

DIRECTRICES PARA POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



**para usar en
PAÍSES EN DESARROLLO**

TERCERA EDICIÓN

“Mueren más personas a causa del agua contaminada que de todas las formas de violencia, incluyendo la guerra”.

– Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas

“Los servicios de perforación de pozos e instalación de bombas, cuando se realizan correctamente, logran extender la esperanza media de vida y mejorar la calidad de vida en los países en vías de desarrollo que todos los médicos juntos”.

– Anónimo

DIRECTRICES PARA POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA para usar en PAÍSES EN DESARROLLO

Tercera edición

Agosto de 2014

Autor y editor principal:

Stephen J. Schneider, BSME, MGWC

steve@schneiderwater.com

Copyright © 2014 por Stephen J. Schneider

Todos los derechos reservados. No se puede utilizar ni reproducir ninguna parte de este libro, ni almacenarse en el sistema de recuperación ni transmitirse de cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o de otro tipo, sin el permiso escrito de Stephen J. Schneider.

ISBN 978-0-9884685-3-5

AGRADECIMIENTOS

Las siguientes organizaciones y personas brindaron comentarios o su apoyo para facilitar el desarrollo de estas directrices:

Organizaciones –

Allegra Print & Imaging
American Water Resources Association
Gregg Drilling & Testing, Inc. – John Gregg, President, BSGE
Loughborough University WEDC
Moody's of Dayton, Inc.
National Ground Water Association
National Ground Water Research & Educational Foundation
Rural Water Supply Network
Schneider Equipment, Inc. / Schneider Water Services
University of Oklahoma WaTER Center

Personas –

Keg Alexander	Lynn Bartholomew
Art Becker, CPG, MGWC	Jessica Bentz
Michael E Campana, Ph.D	Lawrence Cerrillo, CPG
Kamran N. Choudhri	Dr. Kerstin Danert
Luis Antonio Domínguez Jr.	Kyle Doran
Stephen Douglas	Lloyd Duplantis
Martha Espinoza	Rodrigo Estrada
Emmanuel Evans	Scott Fowler, CWD/PI
Trisha Freeman	Jaime Gallardo
Kevin Gill	Matt Hangen
John W. Henrich, MGWC	Kyle Hoover
Raul Ibarra	David K. Kreamer, Ph.D
Michael Langer	Osear Larrea
Dany Lopez	W. Richard, Laton, Ph.D, PG, CHG, CPG
Michael Maldonado	Larry Martin, Hydrogeologist
Darwin Martinez	Sandy Masters
Kevin McCray, CAE	Christopher McKeand
Daniel T. Meyer, MGWC	Jennifer Michel
Evan Miles	Alex Mora
Jon Naugle	Bwire S. Ojiambo, Ph.D
Sunny Pannu	Michael Paulson
Rachel Paulson	John Pitz
Gonzalo Pulido	Ron Reed

Gabriel Sabogal	David A. Sabatini, Ph.D, PE
Manuel Salamanca	Jennifer Schneider
Karen T. Schneider, RN, MSN	Kriss D. Schneider
Miriam E. Schneider, RN, MSN	Ronnie K. Schneider, MS, ME
Robert Schultz	Dr. Stephen E. Silliman
Floyd Sippel	Stuart Smith, CGWP
Daniel Stephens	Ralph Taylor Jr., CWD
Keith Thompson	Therese Ure
Vincent Uhl, CPG, CPH	Albino Vasquez
Ingrid Verstraeten	Eduardo Villarreal
Mary Waldo, Ph.D	Jaynie Whinnery, BSME
Tami Woolfe	Lei Yang, Ph.D, PE

Fotos / imágenes:

Fundación Nacional para la Educación e Investigación de Aguas Subterráneas

Robert Wright, Orthodox Presbyterian Uganda Mission

Pedro J. de Velasco R. S.J.

Luis Antonio Domínguez Hernández

W. Richard Laton, PhD, PG, CHG, CPG

Imágenes de Google

Stephen J. Schneider, BSME, MGWC

Sociedad Geológica de los Estados Unidos

Los borradores de las directrices circularon entre miles de personas además de ser presentados para debate o utilizados en muchas conferencias (ver el Prefacio). El autor principal reconoce que hubo otros que contribuyeron y opinaron; sin embargo, los nombres no se documentaron en ningún caso. Se disculpa sinceramente con cualquier persona o grupo que inadvertidamente se olvidó de reconocer, o reconoció incorrectamente.

Agradecimientos especiales –

Mi esposa, Miriam – Su apoyo entusiasta, su aporte y convicción aseguraron la finalización de las primeras y posteriores ediciones de estas directrices.

Luis G. Verplancken, S.J. (fallecido), aquellos que continúan apoyando su visión y el pueblo de Tarahumara al que prestaron y prestan servicio: siguen inspirándome.

