón para la clausura temporal de un sondeo, con un acceso que permite medir el nivel piezométrico.

**Autor:** Juan José Rodes Martínez.

## 2. Material y procedimientos de relleno para el sellado de captaciones

Los materiales empleados para el sellado de captaciones pueden tener distinta permeabilidad. Pueden existir tramos de la perforación en los que pueden colocarse materiales permeables con objeto de permitir la circulación del flujo subterráneo, y otros tramos donde deben colocarse materiales impermeables, para evitar el flujo subterráneo o parar facilitar el mejor aislamiento de un tramo de la captación.

En todos los casos los materiales utilizados deben ser químicamente inertes de por sí y en contacto con contaminantes, con el agua subterránea o con las formaciones geológicas atravesadas. Tampoco pueden suponer un riesgo para la salud de los operadores, ni requerir de medidas complejas de manipulación. Deben ser de fácil colocación dentro de la entubación y en el espacio anular (entre la tubería de revestimiento y la pared del sondeo) a la profundidad deseada, ser de fácil preparación y resistentes al agrietamiento y/o contracción, así como tener suficiente resistencia estructural para soportar las presiones del subsuelo (ACA, 2009).

En una misma captación se podrán emplear de manera combinada distintos materiales de sellado y relleno, los más específicos serán aplicados en los tramos donde haya requerimientos especiales de resistencia, penetración y estanqueidad, mientras que los más accesibles económicamente pueden usarse en el resto de tramos.

### 2.1. Materiales de relleno permeables (áridos o agregados)

Los materiales permeables de relleno de captaciones suelen denominarse áridos o agregados. Dentro de este grupo de materiales se incluyen arenas, gravas, cantos, fragmentos de roca o materiales similares. Preferentemente, estos materiales deben provenir de graveras o canteras en activo, aunque en casos debidamente justificados se pueden usar materiales que estén disponibles en las inmediaciones de la perforación. Los agregados deben estar limpios, libres de restos orgánicos, sin contaminantes y deben disponer de un tamaño apropiado para minimizar los atascos y la formación de puentes durante su colocación.

Cuando hay que llenar tramos de la perforación sin requerimientos especiales se pueden emplear fragmentos de roca, cantos, e incluso el propio ripio procedente de la excavación de la captación. Sin embargo, frente a los tramos acuíferos de alta permeabilidad es recomendable usar arenas y gravas, preferentemente de naturaleza silícea.

Las captaciones que afectan a calizas pueden perder grandes cantidades de materiales de sellado en las cavidades, conductos y fracturas atravesadas en la perforación. Es por ello que, antes de proceder a la inyección de lechadas impermeabilizantes, se vierten materiales de relleno para tapar las grandes oquedades.

En todo caso, el relleno con agregados o áridos se recomienda para lograr la reconstrucción de las condiciones geológicas originales. Sólo se recomienda en pozos y en sondeos con diámetros mayores de 51 mm (2") y el tamaño de los agregados no puede ser superior a 1/4 del diámetro del pozo.

Los agregados son vertidos desde la superficie de la captación, por lo que se debe tener especial cuidado durante esta operación, intentando evitar la formación de atascos o puentes. No es recomendable verter directamente desde un camión basculante, ni hacerlo de forma apresurada. El ritmo de relleno debe ser lento y se debe comprobar repetidamente el progreso de la operación mediante una plomada. Si el tamaño lo permite, debe introducirse mediante varillaje para evitar puentes.

## 2.2. Materiales impermeables y de sellado

La función principal de este tipo de materiales consiste en impedir la circulación al exterior del agua subterránea en pozos surgentes, la conexión del agua superficial y subterránea, y la mezcla de aguas de distintos horizontes acuíferos. Como materiales impermeables y sellantes se emplean el hormigón, el cemento, el mortero, la arcilla y bentonitas comerciales, en forma de lechadas (generalmente, aunque no tiene por qué ser así) y que pueden combinarse o mezclarse. En el caso de un sondeo negativo es razonable emplear el mismo material extraído. En caso de ser necesario se pueden añadir materiales lo más parecidos a los extraídos, teniendo en cuenta la presente guía.

Como se indica en la Guía Técnica de ACA (2009) para emplazar el material impermeable dentro de la captación puede usarse una bomba de inyección y tubos auxiliares. También debe esperarse un tiempo de endurecimiento, en función del tipo de material sellante, antes de introducir nuevos materiales (agregados u otros sellantes) encima.

### 2.2.1. Lechadas de cemento y de bentonita

Al cemento mezclado con agua se le denomina lechada de cemento puro. En ocasiones también se añade bentonita, denominándose lechada de cemento más bentonita y siendo esta mezcla la más empleada en la construcción de pozos de explotación de agua subterránea. Por otra parte, la mezcla de bentonita y agua se denomina lechada de bentonita.

La tabla 1 muestra las propiedades de las lechadas de cemento y de bentonita, frecuentemente utilizadas como materiales impermeabilizantes. Es posible utilizar algunos aditivos para aumentar o disminuir propiedades específicas de la lechada como la viscosidad, encogimiento o retracción, la densidad del fluido de sellado, el tiempo de fraguado y para facilitar la detección de la ubicación (y colocación) de la lechada mediante técnicas geofísicas.



**Figura 3.** Cementación en anular de sondeo  
**Autor:** Javier Serrano

	Ventajas	Inconvenientes
<b>Lechada basada en cemento</b>	Permeabilidad adecuada	Contracción y sedimentación
	Fácil mezclado y bombeado	Tiempo de endurecimiento prolongado
	Sellado duro	Alta densidad produce pérdida hacia formaciones
	Apoyo en la entubación	Calor de hidratación
	Adecuado en la mayoría de las formaciones	Afección de la calidad del agua
	Eficacia demostrada por años de uso	Limpieza esencial
	Propiedades pueden ser alteradas por aditivos	La entubación no puede moverse tras la lechada
<b>Lechada basada en bentonita</b>	Permeabilidad adecuada con lechadas de alto contenido de sólidos	Hinchazón prematura y alta viscosidad produce dificultad de bombeo
	Sin contracción	Mezcla dificultosa
	Sin calor de hidratación	Susceptible a ser lavado en medios fracturados
	Baja densidad	Posibilidad de fracaso ante agua contaminada
	No requiere ningún tipo de fraguado	Equipamiento difícil de limpiar
	Entubación extraíble después de la colocación de la lechada	Experiencia limitada en campo
		Instrucciones de uso distintas para cada producto
		Disponibilidad limitada

**Tabla 1.**-Propiedades de la lechada. Modificada de Ohio EPA's Division of Drinking and Ground Waters (2009).

Los materiales utilizados para el sellado deben tener ciertas propiedades. La lechada ideal debe ser de baja permeabilidad (ver tabla 2), ser capaz de unirse tanto a la entubación del sondeo (si es necesario) como a la pared del mismo para proporcionar un sello hermético, ser químicamente inerte o no reactiva con los materiales de formación o componentes del agua con la que la lechada puede entrar en contacto, mezclarse fácilmente, presentar unas características que permitan su bombeo en un período de tiempo adecuado, poder ser introducida en el pozo a través de un tubo del orden de 2" de diámetro, tener una penetración mínima en zonas permeables, ser fácil de limpiar, estar disponible a un costo razonable y que sea segura de manejar. Se recomienda que la densidad de la lechada de cemento sea del orden de 1,9 g/cm<sup>3</sup> para ser inyectada con facilidad.

Material aislante	Permeabilidad (cm/s)
Cemento puro	$10^{-7}$
Lechada de bentonita (20 % bentonita)	$10^{-8}$
Pellets de bentonita	$10^{-8}$
Bentonita granular	$10^{-7}$
Lechada de polímero/bentonita granular (15 % bentonita)	$10^{-8}$
Bentonita gruesa	$10^{-8}$

**Tabla 2.**-Permeabilidad de varios materiales impermeables (State Coordinating Committee on Ground Water, 1996).

El cemento es un aglomerante hidráulico obtenido por cocción y posterior molienda, de una mezcla de caliza y arcilla, en proporciones de 3 a 1. Cuando se mezcla con agua se suceden diversas reacciones químicas que llevan al fraguado. Durante este proceso se libera calor, que 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 perforación.

Las características y requerimientos que debe presentar el cemento en relación con las mezclas sellantes se recogen a nivel internacional en la norma ASTM C150 "Standard Specifications for Portland Cement", o la norma API 10B (ACA, 2009).

El cemento Portland es el ingrediente principal en lechadas a base de cemento, tales como cemento puro y hormigón. La norma que rige el uso del cemento en España es la RC-16, aprobada mediante el "Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)", modificada parcialmente mediante el "Real Decreto 320/2024 que modifica la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16), aprobada por el Real Decreto 256/2016, que regula el uso de cementos en la construcción".

Como aditivos para cemento se pueden añadir aceleradores para disminuir su tiempo de fraguado. El cloruro de calcio es el acelerador más común y fácilmente disponible. Se utiliza generalmente entre 2 y 4% en peso de cemento. Estos aceleradores se deben usar con precaución, ya que los errores de cálculo pueden estropear los equipos de inyección, además de existir incompatibilidades. Por ejemplo, si se emplea cemento con bentonita, el uso del cloruro del calcio como aditivo produce una sustitución del sodio de la bentonita sódica por el ion calcio del aditivo.

En cuanto a los aditivos para las mezclas con el cemento Portland, se recomiendan las especificaciones de la norma ASTM C494 "Standard Specifications from Chemical Admixtures for Concrete" o la **API RP 10B** "Recommended practice for testing well cements", o la equivalente en España, RC-16. Factores tales como el tipo de cemento, los aditivos, y la calidad de las aguas subterráneas afectarán al rendimiento de la lechada y deben tenerse en cuenta en la planificación de la operación de inyección.

La **lechada de cemento puro** está compuesta de cemento Portland y agua dulce, sin presencia de agregados. Se usa para sellar aberturas pequeñas, penetrar el espacio anular vacío por fuera de la tubería y llenar espacios en la roca circundante. Es particularmente recomendable para el sellado de captaciones en las que el zócalo de roca consolidada se encuentra hasta una profundidad máxima de 8 m, ya que forma un sello muy compacto o resistente. Para sellar pozos surgentes o que afectan a más de un acuífero es adecuado inyectar la lechada a presión, e incluso estudiar la posibilidad de añadir barita a la lechada para aumentar la densidad. Esta inyección se puede realizar con tubería auxiliar interna y cierre de cabeza o utilizando dispositivos de cementación con doble obturador, si se pretende inyectar determinados tramos, y otros rellenarlos con arena, por ejemplo. Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar el lavado de la mezcla inyectada, utilizando bomba y va-

rillaje colocado a suficiente profundidad. Tiene algunas desventajas como, riesgo de decantación y de retracción, la posible formación de microfisuras en el contacto con la tubería y la formación de microespacios anulares alrededor de la entubación. Cuando se prepara con proporciones mayores de agua, disminuye la resistencia a la compresión y aumenta la retracción. Por ello, aunque la mayor fluidez de la lechada facilite la inyección, no es recomendable utilizar más de 10 l de agua cada 25 kg de cemento (ACA, 2009).