Stephen J. Schneider, autor y editor principal
steve@schneiderwater.com

PREFACIO

Las presentaciones que realizaron individuos que trabajan en países en desarrollo incitaron a posteriores debates en la Expo 2008 de la Asociación Nacional del Agua Subterránea (NGWA) sobre la necesidad de normas. Ese debate resultó en la creación del proyecto de directrices (originalmente denominadas estándares) relacionado con los pozos de abastecimiento de agua y su equipamiento principal para usar en países en desarrollo.

El proyecto inicial se presentó por primera vez en junio de 2009 en la Conferencia de Aguas Subterráneas para América en la ciudad de Panamá, donde el concepto y el documento del proyecto atrajeron considerable atención.

Posteriores proyectos se presentaron para revisión y comentarios en:

- Conferencia Internacional sobre el Agua de octubre de 2009, Universidad de Oklahoma, Norman, OK
- Expo de la NGWA de diciembre de 2009 en Nueva Orleans, LA
- Conferencia anual de la Asociación Americana de Recursos Hídricos (AWRA) de noviembre de 2010 en Filadelfia, PA.

Grandes aportes nacionales e internacionales resultaron de estas conferencias y a través de las circulaciones de listas de correo electrónico, anuncios web y otros debates/análisis. El documento llegó a buen término y la primera edición se publicó en octubre de 2011 y se presentó inicialmente en la Conferencia Internacional sobre el Agua 2011 en Norman, OK.

La primera edición fue recibida con entusiasmo. Posteriormente se realizaron muchos comentarios constructivos que resultaron en la segunda edición (2012). Más comentarios y aportes, especialmente de la 36ª Conferencia Internacional de WEDC en Nakuru, Kenia, en 2013, impulsaron esta tercera edición. Se desea y espera seguir recibiendo comentarios y sugerencias, los cuales resultarán en mayores refinamientos.

Estas directrices para pozos están destinadas para apoyar a quienes trabajan con sistemas de aguas subterráneas en países en desarrollo. El documento es una herramienta de enseñanza, referencia así como administrativa, diseñada especialmente para aquellos íntimamente involucrados en la mejora de la calidad y cantidad de agua en los países en desarrollo.

Se fomenta la promoción por parte del gobierno y de las organizaciones no gubernamentales (ONG), especialmente de las implicada en la mejora de la calidad y cantidad de agua potable en los países en desarrollo.

ÍNDICE

1	Finalidad y uso.....	1
2	Disponibilidad del agua subterránea.....	4
3	Costo-beneficio	5
4	Definiciones	6
5	Ubicación del pozo	9
6	Métodos de perforación.....	11
7	Productos de perforación.....	12
8	Sello anular para superficies de pozos	13
9	Mezcla y fuga.....	27
10	Tubería revestidora y revestimiento	27
11	Otros materiales del pozo	33
12	Fontanería y alineación	33
13	Desarrollo del pozo.....	34
14	Terminación de la superficie	34
15	Desinfección	35
16	Análisis.....	37
17	Desmantelamiento del pozo	40
18	Documentación	42
19	Seguridad del personal.....	47
	Apéndice I – Diseño Paquete de filtros.....	48
	Apéndice II – Pros y contras del diseño del pozo.....	52
	Referencias y recursos	54
	Sobre el autor y editor principal	55

1 FINALIDAD Y USO

Estas directrices se consideran requisitos mínimos para la protección básica de los recursos de aguas subterráneas y para la salud y la seguridad de las personas que desarrollan y utilizan el recurso. Estas directrices están diseñadas para abordar la construcción básica de pozos de abastecimiento de agua, equipos de bombeo y problemas de mantenimiento. Los pozos de abastecimiento de agua incluyen los pozos diseñados para el uso doméstico, municipal, comunitario, industrial, comercial, el abastecimiento de agua para irrigación y ganado además del almacenamiento del acuífero (inyección) y los pozos de recuperación.

Estas directrices están destinadas para usarse como una herramienta de educación y capacitación, así como una guía diaria de campo para aquellos que realicen el trabajo. Estas directrices también pueden utilizarse como una base para establecer normas nacionales, regionales o locales en las regiones donde no existen normas o los estándares son muy limitados. La Referencia N.º 4, página 54, es un ejemplo de una norma para pozos. Estas directrices también pueden ser útiles para establecer las especificaciones de adquisiciones o de documentos de construcción y acuerdos hidrofilartrópicos.

Este documento no pretende incluir ni limitar los innumerables medios, métodos y diseños para el trabajo excepto en situaciones especiales cuando proceda. Depende de los responsables de la construcción determinar los medios, métodos y diseño adecuados. A pesar de esto, estas directrices no recomiendan los pozos excavados a mano ya que que no existe un consenso sólido sobre la conveniencia de este tipo de construcción de pozos. Los pozos excavados a mano presentan una preocupación significativa para la seguridad de quienes construyen, mantienen y utilizan dichos pozos. Además, la dificultad de construir y mantener una fuente sanitaria que esté libre de agentes patógenos nocivos mediante la técnica de pozo excavado va contra la práctica, excepto donde no hay ninguna alternativa razonable. En esas situaciones, debe considerarse una práctica preliminar o temporal a

menos que dichos pozos sean construidos en conformidad a este documento.