**El mortero de cemento** consiste en la mezcla de agua, cemento y arena (en una proporción, según ACA (2009) de 27 l de agua para una bolsa de 50 kg de Cemento Portland y otra bolsa de igual volumen que la de cemento, pero de arena). La arena se emplea debido a que produce menor retracción y una mayor adherencia a la entubación y pared del sondeo. Además, la arena en la suspensión ayudará en la reducción de poros en formaciones permeables. No obstante, no penetran bien en las fisuras, grietas e intersticios. Este mortero se debe utilizar bajo circunstancias de sellado específicas, como para el sellado de sondeos surgentes, el sellado de captaciones de agua con gas natural o metano presente, y el sellado de pozos con zonas cavernosas. También son utilizadas como relleno de la parte superior de la captación, en la zona no saturada, para conectar secciones cortas de la entubación o para el relleno de pozos de gran diámetro. Únicamente puede ser vertida al pozo cuando no hay columna de agua. Si hay columna de agua debe inyectarse desde el fondo hacia arriba, mediante tubería auxiliar bajo el nivel del agua. Las bombas de los equipos de cementación de pozos están especialmente diseñadas para soportar el paso de la arena, aunque los agregados de partículas gruesas pueden dañarlas.

Las **lechadas de cemento con bentonita** son frecuentemente utilizadas en pozos de explotación de agua subterránea, dado que son más estables que las de cemento puro, más fáciles de manejar y, especialmente, porque su riesgo de decantación, y de retracción o encogimiento una vez que se produce el fraguado, son mucho menores. Consisten en una mezcla de cemento, arcilla de tipo bentonita y agua. Es aconsejable utilizar proporciones del 2 al 6% de bentonita respecto al peso de cemento, es decir de 0,5 a 1,5 kg de bentonita por cada 25 kg de cemento. En la tabla 3 se presentan datos orientativos sobre la proporción bentonita/cemento, la cantidad de agua a añadir, densidad y volumen de suspensión resultante en distintos supuestos. En la figura 5 se representa un equipo de cementación de pozos.

Debe ser indicado que existen numerosas casas comerciales que ofrecen mezclas preparadas de cemento, bentonita y otro tipo de arcillas con distintos aditivos, con objeto de controlar el retardo o la aceleración del fraguado o eliminar el aumento de temperatura durante el fraguado, entre otros aspectos.



**Figura 4.** Cementación en cabeza de sondeo

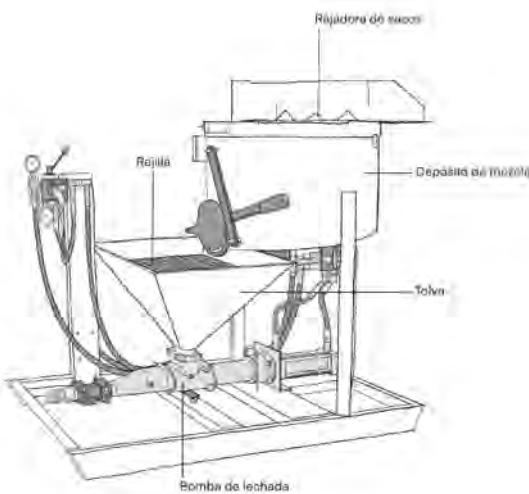
**Autor:** Javier Serrano

Bentonita/ Cemento (%)	Densidad	Agua por saco de cemento (litros)	Volumen de lechada resultante por saco* de cemento (litros)
0	1,75	14,25	22,4
	1,80	13,25	21,2
	1,85	12,25	20,1
	1,86	11,875	19,8
	1,88	11,5	19,4
	1,90	11	18,9
	1,95	10	17,9
	2,02	8,75	16,7
2	1,76	14,5	22,7
	1,80	13,5	21,7
	1,85	12,25	20,4
	1,90	11,25	19,3
4	1,69	16,875	25,4
	1,75	15,375	23,6
	1,80	13,75	22,1
	1,82	13,25	21,6
6	1,64	18,75	27,6
	1,70	16,875	25,5
	1,75	15,25	23,9
	1,77	14,75	23,3

**Tabla 3.**- Volumen de agua empleado en función del porcentaje de contenido en bentonita.  
(\*) Saco de 25 kg de cemento (modificado de Morell (2004) y ACA (2009))

## 2.2.2. Arcillas locales

El término arcilla se aplica con frecuencia a una variedad de materiales de grano fino, incluyendo arcillas, margas y suelos arcillosos. En el sellado superficial de los de pozos se puede emplear la arcilla local, libre de materia orgánica. Materiales comparables son clasificados en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos como limo (CL-ML) o arcilla (CL). Su colocación debe hacerse mediante el uso de palas y con una compactación continua, para evitar asentamientos posteriores y puentes. Debido a que la arcilla local debe ser apisonada, no puede ser utilizada eficazmente por debajo de 3 m de profundidad.



**Figura 5.** Equipo de cementación.

### 2.2.3. Bentonita

Además de las lechadas de cemento y de bentonita, existen otros productos sellantes, entre los que destaca la **bentonita**, en sus diversas formas.

La bentonita es una arcilla montmorillonítica que se caracteriza por la alta capacidad de absorción del agua, aumentando su volumen hasta 12 veces y permaneciendo en suspensión cuando está mezclada con ella. La variedad de bentonita más utilizada es la montmorillonita predominantemente rica en sodio. Las bentonitas que contienen calcio son menos deseables como sellado, ya que tienen menor capacidad de hincharse, en torno a dos veces su volumen seco (Gaber y Fisher, 1988). No debe ser utilizada en aguas salinas y cuando hay hidrocarburos presentes. Los fabricantes indican las salinidades máximas recomendables para cada tipo de bentonita.

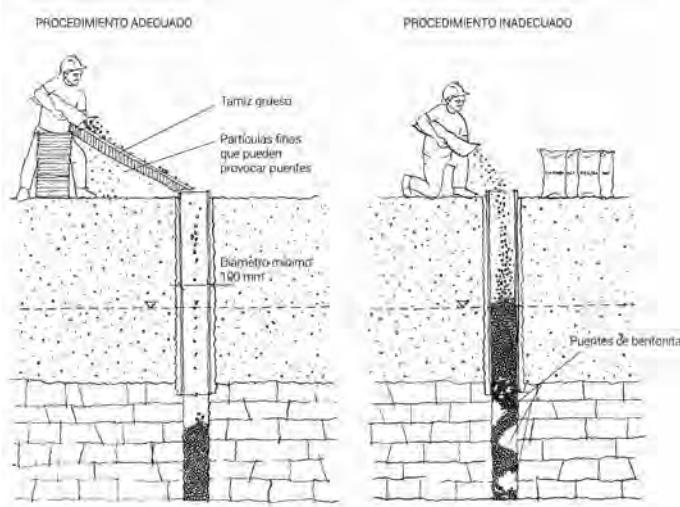
La bentonita, además de comercializarse en sacos para la preparación de lechadas (principalmente bentonita en polvo), también se puede encontrar en virutas o chips, para verterlas directamente en el sondeo como se hace en el caso de los prefiltrados de grava. Con todo, son la bentonita granulada y los pellets de bentonita los más comercializados como sellante, dentro de estos impermeabilizantes granulados.

La **bentonita muy gruesa o en virutas (chips)** supone un gran tamaño de partícula y de densidad. El tamaño de estas virutas se encuentra entre 1/4 y 3/4 de pulgada (6 a 19 mm) y están destinadas a caer sin formar puentes a través de una columna de agua dentro de la perforación. Debido a su tamaño, se debe tener cuidado en su uso. Este material no puede ser bombeado, debe ser vertido lentamente y emplear un cedazo o mallado de 6 mm (1/4 de pulgada) para permitir que los finos caigan y detener la operación cada saco de arcilla para medir mediante una plomada en el anular y verificar que no se hayan generado puentes o bien no superar la velocidad de 3 min/saco de 25 kg. Si el agua es insuficiente en el pozo, hay que añadir agua a intervalos apropiados durante el proceso de vertido. No debe haber más de un metro de chips de bentonita seca en el pozo durante el proceso de llenado. No es recomendable usar chips de bentonita a más de 60 m de profundidad y en anulares de sondajes que tengan una separación entre el tubo y la pared del sondeo menor de 100 mm.

La **bentonita granulada o pellets de bentonita** se comercializan en distintos tamaños siendo los más frecuentes los que corresponden a 1/4 y a 1/2 de pulgada. La alta expansividad de las arcillas comercializadas produce una presión en el espacio anular, entre el tubo y la pared del sondeo, que

impide la entrada de fluido lateralmente al ser un material de baja permeabilidad. En agua salada su expansividad es limitada, por lo que se deben conocer los valores de salinidad recomendados por los fabricantes. Las casas comerciales de estos productos han desarrollado pellets que al estar prensados al vacío retardan su hinchamiento durante su descenso, evitando la formación de puentes. Asimismo, hay disponibles pellets de bentonita de distintas densidades para acelerar la velocidad de sedimentación, con propiedades magnéticas o con radiaciones elevadas para ser detectadas con equipos de testificación geofísica de sondeos. Para su vertido por el anular del pozo se deben tomar precauciones similares a las empleadas para el uso de las virutas de bentonita.

En relación con el vertido de bentonita en el sellado de pozos se recomienda el empleo de cedazos o mallas cuando se usa bentonita en virutas (ver figura 6). En todo caso, es más recomendable utilizar bentonita granular, conocida como pellets de bentonita, por su menor tamaño.



**Figura 6** - Sellado de captaciones con productos de bentonita de grano grueso usando el método del tamizado para evitar puentes de bentonita (AIH-GE, 2022).

### 3. Operaciones de sellado

Cada operación de sellado de un pozo o de un sondeo se debe considerar como un caso particular. Factores como las propias causas del sellado, las condiciones del terreno, la vulnerabilidad del medio y la proximidad de sondeos de abastecimiento o manantiales deben ser cuidadosamente considerados antes de tomar la decisión final sobre qué tipo de procedimiento utilizar y qué tipo de materiales usar en el proceso de sellado.

El sellado de una perforación ofrecerá dos niveles de protección: primaria y secundaria (Scherer y Johnson, 2011). Con la **protección primaria** se evitan los daños por caída de personas o animales, más los derivados del vertido directo de contaminantes en el interior de una captación abandonada y abierta. La **protección secundaria** debe evitar la contaminación del agua subterránea por vertidos accidentales sobre la captación o por la percolación de un contaminante a través del relleno hacia las formaciones acuíferas (zonas no saturada y saturada). Esta protección se debe llevar a cabo rellenando todo o parte del pozo con materiales de baja permeabilidad.

En todo caso, se considera necesario que todas las actividades y técnicas de sellado de captaciones deben ser supervisadas y dirigidas por técnicos especialistas con conocimientos demostrables en hidrogeología y construcción de sondeos. Asimismo, en todos los casos en los que se proceda al sellado de una captación, incluidos en los que esta se abandona por resultar negativa, será preceptivo

presentar un certificado de Fin de Obra, que incluya un informe, documentado fotográficamente, con las características de las operaciones de sellado y clausura del pozo negativo. Este certificado de Fin de Obra, con su correspondiente informe, debe ser realizado y firmado por el responsable de la misma, debiendo remitirse a la administración hidráulica competente.