La construcción de un pozo de agua no es para amateurs. Es recomendable que, siempre que sea posible, individuos, compañías o agencias apropiadamente capacitados y de buena reputación realicen el trabajo abordado en este documento. Sin embargo, cuando esas personas o entidades no estén disponibles, estas directrices pueden utilizarse para ayudar en la capacitación de ciudadanos locales para convertirlos en proveedores calificados. También deben estar disponibles para quienes utilicen los sistemas de abastecimiento de agua subterránea como una guía para facilitar el uso a largo plazo, seguro, sanitario y la protección de los recursos de aguas subterráneas.

Si hay normas, reglas o leyes vigentes y aplicables por otras autoridades, deben seguirse los criterios más restrictivos para cada requisito. Estas directrices no pretenden sustituir ninguna ley o norma local, municipal, provincial, nacional o de otro tipo; estas directrices pretenden complementar tales leyes o normas, o ante la falta de las mismas, ser consideradas como el estándar mínimo. Deben respetarse todas las leyes de licencias, permisos, construcciones y otras leyes aplicables en cada área de cada país.

Estas directrices están escritas con una redacción que sugiere más una recomendación que un mandato. Por ejemplo, notará el uso de la palabra "debería" para la mayoría de los requisitos. Esto se hace porque, en muchas zonas rurales no desarrolladas, la disponibilidad de los materiales especificados en este documento o el costo del cumplimiento pueden ser inapropiados cuando se consideran las vidas en juego. Si se desea utilizar estas directrices como un requisito obligatorio, sustituya la palabra "deberá" o "debe" por "debería". Consulte las definiciones en la sección 4, páginas 7 y 8. Para una publicación con el idioma obligatorio, póngase en contacto con el autor principal.

CICLO HIDROLÓGICO

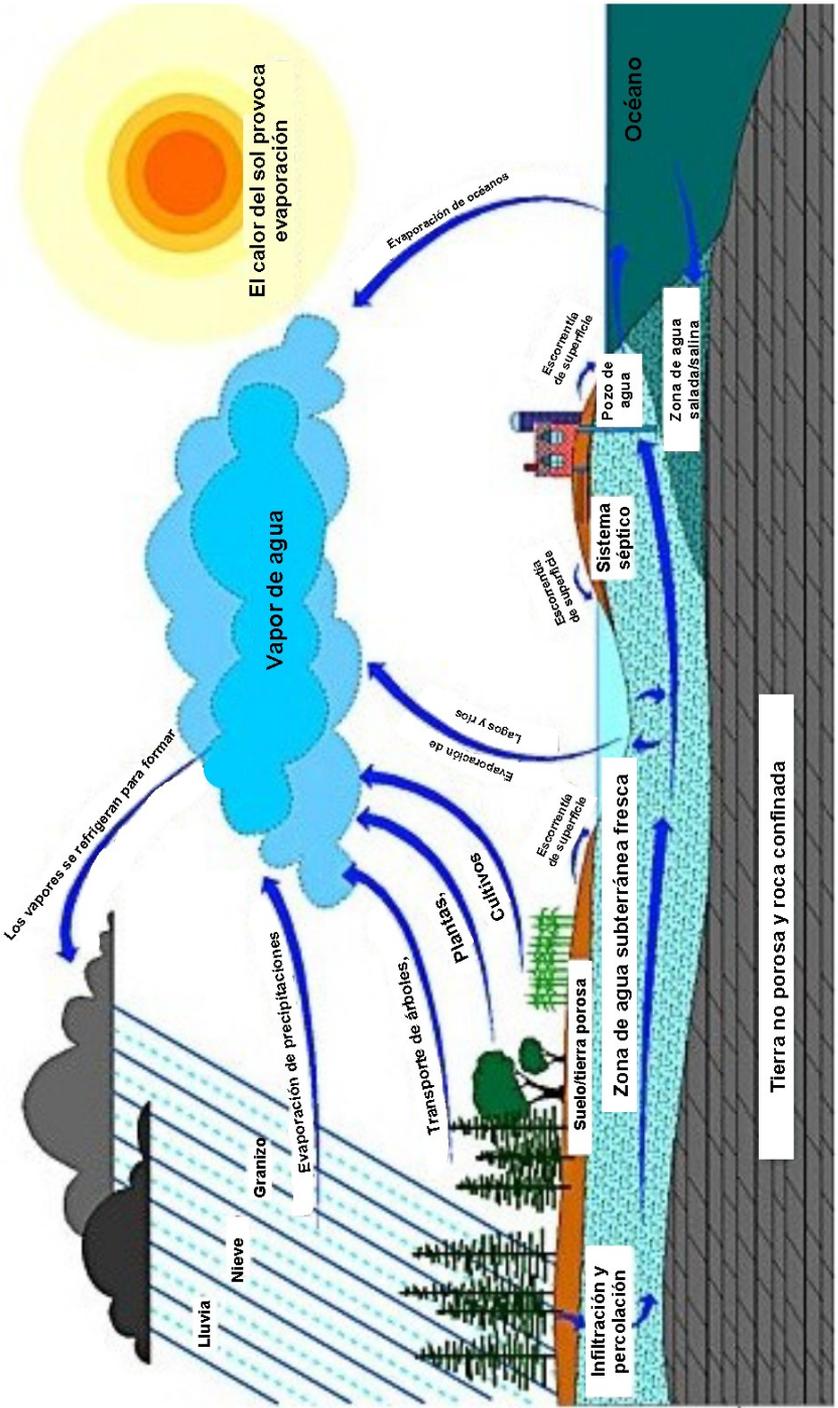


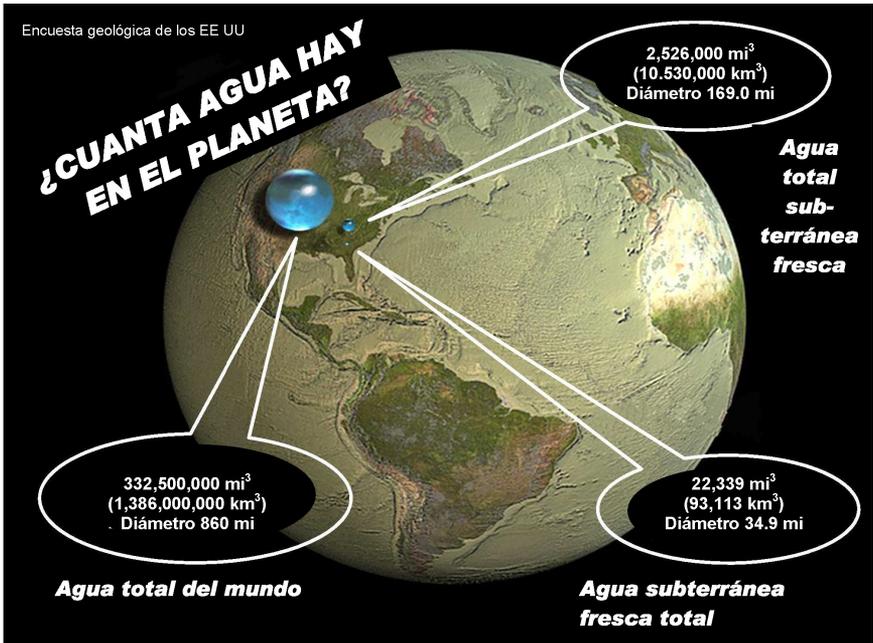
FIGURA 1

2 DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua está en movimiento perenne tal como lo muestra el Ciclo Hidrológico (Figura 1). Nuestro planeta tiene la misma cantidad de agua hoy que ayer y que tendrá mañana. El agua se recicla naturalmente por la naturaleza, incluso con la diversión constante del hombre, el uso y las alteraciones de la calidad. La tierra a menudo actúa como un filtro natural para la mayor parte del agua dulce de la tierra, especialmente al filtrar los agentes patógenos más nocivos.

La mayor parte del agua líquida en la tierra es salina; menos del 1% de toda el agua del planeta es agua dulce (Figura 2). Sin embargo, de toda el agua dulce de la tierra, puede ser sorprendente encontrar que hay más de 100 veces más agua dulce subterránea que agua dulce superficial. Con el agotamiento de las fuentes disponibles de agua superficial, las cuales a menudo contienen agentes patógenos o productos químicos nocivos, el agua subterránea conlleva la promesa como la fuente de muchos de nuestros suministros de agua potable futuros.

FIGURA 2



3 COSTO-BENEFICIO

En 2012, J. Whinnery (referencia N.º 6, página 54) desarrolló un análisis costo-beneficio (ACB) que comparó los costos y los beneficios de los pozos debidamente terminados contra los pozos a medio terminar. El ACB reveló lo siguiente:

- Con un sistema de pozo debidamente construido, operado y mantenido se proporcionan casi 40 veces más beneficios que costos.
- Se genera aproximadamente 5 veces más valor neto únicamente como resultado de la ejecución de un programa de operación y mantenimiento (OyM).
- Los pozos que proporcionan una mala calidad del agua localizada no deberán considerarse aceptables.

La construcción de dicho pozo resulta en un valor presente neto negativo; es decir, hay más costos que beneficios (una relación costo-beneficio menor a 1).

- Un pozo debidamente construido tendrá un valor neto por lo menos 3 veces mayor al de un pozo inferior.
El multiplicador se acerca al infinito si la calidad del agua también se ha visto comprometida en el pozo inferior.
- La construcción inferior que resulte en contaminación del agua subterránea o daños de acuíferos no debería considerarse aceptable.

Aunque no se analice específicamente en el ACB, se puede inferir que la construcción de un pozo que comprometa la calidad del acuífero o resulte en la pérdida del acuífero (por ej.: con la mezcla de acuíferos o presión artesiana incontrolada) tendrá un impacto negativo en la forma de beneficios a gran escala reducidos además de costos adicionales de remediación o mitigación. Estos impactos negativos resultarán más ciertamente en un valor presente neto negativo.