### 3.1. Tareas previas al sellado definitivo

Antes de proceder al sellado de una perforación es necesario llevar a cabo una serie de tareas, con las que facilitar el éxito de la operación de sellado y clausura.

#### 3.1.1. Caracterización de la captación

El adecuado sellado de una captación requiere de la información constructiva lo más detallada posible, de las características geológicas e hidrogeológicas del emplazamiento de la perforación y del conocimiento de los posibles focos de contaminación.

En este sentido es necesario conocer toda la información que se pueda recopilar:

- La situación geográfica y administrativa de la captación: titularidad de la captación, existencia o no de expediente administrativo, coordenadas, cota topográfica, caudal y volumen autorizado en la concesión y el uso.
- Las características hidrogeológicas de la captación: masa de agua subterránea o acuífero donde se localiza, profundidad del nivel piezométrico 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, etc.).
- Las características técnicas de la captación: profundidad y diámetro, tipo, profundidad y diámetro del entubado con la distribución de las zonas ranuradas y ciegas, y otra información sobre la perforación (existencia de cementación anular, etc.). Siempre que sea posible se obtendrá un registro videográfico del interior del pozo, lo que permitirá dejar constancia de las condiciones existentes y facilitará la toma de decisiones acerca del plan de clausura.



**Figura 7** - Extracción de la tubería de impulsión de un pozo.

**Autora:** Esther Sánchez.

No deben ser medidas aproximadas, sino lo más exactas posibles. También es interesante conocer si existió algún inconveniente relevante durante su construcción. Hay que intentar recopilar toda aquella información que pueda resultar de interés para la tarea del sellado de la captación, como por ejemplo si hay pozos próximos de explotación en activo.

### 3.1.2. Retirada de elementos

Antes de iniciar los trabajos de sellado de la captación, hay que retirar cualquier objeto extraño y dispositivo del interior del pozo (bombas, tuberías, materiales auxiliares), de forma que el éxito de la actuación no se vea comprometido (figura 7). En el caso de los objetos flotantes, una forma de retirarlos consiste en llenar la captación de agua hasta que ésta rebose por la boca. Este procedimiento no suele ser factible en captaciones de gran diámetro o en aquellas que atraviesan materiales muy permeables ya que es preciso verter el agua de lleno con caudales bastante elevados y se debe asegurar que no se produzca contaminación con el vertido ni se empeoren las condiciones de la captación a sellar.

### 3.1.3. Desinfección

De forma previa al sellado de un pozo **es conveniente proceder a su desinfección**. En los casos en los que por el propio entubado, o por los restos que puedan quedar en el sondeo abandonado, existen sospechas de que el pozo pueda ser un foco de contaminación la desinfección será un paso necesario a realizar.

Para ello se utilizará un desinfectante adecuado. Los productos desinfectantes utilizados comúnmente para la desinfección de pozos son el hipoclorito sódico líquido (lejía), en sus concentraciones de 5,25 % de cloro (lejía doméstica) y 12,5 % (industrial) y el hipoclorito cárlico (cal clorada) en polvo, granular o en pastillas (60-70 %). Distintos autores recomiendan el uso del hipoclorito de sodio frente al hipoclorito de calcio en la desinfección de pozos por su mayor eficiencia (Mansuy, 1999; Schnieders, 2001). En todo caso, se desaconseja totalmente el vertido de pastillas de hipoclorito de calcio desde la superficie, dado que estas se disuelven lentamente y acaban en el fondo del pozo, dando lugar a altas concentraciones de cloro en el fondo, que pueden provocar distintas reacciones químicas que generan precipitados (Aid, 1987). Por lo anterior, en caso de utilizar este producto, se deben disolver en un tanque con agua y luego inyectar en el pozo.

Las concentraciones de cloro libre recomendadas en las distintas normativas consultadas están comprendidas entre 50 mg/l y 200 mg/l. Nunca deben sobreponerse los 500 mg/l, pues resultan soluciones muy corrosivas.

En las tablas 4 y 5 se pueden obtener las cantidades, en mililitros, de lejía doméstica o industrial necesaria por metro de columna de agua en pozos de distintos diámetros, para conseguir concentraciones de cloro libre 50, 100, 150 y 200 mg/l.

La solución desinfectante que se consigue de la mezcla de agua con el hipoclorito sódico se debe hacer en un depósito y en un sitio ventilado. El volumen de solución a preparar debe ser, al menos, cinco veces superior al volumen interior de la tubería de revestimiento del pozo. Es decir, hay que calcular el volumen del interior de la tubería de revestimiento y multiplicarlo por cinco:

$$V_i = 5 \times \pi \times R_t^2 \times h,$$

donde  $V_i$  es el volumen de solución desinfectante a inyectar,  $R_t$  es el radio interior de la tubería de revestimiento y  $h$  es la profundidad total del pozo. Si la formación perforada es muy permeable se recomienda aumentar la cantidad de solución desinfectante antes indicada. Se conseguirá de este

modo una cantidad suficiente de solución para que esta llegue a todo el pozo y al acuífero situado en la zona más próxima a la captación.

La adición de cloro al agua debe realizarse en un área bien ventilada. Los vapores de hipoclorito o cloro gaseoso pueden concentrarse en zonas cerradas y poco ventiladas y pueden causar problemas respiratorios graves.

Algunos autores recomiendan reducir el pH del agua en el que va a ser añadida la lejía a un valor de 4,5 antes de añadir el hipoclorito sódico, empleando para ello ácido acético o ácido sulfámico. La manipulación de este tipo de ácidos y la formación de gases al mezclarse con la lejía pueden ser peligrosas, por lo que es recomendable que esta operación sea realizada por personal cualificado.

En todo caso, hay que agregar la cantidad de hipoclorito necesaria hasta alcanzar concentraciones comprendidas entre 50 y 200 mg/l de cloro, siendo recomendable esta última concentración para hacer la operación más efectiva (Schnieders, 2001).

Si se usa hipoclorito de calcio como fuente de cloro, hay que disolverlo bien antes de agregarlo al tanque de mezcla. No se recomienda su uso en aguas con más de 100 ppm de calcio disuelto.

Antes de inyectar la solución desinfectante en el pozo hay que verificar la concentración de cloro libre resultante y su pH. Para una máxima eficacia bactericida, el pH final de la solución de cloro debe estar comprendido entre 6 y 7. Se debe disponer, por tanto, de algún dispositivo, como kits colorimétricos o tiras de control del cloro libre y de pH para comprobar que la mezcla se ha realizado correctamente. Debe ser tenido en cuenta que las tiras reactivas de pH pueden no funcionar después de que se haya agregado el cloro a la solución debido al efecto blanqueador del cloro en las tiras.

Diámetro del pozo (cm)	Volumen de agua por metro de profundidad (l)	Volumen de lejía doméstica necesaria (ml)			
		Para obtener 50 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 100 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 150 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 200 mg/l por cada metro de profundidad
6	3	3	5	8	10
11	9	9	18	27	37
13	14	14	28	42	56
16	20	20	40	59	79
18	27	27	53	80	106
21	34	34	69	103	138
61	292	292	583	875	1167
76	456	456	912	1367	1823
91	656	656	1313	1969	2625

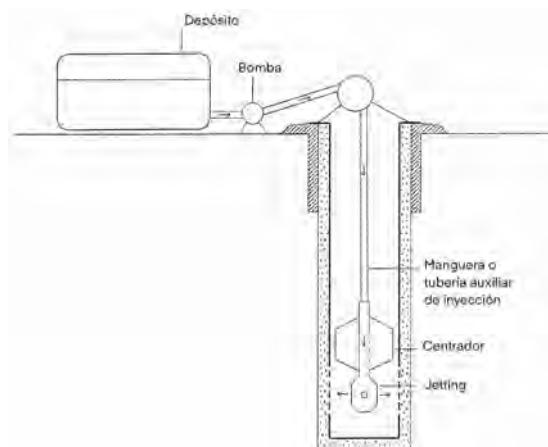
**Tabla 4-** Mililitros de lejía doméstica (con concentraciones de cloro del 5 %) necesaria para obtener concentraciones de cloro libre de 50, 100, 150 y 200 mg/l en pozos de diámetros comprendidos entre 60 y 910 mm.

Diámetro del pozo (cm)	Volumen de agua por metro de profundidad de agua (l)	Volumen de lejía industrial necesaria (ml)			
		Para obtener 50 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 100 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 150 mg/l por cada metro de profundidad	Para obtener 200 mg/l por cada metro de profundidad
6	3	1	2	3	4
11	9	4	8	11	15
13	14	6	12	17	23
16	20	8	16	25	33
18	27	11	22	33	44
21	34	14	29	43	57
61	292	122	243	365	486
76	456	190	380	570	760
91	656	273	547	820	1084

**Tabla 5**- Mililitros de lejía industrial (con concentraciones de cloro del 12 %) necesaria para obtener concentraciones de cloro libre de 50, 100, 150 y 200 mg/l en pozos de diámetros comprendidos entre 60 y 910 mm.

La inyección del desinfectante puede realizarse desde superficie en pozos que no sean muy profundos. El caudal de inyección debe ser alto para conseguir una buena limpieza de la tubería que queda en la zona no saturada del acuífero. Después de la recirculación, se puede dejar la solución desinfectante en el pozo durante un periodo de 4 a 12 horas o durante la noche (Lehr, et al., 1988). Si la inyección provoca derrames en la superficie del terreno deberá asegurarse que éstos no sean nocivos o prever su eliminación.

En pozos construidos en formaciones muy permeables o que tienen amplias zonas de rejilla se recomienda inyectar el agua a presión desde el interior del pozo, con dispositivos de jetting acoplados a una tubería auxiliar de inyección (figura 8). En ese caso, se debe comenzar desde el fondo del sondeo e ir elevando la herramienta de inyección paulatinamente. Se recomienda concentrar las labores de inyección en el fondo del pozo y en las rejillas.



**Figura 8** - Procedimiento de desinfección de un pozo mediante un sistema de inyección a presión (AIH-GE, 2022)

## 3.2. Operaciones de sellado definitivo de una captación

Cuando una perforación para captar aguas subterráneas resulta negativa o se abandona con la intención de no volver a utilizarla, será necesario llevar a cabo su clausura definitiva.

Como se indica el RD 849/1986 Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) (Anexo III Parte A), **en el caso de sondeos o pozos negativos, que han quedado sin entubar, se debe proceder a su sellado y clausura mediante el relleno de la perforación con agregados o áridos, con materiales inertes e impermeables, o bien con el propio material de la perforación si no ha afectado a ningún acuífero y tiene homogeneidad litológica. En estos casos se considera crítico que el sondeo se selle de inmediato a su construcción, previamente a que la máquina perforadora abandone su emplazamiento.** En este sentido se considera necesaria la presencia del responsable del control de los trabajos, que emitirá el certificado de Fin de Obra como técnico competente durante la operación de sellado, así como la disponibilidad de personal y material cualificado por parte de la empresa de perforación. Asimismo, en el anexo III Parte B, como se mencionó anteriormente, se dan unos criterios generales para el sellado de pozos abandonados que se desarrollarán a continuación.