4 DEFINICIONES

Acuífero: Formación geológica, grupo de formaciones, o parte de una formación que contiene material saturado y permeable capaz de transmitir agua en cantidad suficiente para abastecer pozos o manantiales y que contiene agua similar en características, tales como la superficie, la química y la temperatura potenciométricas.

Anillo: Espacio entre el diámetro exterior de una cubierta o un revestimiento y la pared de la perforación o el diámetro interior de otra cubierta o revestimiento. Es sinónimo de espacio anular.

Acuífero artesiano: Acuífero confinado en que las aguas subterráneas se elevan por encima del nivel en el cual se encontraban por primera vez, ya sea que el agua fluya o no en la superficie de la tierra.

Relleno: Material inorgánico colocado o dejado en una parte del pozo o de su anillo que no sea el sellante, el paquete de filtros o el estabilizador de formación. Puede utilizarse para proporcionar apoyo temporal o permanente en un montaje de entrada de pozo, para un revestimiento o cubierta, para el paquete de filtros o el estabilizador de formación, o para el sellante. También puede utilizarse relleno como una barrera para evitar la migración indeseable de un sellador líquido antes de que tome forma sólida.

Tubería revestidora: Tubería que es parte permanente del pozo, la cual se extiende por encima de la superficie de la tierra y alrededor de la cual se coloca un sello anular. La cubierta de un pozo puede ser de varios diámetros y conectarse en cambios de tamaño por medio de soldadura, enroscado, mampostería o con una superposición mínima de 2 metros [6 pies] si la superposición está por encima del nivel estático del agua.

Mezcla: Flujo o fuga de agua subterránea dentro de un pozo (por ej.: dentro de la cubierta, el revestimiento, la pantalla, la perforación o el anillo) de un acuífero a otro acuífero, resultante del flujo de la gravedad o la presión artesiana.

Formación consolidada: Materiales que se han vuelto firmes y coherentes a través de procesos naturales de formación de rocas. Estos incluyen, pero no se limitan a, basalto, piedra arenisca, arcillosas, pizarra, piedra caliza, dolomita y granito.

Fluido de perforación: Agua, aire o barro (con o sin aditivos) utilizado en la perforación durante la construcción de pozos. Las funciones del fluido de perforación pueden incluir: estabilizar el agujero, sostener o contener temporalmente cortes, enfriar la broca.

Paquete de filtros: Arena, grava o material manufacturado (por ej.: perlas de vidrio) colocados en el anillo del pozo entre la pared del la perforación y el montaje de entrada del pozo para controlar que el material de la formación ingrese en el pozo a través de la entrada del pozo. El paquete de filtros debe ser de material silíceo limpio, bien redondeado y uniforme. Ver Apéndice I.

Estabilizador de formación: Arena o grava colocadas en el anillo de la pared entre la pared del pozo y la entrada del pozo para prestar apoyo temporal o a largo plazo a la perforación del pozo. El estabilizador de formación no está diseñado para controlar que el material de la formación ingrese en el pozo a través de la entrada del pozo.

Paquete de grava: Término que se utiliza con menos frecuencia. A veces se utiliza como sinónimo de paquete de filtros o se considera un tipo de paquete de filtros. También se ha utilizado para describir la grava utilizada como estabilizador de formación o relleno.

Cabezal: Elevación a la que sube agua como consecuencia de la presión. El cabezal se expresa generalmente en metros [pies].

Revestimiento: Tubería en el pozo que no es parte de una bomba sino se utiliza para forrar la pared de la perforación para evitar que colapse. Nunca se coloca un sello anular alrededor de un revestimiento.

Puede: Significa que el enunciado en la cual se utiliza expresa una especificación que es sugerente, opcional y no obligatoria.

Debe: Significa que el enunciado en la cual se utiliza expresa un requisito obligatorio o una obligación que no permite excepciones.

Permeabilidad: La capacidad de una formación de transmitir agua.

Agua potable: Agua lo suficientemente segura para ser consumida por humanos con un riesgo bajo de daño inmediato o a largo plazo.

Superficie potenciométrica: Superficie imaginaria que representa el nivel al que el agua subirá en un pozo como resultado de la presión bajo la cual se limita dentro de un acuífero.

Deberá: Significa que el enunciado en el cual se utiliza expresa un requisito obligatorio o una obligación que no permite excepciones.

Debería: Significa la que el enunciado en el cual se utiliza expresa un requisito o una obligación que permite una excepción solo si las condiciones extremas justifican lo contrario.

Formación no consolidada: Sedimento que ocurre naturalmente, está cementado sin mucha rigidez o mal endurecido, incluyendo la arcilla, la arena, el cieno y la grava.