**Para sellar una captación de agua subterránea existen una serie de operaciones comunes** que se recomiendan en la mayoría de los métodos y guías de sellado de pozos internacionales. Con todo, más adelante se indican una serie de actuaciones específicas para el caso de pozos perforados en materiales kársticos o muy fracturados, sondeos surgentes, sondeos con diámetros de perforación inferior a 100 mm y pozos perforados en zonas contaminadas o próximas a un foco potencial de contaminación. Estos operaciones comunes o pasos a seguir, tomando como base lo indicado en el Anexo III-Parte B del Reglamento de Dominio Público Hidráulico son:

- 1º) Extracción total o parcial de la tubería o revestimiento (siempre que sea posible y los condicionantes hidrogeológicos lo hagan necesario).
- 2º) Corte y apertura de la tubería si ésta es ciega y no se ha extraído. Este paso se realiza para poder llegar a lo que comúnmente se llama prefiltro, y así sellar el anular exterior del entubado existente. Esto es necesario para impedir la existencia de una vía de contaminación a través del macizo o prefiltro.
- 3º) Relleno de la perforación con materiales sellantes y agregados.
- 4º) Instalación del sellado superficial.

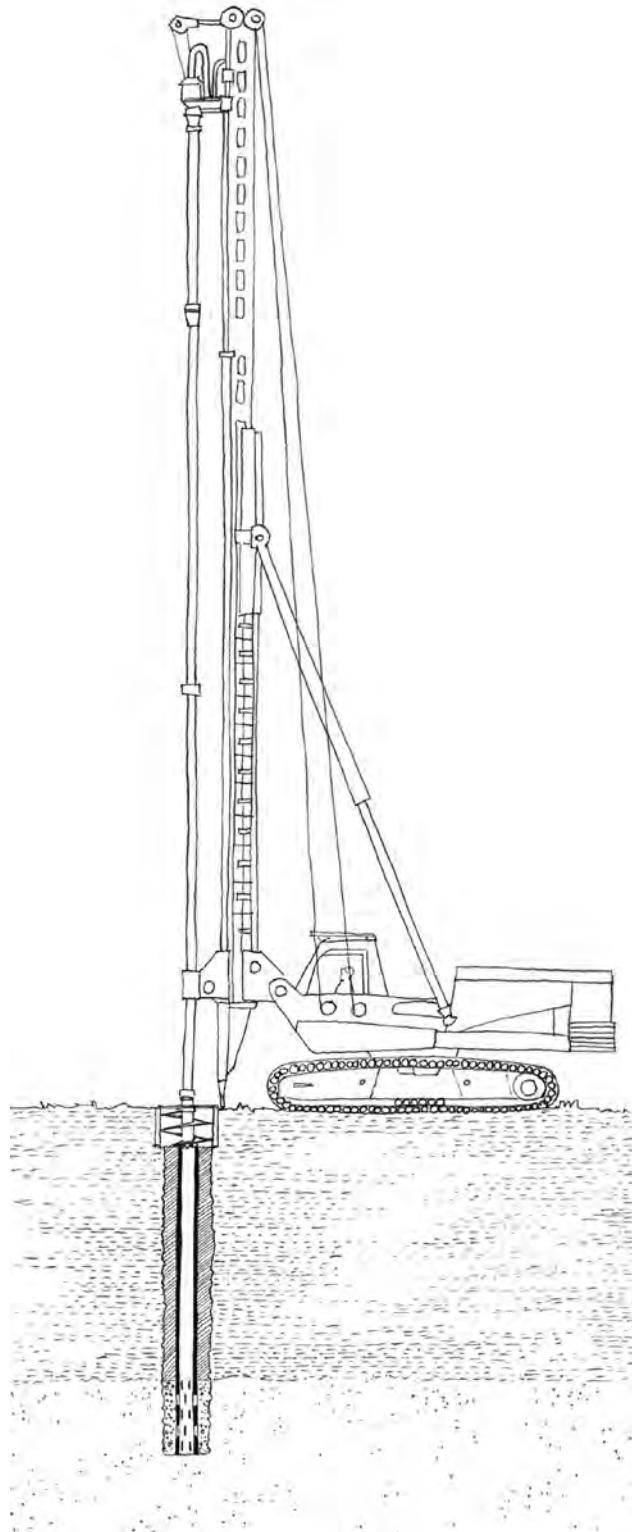
### 3.2.1. PASO 1: Extracción total o parcial de la tubería y/o revestimiento

La extracción del revestimiento de un sondeo permite el correcto sellado de las formaciones atravesadas. No obstante, **esta operación no siempre es posible**, en especial cuando hay riesgo de colapso del sondeo o cuando la tubería está muy deteriorada. Por ello, para comprobar el estado de la entubación conviene hacer una inspección previa con una cámara de video. Tampoco es recomendable si el área del pozo está en una zona conocida de contaminación del acuífero. En todo caso es algo que se debe valorar previamente.

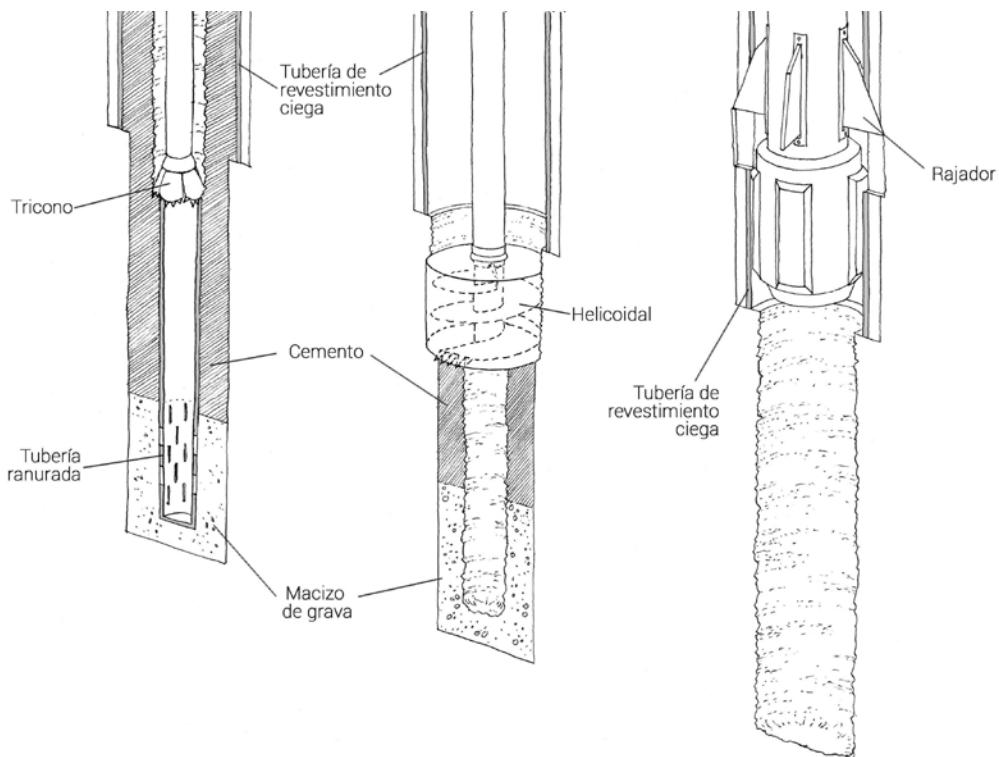
En el caso de sondeos entubados con PVC en los que no se puede extraer la tubería, se puede proceder a la reperforación del sondeo. Una primera opción consiste en reperforar el sondeo con un tallante de mayor diámetro que el de la tubería de revestimiento (figura 9). La destroza de la tubería se puede facilitar mediante el rajado previo de la tubería. Otra opción consiste en la perforación a destroza de la tubería y en su caso, del empaque de grava y las cementaciones, con tallantes de gran diámetro. Este proceso se ilustra en la figura 10A, en la que la tubería se elimina en una primera fase mediante perforación a destroza con trícono, y la cementación y el prefiltro reperforando con una sonda con helicóide (figura 10B). En la figura 10C, se representa el proceso de rajado de la tubería de revestimiento más superficial, que suele ser de mayor diámetro, procedimiento que se debe dejar

para el final de la fase de rajado de la tubería, dado que los primeros metros de perforación suelen ser muy inestables y se suelen derrumbar al extraer la tubería más superficial.

En cualquier caso, los procedimientos descritos anteriormente, pueden presentar problemas durante su ejecución, dada la naturaleza plástica del PVC.



**Figura 9.** Operación de reperforación y destrucción de tubería (AIH-GE, 2022).



**Figura 10.** A) y B) Perforación a destroza en dos fases y C) rajado con cuchillas radiales del entubado de revestimiento más superficial (AIH-GE, 2022).

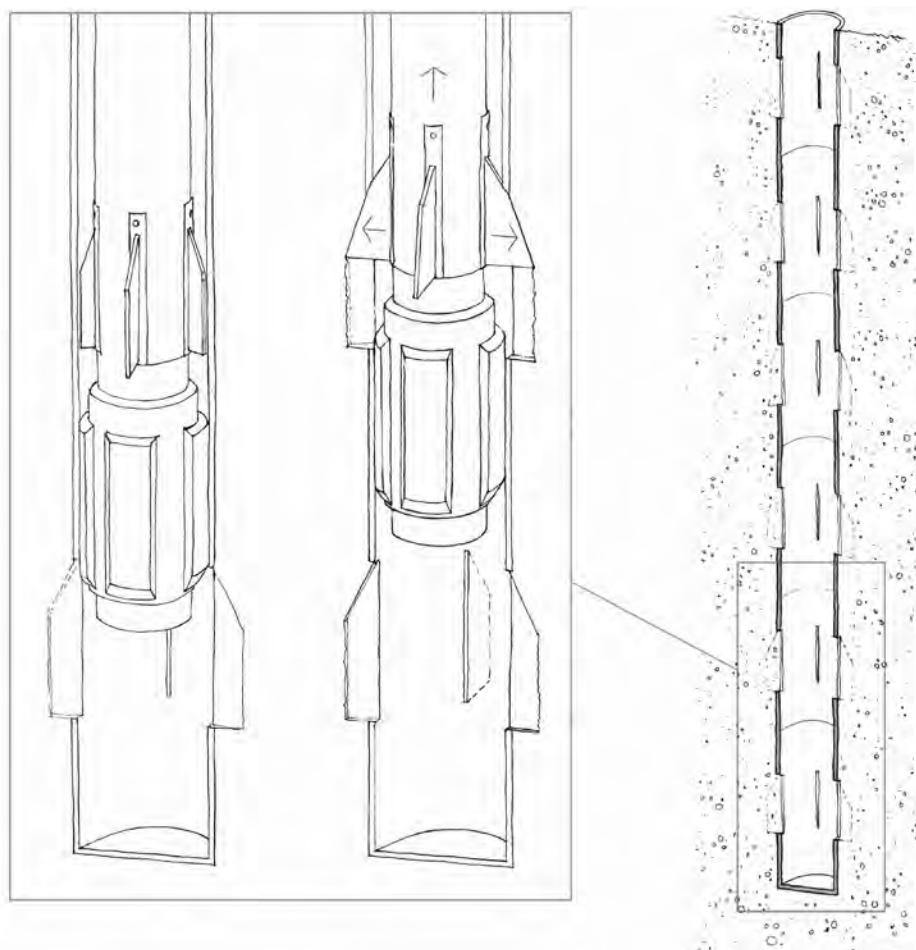
### 3.2.2. PASO 2: Corte y apertura de la tubería

El corte y apertura de la entubación de revestimiento puede ser necesario cuando no ha sido posible su extracción y existe riesgo de comunicación por el exterior de la tubería. En primer lugar, antes de proceder al rajado de la tubería, es conveniente cepillar el interior de la tubería y a extraer el agua sucia que se genera durante el cepillado. La operación de corte y apertura se puede hacer mediante cuchillas de corte (figura 11) o mediante un sistema de disparos de carga hueca. Cualquiera de los dispositivos debe generar cortes o perforaciones longitudinales (aproximadamente 5-10 cm abiertos cada 30-40 cm de tubería) a lo largo de la tubería, a efectos de permitir el fácil acceso del material sellante en el espacio anular del sondeo, el comprendido entre la entubación y la pared de la perforación. Para la realización de estas operaciones se debe contar con empresas especialistas en perforación que dispongan del material necesario y personal cualificado.

Los sistemas de corte con cuchillas suelen disponer de cuatro cuchillas dispuestas radialmente con un grosor cada una de  $3/16"$  (0,5 cm) (figura 11). Otro método de rajado es el sistema de disparos de carga hueca (suficiente 4 por pie), que deberá realizarse siempre por personal muy experto en el manejo de explosivos, y con las debidas autorizaciones administrativas. Estas operaciones de disparo, además de ser caras, tienen el inconveniente de no ser de uso habitual en las empresas españolas de perforación de sondeos de captación de agua subterránea, por lo que, por el momento será necesario recurrir a empresas especializadas.

Por último, se quiere subrayar que en los casos en los que no ha sido posible extraer los 2-3 m más superficiales de la entubación del sondeo, se deberá provocar un ranurado de la tubería muy denso en su tramo superior.

Una vez se han extraído los elementos ajenos y se han realizado los cortes o aberturas se debería proceder, de nuevo, a extraer el agua sucia del interior del sondeo y a desinfectarlo con una solución de hipoclorito.



**Figura 11.** Perforación y cortes en la tubería de revestimiento mediante el sistema de corte con cuchillas radiales (AIH-GE, 2022).

### 3.2.3. PASO 3: Relleno de la perforación con materiales sellantes y agregados

A continuación, se describe como se debe llenar un sondeo o un pozo de captación de agua subterránea para su sellado en función del tipo de captación (pozos excavados de gran diámetro y sondeos), del tipo de acuífero (libre, confinado o semiconfinado), del grado de consolidación de los materiales perforados y de si se dispone, o no, de información de la columna litológica atravesada. Además, se describen otros procedimientos especiales para el relleno de pozos perforados en acuíferos kársticos o muy fracturados, sondeos surgentes y sondeos perforados con diámetros inferiores a 100 mm.

#### 3.2.3.1. Pozos excavados y de anillos de hormigón

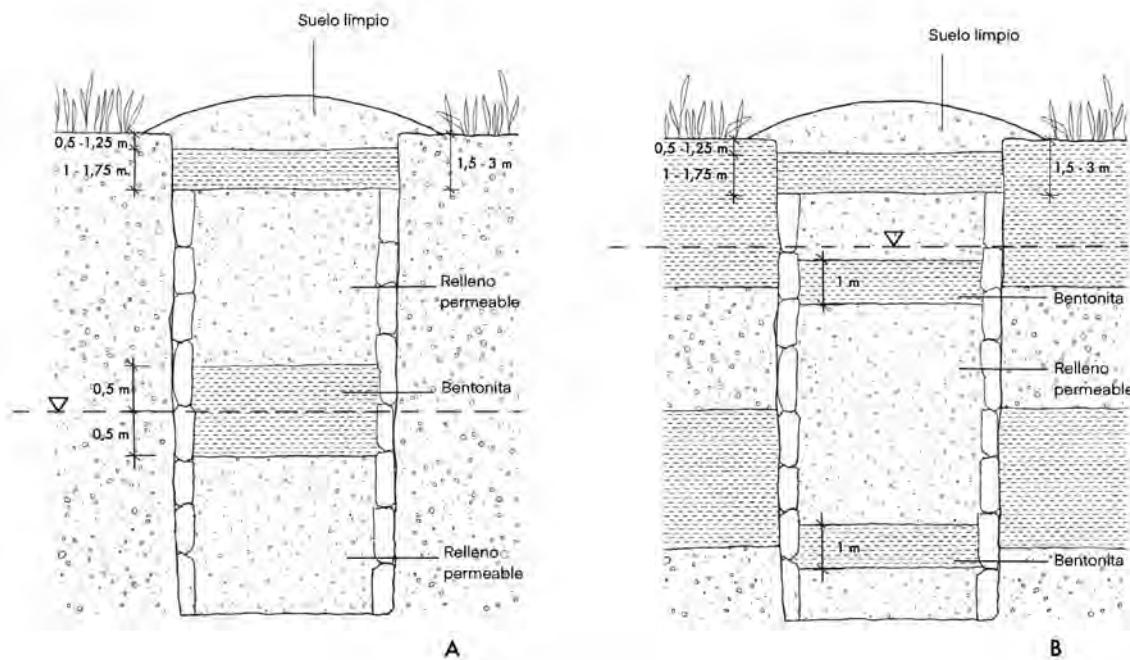
Un pozo excavado es una captación vertical de más de un metro de diámetro, que no suele superar los 10 o 15 m de profundidad. Suelen ser de gran diámetro porque son pozos antiguos que se solían

excavar a mano, con operarios que tenían que trabajar en su interior. Los pozos de anillos de hormigón, suelen tener un diámetro regular de un metro y pueden alcanzar hasta los 40 m.

El relleno de estas captaciones se realiza con diferentes procedimientos, según la información disponible, la litología excavada y en función de la disponibilidad de materiales sellantes y de agregados permeables en el entorno.

En aquellos casos en que el pozo explotaba un único acuífero libre, y, por tanto, no exista riesgo de comunicación entre diferentes niveles permeables, se podrá realizar una clausura con unas operaciones mínimas. Se procede llenando el pozo con material de relleno permeable (apartado 2.1) hasta 0,50-1 m por debajo del nivel estático del agua. A partir de esa profundidad se añadirá bentonita granulada (pellets de bentonita) o virutas de bentonita (chips de bentonita) hasta medio metro por encima del nivel piezométrico. Encima de este sello se procederá al relleno con materiales permeables hasta 1,5-3 m de la superficie, profundidad a la que habrá que seguir con los requerimientos del PASO 4. Finalmente, el pozo quedará lleno como se ha representado en la Figura 12A. En todo caso, el proceso de vertido de los materiales de relleno debe hacerse de forma lenta, especialmente cuando se coloca la bentonita granulada.

Si el pozo excavado corta varios horizontes acuíferos en profundidad y se dispone de la columna litológica excavada, será recomendable instalar un tapón de bentonita (pellets o chips) que rellene un mínimo de 0,5 m por debajo del límite del techo de cada acuífero y que sobresalga un mínimo de 0,5 m por encima del techo del acuífero, tal y como se ha representado en la Figura 12B. Así hasta los 1,5-3 m más superficiales del pozo, que se llenaran según se indica en el PASO 4.



**Figura 12-** A Esquema de sellado de pozo de gran diámetro en un único nivel acuífero; B Esquema de sellado de pozo de gran diámetro atravesando varios acuíferos (AIH-GE, 2022).

### 3.2.3.2. Sondeos

Se considera un sondeo aquella perforación de diámetro inferior a un metro, entubada o no, que puede alcanzar centenares de metros y cuya entubación suele realizarse con tubería metálica (acero naval S 235) o con PVC. El espesor de la pared de la tubería dependerá de los esfuerzos a que se encuentre sometida. En general los tubos metálicos tienen espesores comprendidos entre 5 y 8 mm.

Para determinar la metodología a aplicar en cuanto al relleno en sí, se deben valorar las siguientes particularidades de los sondeos: el grado de información constructiva disponible, la litología, si el acuífero es único o multicapa, el grado de consolidación de la formación, el grado de fracturación y de karstificación, si es surgente, el diámetro de la perforación y la posible contaminación del agua subterránea.

Cuando el sondeo ha resultado negativo y no existen requerimientos especiales, puede ser rellenado con agregados permeables (arena, piedra triturada o materiales similares) o arcilla local. Como ya se ha mencionado, la adición de materiales tales como arena y grava o arcilla local debe hacerse con un ritmo pausado, ya que al hacerlo de forma rápida se pueden causar puentes. Se recuerda que el relleno con agregados solo es recomendable hacerlo en sondeos con diámetros mayores de 51 mm (2") y el tamaño de las partículas no puede ser superior a un cuarto del diámetro del pozo.

Cuando se ha perforado un **único acuífero** se puede llenar el sondeo con agregados permeables, hasta 1 m por debajo del nivel estático máximo, si se trata de un acuífero libre, o hasta 1 m por debajo del techo del acuífero si es un acuífero confinado. Sobre ese agregado se colocará un sello de pellets de bentonita de un mínimo de 1,5 m de espesor y por encima del sello se llenará con agregados permeables hasta una profundidad de 1,5 a 3 m y se realizará el sellado superficial según el PASO 4 (figura 13A).

En el caso de **acuíferos multicapa** los pasos a seguir serán similares al anterior supuesto, con la salvedad de que será necesaria la colocación de varios tapones de bentonita en función de la distribución de los niveles acuíferos productivos. Así, de base a techo se llenará de agregados hasta 1 m por debajo del techo del horizonte acuífero. Se pondrá un sello de pellets de bentonita que sobrepase 0,5 m por encima del techo del acuífero. Si los tramos no acuíferos son muy extensos y el volumen requerido para llenar y sellar el sondeo es muy grande, la utilización exclusivamente de mezclas sellantes de cemento/bentonita en estos tramos improductivos puede resultar económicamente inviable. En estos casos, es aceptable llenar donde no es imprescindible un sellado impermeable, con materiales permeables o material inerte, colocando sellos de bentonita o cemento en el contacto con los tramos acuíferos, con el procedimiento anteriormente descrito (figura 13 B).