Nivel Estático del Agua (NEA): Nivel de agua en un pozo que no está siendo afectado por la retirada de las aguas subterráneas. Los efectos de la retirada incluyen la retirada de otros pozos, el flujo artesiano y la recuperación después de que se detuvo la retirada. El NEA se expresa generalmente en metros [pies] por debajo de un punto específico como la parte superior de la tubería revestidora o la superficie de la tierra. Para los pozos artesianos de flujo, puede expresarse como presión (kPa [psi]) o en el cabezal del agua en la superficie.

Transmisividad: Tasa en la cual se transmite agua a través de una unidad de ancho del acuífero bajo una unidad de gradiente hidráulico.

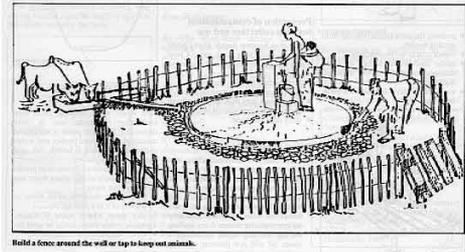
Pozo: Cualquier abertura artificial o cualquier abertura natural artificialmente alterada, de cualquier forma, por la cual se buscan aguas subterráneas o a través de la cual fluye el agua subterránea bajo presión natural, o es artificialmente extraída o inyectada.

Entrada del pozo: Pantalla o intervalo perforado de un pozo que diseñado para permitir que el agua ingrese en el pozo.

5 UBICACIÓN DEL POZO

Todo pozo debería estar en una zona que esté:

- al menos a 30 metros [98 pies] de un área de eliminación de desechos humanos (por ej.: drenaje séptico, letrinas),
- al menos a 15 metros [49 pies] de cualquier área de eliminación de alimentos o aguas residuales relacionadas (por ej.: áreas de eliminación de agua de cocinas o lavaderos),
- al menos a 30 metros [98 pies] de cualquier área confinada de alimentación de animales, alojamiento de animales o depósito de estiércol, y
- al menos a 150 metros [492 pies] de cualquier vertedero de residuos sólidos (descarga) o área de eliminación de residuos químicos o industriales.



Build a fence around the well or tap to keep out animals.

Ver Figura 3, página 10.

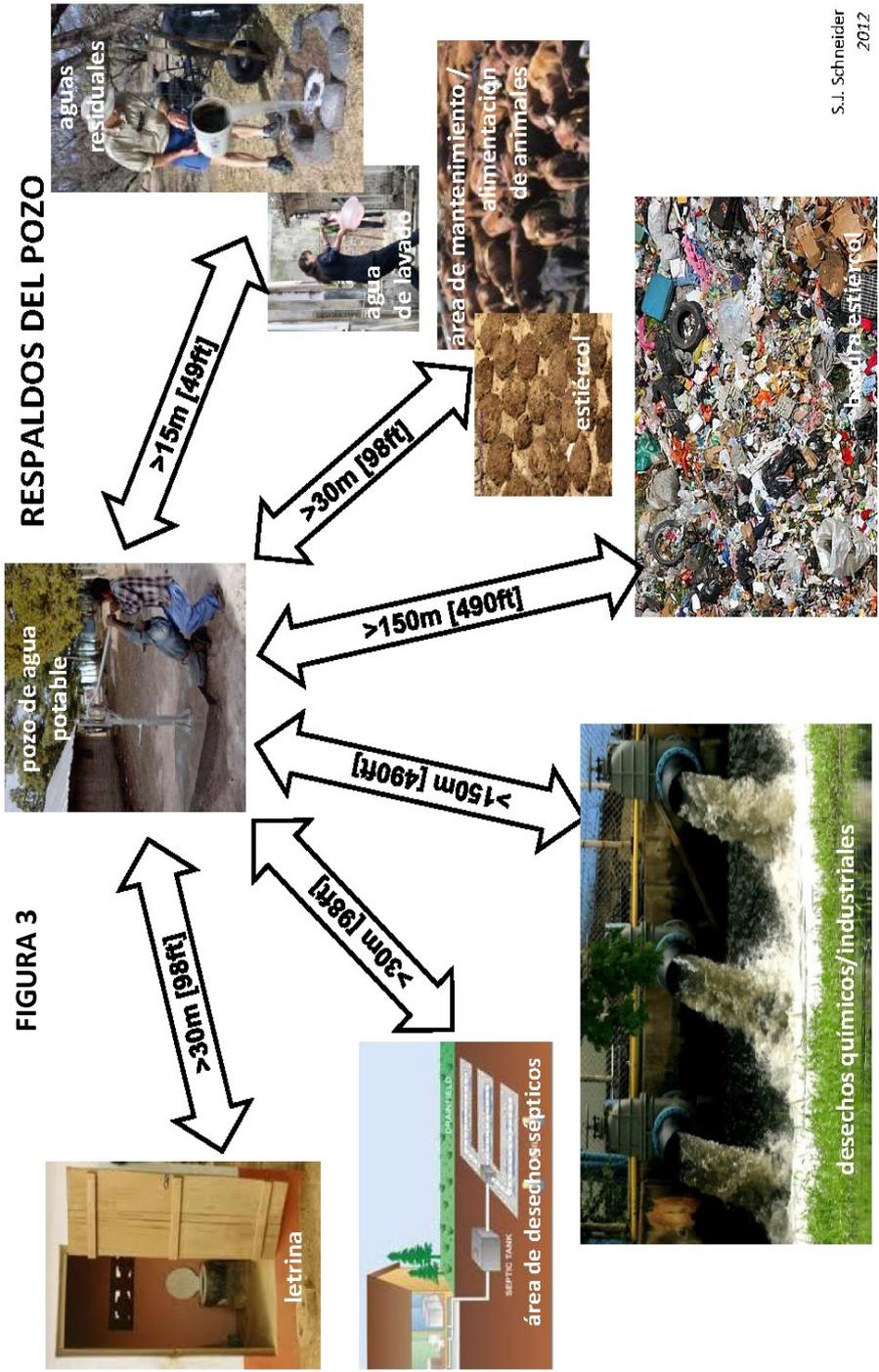
Además, todo pozo debería estar ubicado en un área que:

- esté por encima de las anteriores áreas identificadas siempre que sea posible (es decir, a una elevación superficial más alta o si se conoce la dirección del flujo de agua subterránea, entonces en un lugar de un cabezal superior de agua subterránea),



Agua superficial que ingresa al pozo.

FIGURA 3



- sea razonablemente accesible para los beneficiarios si es también el punto de distribución de agua para los individuos,
- esté protegida de la contaminación de animales salvajes, de espacios abiertos y ganado,
- esté fuera de las zonas inundables y las zonas propensas a inundaciones regulares a raíz del drenaje de las aguas pluviales superficiales (por ej.: si se establece fuera de un terreno inundable de 100 años sin otros criterios especificados en este documento) a menos que el pozo tenga un sello superficial anular más extenso que el especificado en el presente documento y su tubería revestidora se extienda por encima del nivel más alto de inundación conocido,
- esté cerca del suministro eléctrico si el pozo debe estar conectado a una bomba eléctrica,
- esté razonablemente disponible para reparaciones futuras del pozo, y
- Esté protegido contra el vandalismo.



6 MÉTODOS DE PERFORACIÓN

Existe una variedad de técnicas de construcción de pozos disponibles. El método utilizado debe tomar en consideración el equipo disponible, las habilidades del personal, el diseño del pozo y la geología. Para más detalles sobre esto, se debe contratar un profesional (por ej.: perforador con licencia o acreditado de otra forma, o un hidrogeólogo o ingeniero capacitación y con experiencia en diseño y técnicas de construcción de pozos) para ayudar a determinar el diseño del pozo, los métodos de construcción y la selección de equipos. Una vez más, **esta no es una tarea para amateurs**. Los métodos comunes de perforación utilizados hoy en día incluyen:

- Herramienta de cable (percusión)
- Aire rotante
- Rotatorio de barro
- Barrena
- Rotativo de circulación inversa

En la construcción de un pozo se utilizan variaciones y combinaciones de estos métodos.

La mayoría de los métodos utilizan plataformas accionadas por máquinas; sin embargo, las técnicas de perforación manual aplicando uno o más de los métodos mencionados a veces se utilizan para construir pozos poco profundos en formaciones no consolidadas en su mayor parte favorables. La perforación manual no debe confundirse con excavación manual. La perforación manual es cualquier proceso de perforación en donde la acción de perforación (por ej.: girando o elevando y bajando una barrena o broca) es realizada por individuos en lugar de ser accionada por una máquina. La perforación manual requiere que los trabajadores estén en excelente condición física y estén bien capacitados en la técnica utilizada.

7 PRODUCTOS DE PERFORACIÓN

La introducción de contaminantes durante la construcción de pozos es siempre una preocupación.

El agua utilizada en la construcción de pozos debería ser potable. Si no hay un suministro potable, el agua de construcción debe ser desinfectada antes de ser utilizada. El pozo debería protegerse para



evitar que el escurrimiento superficial ingrese en el mismo durante la construcción.

No deberían ingresar materiales orgánicos de ningún tipo como parte de un fluido de perforación o para ayudar con la pérdida de circulación, etc. Esto incluye pero no está limitado a:

- productos de desechos animales (por ej.: estiércol de la vaca),
- composta o tierra que contengan raíces u otros tipos de vegetación,
- nueces o cascos,
- productos de madera, y
- productos derivados del petróleo.

Si se encuentra pérdida de circulación indeseable, hay materiales inertes de pérdida de circulación comercialmente disponibles. El mineral inerte agregado también puede satisfactoriamente controlar una zona con pérdida de circulación. A menudo se requiere un cambio del método de perforación (por ej.: utilizar un método que avance la tubería revestidora durante la perforación).