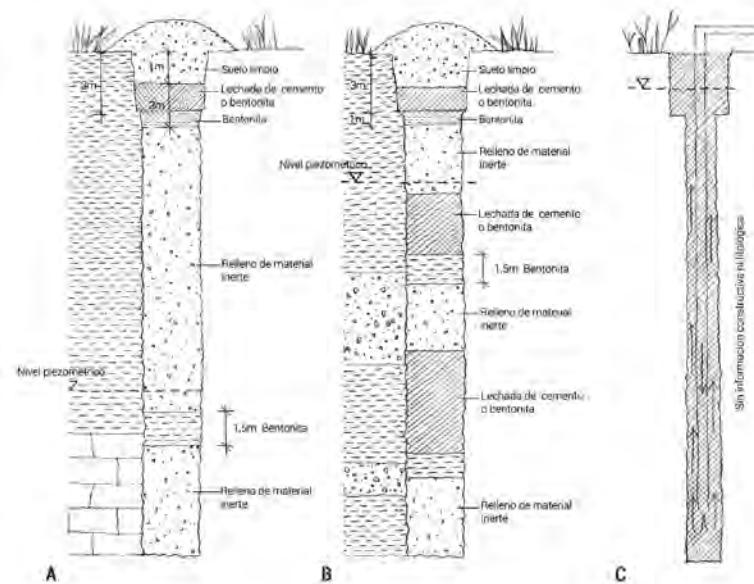
En acuíferos formados por **formaciones no consolidadas** se suelen producir derrumbes al retirar la entubación. Por ello, debido a la inestabilidad de las paredes del sondeo, en estos casos será necesario realizar la inyección de la lechada a la vez que se extrae la tubería de revestimiento. La retirada de la tubería se deberá hacer alzándose lentamente y, simultáneamente, realizar la inyección de la lechada desde el fondo del sondeo mediante una tubería auxiliar. Para que esta operación se realice con éxito será necesario estimar el volumen de material necesario para llenar la captación y prepararlo previamente a la retirada de la tubería. Cuando no es posible retirar la tubería, se procederá a hacer cortes en la entubación para favorecer la posterior inyección de una lechada de cemento, de bentonita o de cemento con bentonita.

Si no se dispone de la información constructiva imprescindible (situación exacta de los tramos ranurados) y no se puede extraer la tubería lo preferible es ranurar toda la tubería e inyectar una lechada de cemento, de bentonita o cemento con bentonita, de abajo arriba, mediante tubería auxiliar (figura 13C).

En el caso de la colocación de la lechada sellante, debe inyectarse a presión para asegurar el llenado de la perforación y también la penetración de la lechada en el terreno circundante al pozo, al menos 3 cm a partir del diámetro exterior del mismo agujero. La inyección debe hacerse con bomba y tubería auxiliar desde el fondo hacia arriba, de modo continuo, sin interrupciones, para evitar la

formación de puentes y la dilución de la mezcla, especialmente cuando se está inyectando por debajo del nivel estático de agua en el sondeo (figura 14).

El uso como sellante de la lechada de cemento puro o de cemento-bentonita es siempre una opción eficaz para la protección primaria y secundaria, sin importar el tamaño del pozo. Sin embargo, rara vez es el método más económico.



**Figura 13.**- Alternativas de sellado en acuífero único (A), multicapa (B) o sin información constructiva (C) (AIH-GE, 2022).



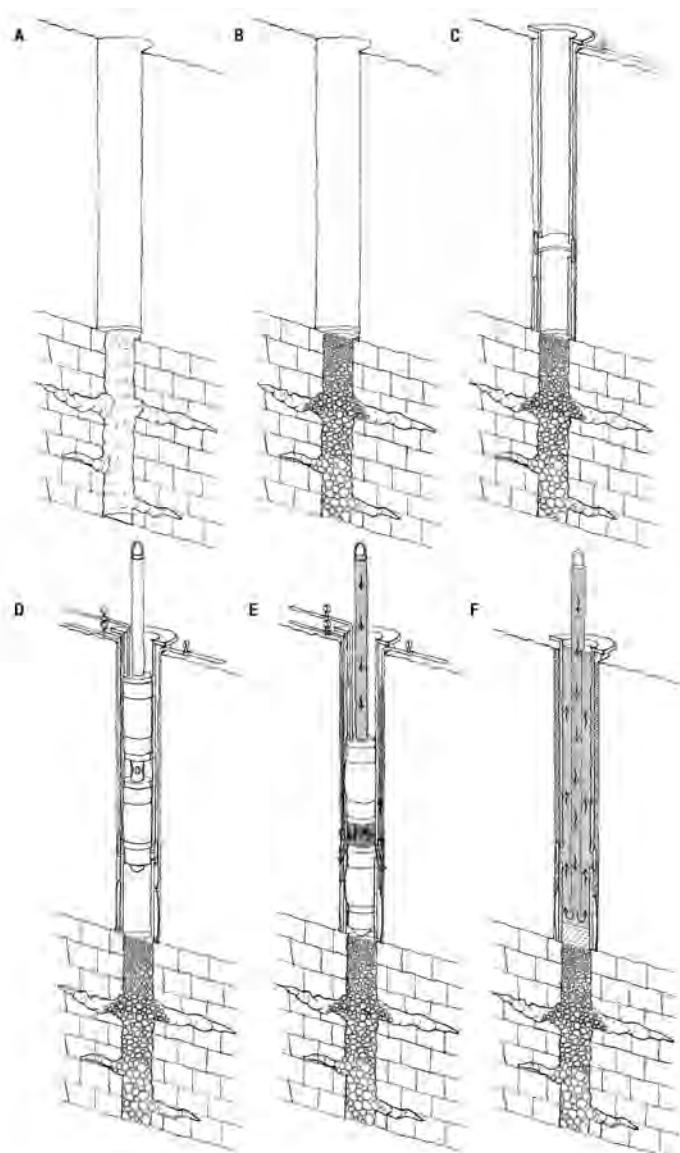
**Figura 14.**- Detalle de la cementación y el cierre de un pozo surgiente.

**Autor:** Víctor Del Barrio.

**En los sondeos que perforan acuíferos muy fracturados o karstificados**, será necesario conocer a qué profundidad están las fracturas, cavidades o conductos kársticos, para optimizar las operaciones a realizar. El registro de video del sondeo y algunas diagrafías ayudarán notablemente a reducir los costes de clausura de esas captaciones. Si se puede, se debe llenar el sondeo con mortero; sin embargo, la presencia de cavidades kársticas o grandes fracturas abiertas suele hacer muy difícil el sellado, dado que la lechada se pierde por esas oquedades. Si esto ocurre y el sondeo está diseñado

con una configuración en *open-hole*, con una cámara de bombeo entubada y la zona productiva sin entubar, se deberá llenar la zona productiva con agregados permeables del mayor tamaño posible (1/4 del diámetro de la perforación) hasta 1 o 2 m por debajo de la cámara de bombeo. A continuación, se deberán colocar 1 m de agregados de menos granulometría y varios metros de columna de pellets de bentonita. Sobre estos se colocará una lechada de cemento más bentonita hasta la boca del sondeo. Si la cámara de bombeo no tiene una cementación en el anular exterior, habrá que rajar la tubería antes de inyectar la lechada de cemento-bentonita.

Si la captación además es surgente, habrá que proceder como se indica en la figura 15. Habrá que extraer la tubería, llenar con agregados de permeables de gran tamaño la zona karstificada, entubar la zona superior del sondeo y cementar el anular, mediante un equipo de cementación con un obturador de fondo. Una vez sellado el anular del trasdós de la parte superior del sondeo habrá que colocar un sello de pellets de bentonita de alta densidad por el interior del entubado de revestimiento y sobre el agregado permeable que ha llenado la zona productiva. Seguidamente habrá que llenar el sondeo hasta la boca con lechada de cemento-bentonita, que podrá ir acompañada de aditivos, como la barita, para dar más densidad si es necesario.



**Figura 15.** Procedimiento de sellado para sondeos con una karstificación muy desarrollada y surgentes. A: sondeo en materiales kársticos sin la entubación. B: relleno con agregados de gran tamaño. C: descenso de tubería de revestimiento con obturador (packer) y válvula de cementación. D: descenso del equipo de cementación con doble obturador (packer). E: inyección de la lechada de cemento/bentonita en el trasdós del entubado. F: relleno del interior del sondeo con lechada de cemento bentonita (AIH-GE, 2022).

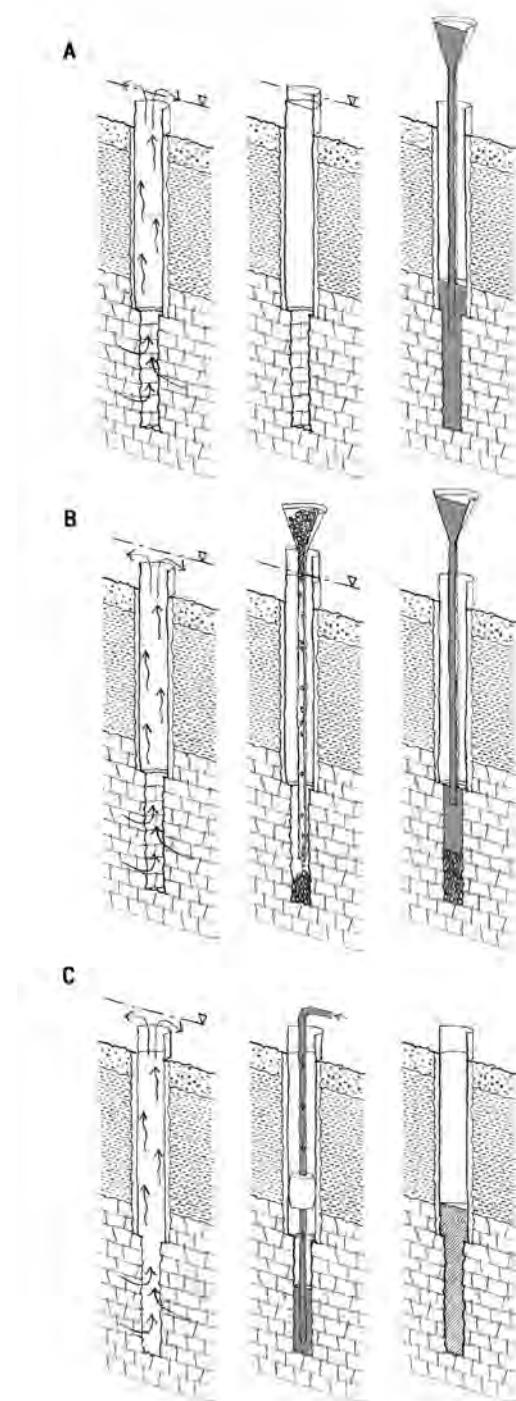
En los **sondeos surgentes** será necesario reducir la presión del agua y detener el flujo ascendente de la misma mediante varios procedimientos. Uno de ellos es el que se ilustra en la figura 17 A. Consiste en añadir tubería en el exterior del pozo hasta situarla por encima del nivel estático en su interior para evitar la salida de agua. Hecha esta primera operación, se añade una lechada de cemento o de cemento/bentonita con aditivos de alta densidad, como la barita, si es necesario, utilizando una tubería auxiliar. Otra opción consiste en añadir cantes y bloques en el fondo del sondeo (se recuerda que el diámetro del agregado debe ser menor a 1/4 del diámetro del sondeo), para reducir la carga hidráulica e injectar una lechada de cemento o cemento con bentonita (figura 17B). También es posible colocar un obturador o *packer* que se ajuste al diámetro del sondeo y quede a la mayor profundidad posible por encima de la zona de aportación de agua, para interrumpir o disminuir el caudal de surgencia. Posteriormente, se procede al sellado de la captación mediante la inyección de una lechada de cemento o de cemento con bentonita (figura 17C).

En el caso de **sondeos con diámetros pequeños (inferiores a 100 mm)** se puede formar un puente si los materiales de relleno se vierten demasiado rápido. En este tipo de sondeos, cuando tienen menos de 30 m de columna de agua, se pueden llenar con pellets o inyectar desde el fondo, de abajo-arriba, lechadas de cemento, de bentonita o de cemento con bentonita (*Texas Groundwater Protection Committee*, 2010), tal y como se ha representado en la figura 17C. Si se utiliza bentonita granulada, esta se debe verter lentamente. En el caso de sondeos de diámetros inferiores a 100 mm y con más de 30 m de columna de agua, es recomendable inyectar lechada de bentonita, cemento o cemento con bentonita desde el fondo del sondeo con el empleo de bomba y tubería de inyección. Cuando se emplea lechada de bentonita se debe añadir un mínimo de 1 m de lechada de cemento puro por encima de la lechada de bentonita. La lechada de cemento puro sobre la lechada de bentonita sirve para asegurar de que la bentonita no se seque y no pierda así su sellado. La lechada de cemento se puede llevar hasta la superficie o bien llenar de suelo nativo el último metro y hacer un montículo.

En el caso de que el **agua del sondeo esté contaminada, exista algún acuífero contaminado o se sitúe próximo a alguna zona de vertidos o foco de contaminación**, es preferible que los tramos de agua contaminada o contaminantes sean aislados de los tramos de agua no contaminada con tapones de cemento y el resto del pozo sea llenado de lechada de cemento puro o cemento con bentonita, seguida por el tapón de cemento que se extienda, al menos, 0,5 m por encima de la superficie del terreno.



**Figura 16.** Labores de cementación en sondeo surgente.  
**Autor:** Gabriel Gallardo



**Figura 17-** Alternativas de sellado para sondeos surgentes (AIH-GE, 2022).

### 3.2.3.3. Otro tipo de captaciones

Los **sondeos de hinca** se emplean en materiales blandos (aluviales y detríticos no consolidados). Son captaciones de pequeño diámetro que se acondicionan conectando longitudes de tubos de acero de 25-50 mm de diámetro mediante acoplamientos roscados. Se realiza manualmente mediante di-

versas técnicas. Pueden alcanzar los 25 m de profundidad. Si el revestimiento del sondeo se puede extraer, la perforación debe llenarse con material nativo o bien con lechada de cemento-bentonita. Si la tubería no se puede extraer o si tiene más de 10 m de profundidad, se deberá rellenar con lechada de cemento, bentonita o cemento/bentonita. Despues que la lechada se haya inyectado, la entubación se debe cortar a 1,5 m debajo de la superficie. La parte superficial se puede llenar con suelo limpio.

Los **sondeos geotécnicos** permiten estudiar las características geotécnicas del terreno. Son perforaciones de pequeño diámetro (65-140 mm), similares a los sondeos de investigación hidrogeológica. Aquí se pueden incluir los sondeos de investigación hidrogeológica que se hacen con máquinas de perforación geotécnica en estudios de vertederos o gasolineras. Para su sellado existen dos opciones: 1.<sup>a</sup>) se llena con lechada de cemento, inyectada con tubo auxiliar, hasta 1,5 m de la superficie y 2.<sup>a</sup>) se llena desde el fondo hasta 4 m por debajo de la superficie con bentonita granular o lechada de bentonita. A continuación, se debe añadir un mínimo de 2,5 m de lechada de cemento hasta un metro y medio por debajo de la superficie. Este metro y medio restante se llena con suelo limpio y no contaminado, en ambas opciones.

### 3.2.4. PASO 4: Sellado superficial de la perforación

Para finalizar la operación de sellado, se debe clausurar el tramo más superficial del pozo o sondeo, actuando entre los 1,5 y los 3 m más superficiales del terreno, según el criterio del técnico encargado de la ejecución del sellado. Esta operación consistirá en la colocación de un tapón en la boca del pozo.

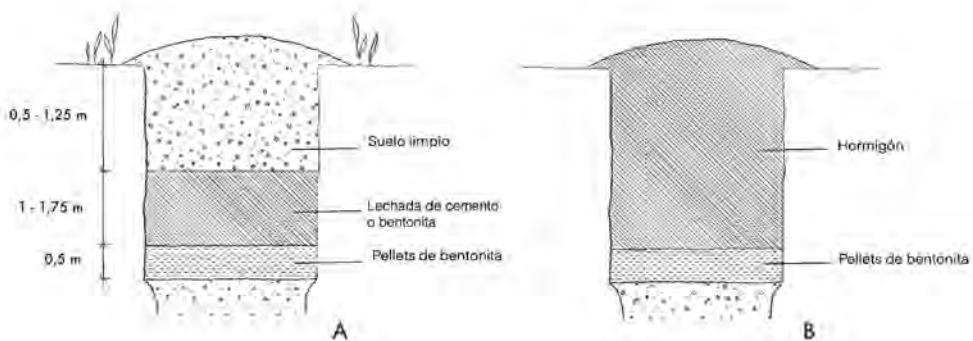
Realizada la operación de relleno (PASO 3), se retirará la tubería de revestimiento más superficial. Cuando la tubería es metálica o de PVC esta actuación se suele hacer empleando rajadores, que se acoplan a la sarta de perforación y la cortan, a la profundidad deseada. La extracción de la tubería previamente rajada se suele hacer con la ayuda de gatos hidráulicos. Otra opción, en el caso de los sondeos entubados con PVC, es la reperforación del tramo más superficial con un tallante de mayor diámetro que el de la tubería de revestimiento del pozo (figuras 9 y 10).

Seguidamente hay que excavar el terreno alrededor del pozo, en **un mínimo de 0,5 m**, medidos desde la parte más externa del anular de la captación. Se generará de este modo un cilindro de un metro de diámetro sobre el que tenía el pozo a sellar. Esta excavación se hará hasta los 1,5-3 m de profundidad.

Cuando el pozo se encuentre en una zona no urbanizada, el relleno de la excavación realizada se hará introduciendo un mínimo de 0,5 m de pellets de bentonita, sobre la que se añadirá hormigón hasta la mitad de la profundidad restante. También se podrá optar por colocar pellets de bentonita desde el fondo hasta la mitad de la excavación. El resto se llenará con suelo limpio del entorno, sobresaliendo el relleno en superficie, en forma de montículo, con el fin de evitar encharcamientos y de facilitar la escorrentía hacia el exterior (Figura 18A).

Si el pozo se encuentra en zona urbana (Figura 18B), en el fondo de la excavación se colocará 0,5 de pellets de bentonita y el resto se llenará con hormigón. En superficie, si no hay una infraestructura que lo impida, deberá quedar una losa de hormigón con pendiente hacia afuera, que sobresalga de 30 a 50 cm del nivel anterior del terreno y con un diámetro de al menos 1,5 m respecto a la antigua tubería del pozo.

Deben quedar exentos de la colocación de este tapón superficial, los sondeos surgentes, los de pequeño diámetro y los sondeos muy karstificados, dado que, como ya se han indicado en apartados anteriores, estos disponen de una terminación del sellado particular.



**Figura 18.** Esquema del sellado superficial de las captaciones de agua según su ubicación. A) Sellado superficial en zonas no urbanizadas. B) Sellado superficial en zonas urbanizadas.

#### 4. Tabla de operaciones de sellado y de materiales de relleno propuesta por el State Coordinating Committee of Groundwater (1996)

Con el objetivo de facilitar la toma de decisiones, y a modo de guía de referencia, se quiere aportar aquí la tabla de operaciones de sellado elaborada por la *State Coordinating Committee of Groundwater (1996)*, que considera el conocimiento técnico de la captación, su estado, la litología y el acuífero o acuíferos perforados. Este resumen, también ha sido adaptado por la ACA (2009) y se recoge en la tabla 6.



**Figura 19.** Pozo excavado abierto de gran diámetro.  
Autores: José Luis Barroso y Marc Martínez

Tipo de captación		Materiales							Método de instalación	
		De relleno		Mortero	Lechada Cemento	Bentonita Grano Grueso		Lechada Bentonita		
		Arena, Grava	Arcilla			Chips	Pellets			
Formaciones no consolidadas	Pozos y perforaciones de $\Phi > 24''$ (610 mm) y $< 8$ m de profundidad	No	Si, hasta el nivel estático <sup>1</sup>	No	Si	Si	Si	No	El material puede ser vertido	
	Pozo de hinca	No	No	No	Si	Si <sup>5</sup>	Si <sup>5</sup>	Si	Lechada inyectada, las virutas de bentonita deben verterse lentamente <sup>2</sup>	
	Sondeos en acuífero único ( $\Phi < 24''$ ) y $> 8$ m profundidad	Sí en la parte superior del acuífero o 8m debajo de la superficie del suelo <sup>3</sup>	No	No	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si	Lechada inyectada, grava vertida, las virutas de bentonita deben verterse lentamente	
	Sondeos en varios acuíferos ( $\Phi < 24''$ ), $> 8$ m profundidad	Si <sup>4</sup>	No	No	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si	Lechada inyectada, las virutas de bentonita deben verterse lentamente	
	Sondeos surgentes	No <sup>7</sup>	No	Si	Si	Si <sup>6</sup>	Si <sup>6</sup>	Si	Lechada inyectada	
Formaciones consolidadas	Sondeos en acuífero único ( $\Phi < 24''$ ) y $> 8$ m profundidad	Sí en la parte superior del acuífero o 8m debajo de la superficie del suelo <sup>3</sup>	No	No	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si	Lechada inyectada, áridos vertidos, las virutas de bentonita deben verterse lentamente	
	Sondeos en varios acuíferos ( $\Phi < 24''$ ) y $> 8$ m profundidad	Si <sup>4</sup>	No	No	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si		
	Sondeos en acuíferos fracturados y cavernosos	Si, solo en zonas fracturadas y cavernosas	No	Si	Sí, desde la parte superior del tapón o relleno de la caverna hasta la superficie				Lechada inyectada, solo grava (no debe usarse arena) vertida, las virutas de bentonita deben verterse lentamente	
	Sondeos surgentes	No <sup>7</sup>	No	Si	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si	Lechada inyectada	
Sondeos sin información constructiva		No	No	No	Si	No	No	Si	Lechada inyectada	
Perforaciones de $\Phi > 24''$ (610 mm) y $> 8$ m de profundidad		Si <sup>4</sup>	No	No	Si	Si <sup>2</sup>	Si <sup>2</sup>	Si	Lechada inyectada, los virutas o pellets de bentonita deben verterse lentamente y manipularse periódicamente	

1. El relleno de arcilla debe cubrirse con una capa de bentonita o cemento de 0,3 m de espesor que se extienda 0,15 m más allá del diámetro exterior original del pozo.

2. Los chips o pellets de bentonita se deben purgar lentamente sobre un cedazo y en la captación a una velocidad no más rápida de 3 minutos/bolsa de 25 kilos. Los pellets se deben usar en pozos de profundidades que no superen los 30 m, los chips en pozos no más profundos de 60 m. Estos productos deben manipularse periódicamente e hidratarse si se colocan por encima del nivel freático o si el pozo está seco. El diámetro del pozo debe ser 4 "(101 mm) o mayor.

3. Luego, el pozo debe llenarse hasta la superficie con cemento o productos de bentonita.

4. Se puede usar grava y / o arena en zonas acuiferas siempre que haya un tapón impermeable de bentonita o cemento colocado entre estas zonas, y desde la parte superior de la zona más alta hasta la superficie.

5. Las virutas de bentonita se pueden usar en pozos de 8 m de profundidad o menos, siempre y cuando se manipule periódicamente. Los pozos con una profundidad mayor a 8 m deben sellarse con una suspensión espesa.

6. Se pueden usar virutas de bentonita si la surgencia se ha detenido gracias a la extensión de la entubación o por los productos depositados en el fondo del pozo. El pozo debe tener una profundidad de 60 m o menos, y al menos 4 pulgadas (101 mm) de diámetro.

7. La grava se puede usar en pozos surgentes solo para ralentizar el flujo lo suficiente como para permitir que se instale la lechada.

**Tabla 6.**-Resumen de materiales de sellado y constructivos (AIH, 2022).

## 5. Certificado o informe de Fin de Obra

A la finalización de las tareas de clausura y sellado, el encargado del control de los trabajos, preferentemente un técnico especialista en hidrogeología, deberá realizar el certificado o informe de Fin de la Obra, incluyendo un informe final donde se recojan las tareas realizadas, que deben estar debidamente documentadas fotográficamente. El certificado de Fin de la Obra, junto con el informe final mencionado, deberán ser remitidos al propietario de la captación y a la administración hidráulica competente (a la que previamente se le ha debido de informar de la realización de los trabajos).

A continuación, se presentan los contenidos mínimos que debe incluir este informe final:

- Director facultativo/Encargado del control de los trabajos, y responsable de seguridad y salud de los mismos.
- Técnico especialista con conocimientos demostrables en hidrogeología y perforación de sondeos, responsable de la operación. Habitualmente esta figura coincide con la dirección facultativa.
- Datos de ubicación de la captación, incluyendo su ubicación exacta sobre un mapa o sobre una fotografía aérea.
- Referencia del expediente administrativo y/o del expediente de concesión, si existe.
- Fechas de construcción y de sellado o de la clausura temporal.
- Características del sondeo a sellar o clausurar temporalmente (profundidad, diámetros de perforación, diámetros y tipo de tubería de revestimiento, profundidad de las rejillas, columna litológica, etc.).
- Causas que motivan el sellado del pozo.
- Datos de la empresa o empresas que han participado en las operaciones de sellado o clausura temporal.
- Descripción de las operaciones realizadas. Incidencias y toma de decisiones.
- Equipos, materiales, productos e instrumental utilizados.
- Croquis final del sellado o del sondeo o pozo sin sellar, en el caso de clausuras temporales.
- Detalle del acabado en cabeza.
- Fotografías de la captación y su entorno inmediato antes, durante y después de la actuación.

Otra propuesta es la cumplimentación de un modelo de ficha, que contemple todos los aspectos de la obra y que resulte fácil y práctica para el relleno por parte de la empresa o particular. Se adjunta como ejemplo un modelo de ficha, similar a la que se llenan en otros países y que resumen todas las actuaciones realizadas.

INFORME DE SELLADO DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
Abandonado:		Activo:		Inactivo:			
Datos personales							
Nombre y apellidos:							
DNI/NIE:	Dirección:						
Tfno:	Email:						
Datos Empresa ejecutora							
Denominación:							
CIF:	Dirección:						
Tfno:	Email:						
Nombre y apellidos del Director de los trabajos de sellado							
Ubicación de la captación							
Coordenadas ETRS89 X:		Y:					
Término municipal:				Provincia:			
Referencia catastral:							
Marco hidrogeológico							
Masa de Agua Subterránea:							
Fuera de Masa de agua subterránea:							
Tipo de acuífero(*):		Libre:		Confinado:			
		Único:		Varios (indicar nº):			
Características técnicas de la captación							
Profundidad (m):				Diámetro perforación (mm):			
Diámetro exterior revestimiento (mm):				Espesor revestimiento (mm):			
Profundidad nivel piezométrico (m):				¿Es surgente? (*):	SI	NO	
Año de construcción (década si no se conoce el año)							
Metodo de perforación (*):	Excavación:		Percusión:		Rotación:		Rotopercusión:
	Se ignora:		Otros:		Describir:		
Tipo de construcción (*):	Sondeo:		Pozo excavado:		Pozo de hinca:		Pozo anillos hormigón:
	Otros:		Describir:				
¿Tiene equipo instalado? (*):			SI	NO			
¿Adjunta documentación adicional? (*):							
Describir:							

(\*) marcar con un aspa donde corresponda.

Operaciones de sellado				
Retirada de equipamiento y revestimiento				
Fecha:		Retirada de Equipamiento (*):	SI	NO
Desinfección (*):	SI	NO	Tipo de desinfectante y volumen:	
Retirada de revestimiento total (*):			SI	NO
Si la retirada es parcial, indicar el nº de metros retirados:				
Corte de tubería (*):		SI	NO	
Tramos cortados (m):				
Incidencias en la operación. Descripción:				

Relleno de material					
Material filtrante(*):	Arenas y gravas:		Otros agregados:		Volumen (en m <sup>3</sup> )
Lechadas(*)	Cemento:		Bentonita:		Hormigón
	Otras. Descripción:				
Volúmenes inyectados (en m <sup>3</sup> ). Especificar por tipo:					
Tipo de bentonita(*)	En polvo:		Granular:		Chips:
	Pellets:	¿Ha compactado?	SI	NO	
Volumen vertido (en kg). Especificar por tipo					
Otros(*)	Arcilla nativa:		Suelo limpio:		
	Volumen (en m <sup>3</sup> ):				
¿Ha colocado sellos-puente?		Nº:		Tramos:	
¿Ha instalado tapón superficial?(*):		SI	NO		
		Descripción:			
Aspecto antes del sellado (fotografía, **)			Aspecto después del sellado (fotografía, **)		

(\*) marcar con un aspa donde corresponda.

(\*\*) Es recomendable incluir un reportaje fotográfico más amplio para facilitar las tareas de verificación ya que las fotografías son pruebas de cada una de las actuaciones realizadas. Por ello se recomienda se presenten como un anexo aparte o documentación adicional.

**Croquis de la obra de sellado.**

Dibujar el perfil constructivo de las obras de sellado, ubicando los materiales utilizados y en que tramos se han instalado (en m).

# Referencias

Aid, F. (1987) Well Chlorination and Submersible Motors, Franklin Aid, Vol 5, No.1/Jan/Feb 1987.

AIH-GE (2022): Guía de buenas prácticas para el diseño, construcción, sellado y clausura de pozos de captación de agua subterránea.

Agència Catalana de l'Aigua (ACA) (2009): Guía que conté els criteris tècnics per a la reposició del Domini Públic Hidràulic en els supòsits d'extinció, abandonament i clausura temporal d'aprofitaments d'aigües subterràries. Guiapràctica\_1. 53pp.

Govern de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Direcció General de Recursos Hídrics (2013): Normativa Pla Hidrològic de les Illes Balears. Annex 2 - Condicions tècniques execució i abandó de pous.

<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259ZI161682&id=161682>

Department of Environmental Protection (DEP)(2001): Water-Well Abandonment Guidelines. In Ground Water Monitoring Guidance Manual. Department Of Environmental Protection- Commonwealth Of Pennsylvania. 61-70 pp.

Gaber, B.O; Fisher, M.S. (1988): Michigan water well grouting manual. Ground water control section, Michigan Department of Public Health. Lansing, MI. 83 pp.

Lehr, J., Hurlburt, S., Gallagher, B. and Voytek, J. 1988. Design and construction of water wells, National Ground Water Association.

Mansuy, N. 1999. Water well rehabilitation: A practical guide to understanding well problems and solutions. CRC Press.

Morell, I (2004): Lección 25. Terminación de sondeos. Entubación, ranurado y cementación. Empaque de gravas. Desarrollo de sondeos de captación: principales métodos. Ventajas e inconvenientes. Grupo de gestión de recursos hídricos - Universitat Jaume I de Castelló.

New Hampshire Department of Environmental Services, (2010): Maintenance of inactive wells and decommissioning of abandoned wells. WD-DWGB-1-7.

Ohio EPA's Division of Drinking and Ground Water (2009): Technical Guidance Manual for Ground Water Investigations Chapter 9 Sealing Abandoned Monitoring Wells and Boreholes. 14 pp. State of Ohio. Environmental protection Agency.

[http://www.epa.ohio.gov/Portals/28/documents/TGM-09\\_1009.pdf](http://www.epa.ohio.gov/Portals/28/documents/TGM-09_1009.pdf)

Rogers D.H. y Morgan, G. (1998): Plugging abandoned wells. Water quality series. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, Kansas. 6 p. <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/MF935.pdf>

Scherer, T.; Johnson, R. (2011): A guide to plugging abandoned wells North Dakota State University Extension Service. 16 pp.

Schnieders, J. H. 1988. Water Systems Engineering, Inc., Well Chlorination, Water Well Journal, February 1998.

State Coordinating Committee on Ground Water (1996): Technical Guidance for sealing unused wells. State of Ohio. 52 pp.

Texas Groundwater Protection Committee (2010): Landowner's Guide to plugging abandoned water wells. 24 pp.

<https://www.tceq.texas.gov/downloads/groundwater/publications/landowners-guide-to-plugging-abandoned-water-wells-rg-347.pdf>

Water Security Agency (2013): Decommissioning abandoned water wells. Saskatchewan. 5pp.





8 4011237712

La presente guía desarrolla las técnicas y recomendaciones que complementan los criterios mínimos del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986 y RD 665/2023; anexo III, partes A y B) para el sellado y clausura de captaciones de agua subterránea. Se persigue así prevenir accidentes, evitar la contaminación de los acuíferos y reponer el Dominio Público Hidráulico. Se describen las tareas previas a realizar antes del sellado (retirada de elementos internos, desinfección del pozo, selección de materiales de relleno) así como distintos diseños y procedimientos de clausura según el conocimiento hidrogeológico, diámetro, profundidad, tipo de materiales geológicos y carácter surgente o no de la perforación. Este tipo de actuaciones deberán realizarlas empresas con medios humanos y técnicos adecuados y con la supervisión de técnicos especializados en hidrogeología. Se incluye el contenido mínimo y las características del informe final de sellado, que el responsable de los trabajos emitirá y en el que deberán quedar expuestas las circunstancias y motivos de la clausura. Cada pozo presenta sus propias particularidades, por lo que la aplicación de estas recomendaciones deberá adaptarse a cada caso concreto.