8 SELLO ANULAR PARA SUPERFICIES DE POZOS

Cada pozo **debe** tener un sello superficial anular alrededor de la tubería revestidora permanente para impedir que los contaminantes poco profundos y superficiales ingresen en el pozo. El sello debe extenderse al menos 5 metros [16,4 pies] por debajo de la superficie de la tierra o la parte superior del acuífero destino si la parte superior del acuífero está a menos de 5 metros [16,4 pies] por debajo de la superficie de la tierra. Se advierte que los acuíferos con una profundidad menor a 5 metros [16,4 pies] son mucho más propensos a la contaminación y, de estar disponible, se debe buscar una fuente más profunda.

Puede requerirse una profundidad mayor del sello para:

- **evitar la mezcla (ver Sección 9, página 27),**
- **controlar de forma satisfactoria las condiciones de fuga del acuífero artesiano dentro un pozo o en la superficie, o**
- **excluir a los contaminantes adecuadamente para evitar que ingresen en un pozo.**

Además de lo anterior, los sellos anulares para superficies deberían extenderse al menos 1,5 metros [4,9 pies] en una formación de muy baja permeabilidad (es decir arcilla, roca competente) que se encuentre por debajo de los 5 metros (16,4 pies), de estar presente. Esto es especialmente importante si se encuentra en un área propensa a las inundaciones. De no haber presente una formación de baja permeabilidad, el sello debería cumplir con la profundidad mínima mencionada y debería también extenderse por debajo de la parte superior del nivel estático del agua. La profundidad adecuada del sello y el diseño a menudo dependen de la geología local.

El sello anular para superficies es uno de los componentes más importantes de un pozo. (ver Figuras 4-9)

MATERIAL SELLANTE: El sellador no debe contener materia orgánica. El sellador debería tener permeabilidad bien baja. Los materiales sellantes incluyen:

- **LECHADA DE CEMENTO:** Una mezcla de cemento Portland y agua en proporciones aproximadas de una parte de agua en dos partes cemento por peso (p. ej.: 21,5 Kg [47 libras] o 21,5 litros [5,7 galones] de agua en 43 kg [94 libras] de cemento).
- **BENTONITA GRANULAR:** Gránulos de bentonita de sodio envasados comercialmente para sellar pozos. Los gránulos deben tener un tamaño nominal de 1-2 cm [$\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{4}$ de pulgada].
- **HORMIGÓN:** Mezcla de cemento Portland, agua y agregado. El agregado debe ser arena o grava limpias. El agregado debe ser menor de 2,5 cm [1 pulgada]. El contenido de cemento debe ser de al menos un 15% por peso.

Si los selladores anteriores no están disponibles, deberían investigarse los productos disponibles a nivel local para conseguir el mejor material disponible para crear una baja porosidad; debe ser material inorgánico que pueda colocarse correctamente en el anillo y que no se reduzca considerablemente. El fluido de perforación, los cortes de perforación, o una combinación de los mismos no deben considerarse un sellador aceptable.

Tabla 1

DIÁMETROS MÍNIMOS DE POZOS para INTERVALOS DE SELLOS ANULARES

Criterio	sellante									
	lechada de cemento	lechada de cemento	lechada de cemento	virutas de bentonita	hormigón					
Diámetro de la perforación adicional mínimo (cantidad mayor que el diámetro exterior más grande de la caja o de su acoplamiento, campana, u otro accesorio circunferencial)	>4cm [>1.6in]	>8cm [>3in]	>4cm [>1.6in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>20cm [>8in]
A. Profundidad de intervalo del sello bajo la superficie del suelo	<30m [98ft]	cualquiera	cualquiera	<30m [98ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	cualquiera
B. Agua en el intervalo del sello	No permitido	Permitido	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	<150m [<492ft]	No permitido
D. Fluido de perforación (todo) en el intervalo del sello	No permitido	Permitido	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido
tubo de lechada utilizado en anillo	No	Sí	No	no aplicable	no					
Lechada colocada a través de la carcasa a través de tapones de cementación o tubo de lechada	No	No	Sí	no aplicable	No					
F. acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial utilizado en la carcasa	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido	Permitido	No permitido	Permitido

El diámetro adicional del intervalo del sello debe ser compatible con el sellador y criterios seleccionados de la A a la F.

S.J. Schneider - 2012

COLOCACIÓN DE SELLADOR: Debe construirse una perforación de gran tamaño para contener el sellador. La tubería revestidora debe estar centrada en el pozo para asegurar que el sellador la rodee por completo en todo el intervalo del sello. Los tipos y las ubicaciones de los dispositivos centradores varían de acuerdo con el material sellador que se utilice, la profundidad del intervalo del sello y el método de colocación del sello. El tamaño del anillo depende del material sellante, la profundidad del sello, la forma de colocación del sellador, el tamaño de la tubería revestidora y el tipo de tubería (ver Tabla 1, página 15):

- **Colocación de la LECHADA DE CEMENTO** – (ver Figuras 4-9)

⇒ Debe colocarse lechada de cemento vertiéndola desde la superficie si:

- ◆ no se coloca a través del agua estancada o un fluido de perforación, como agua cenagosa o barro,
- ◆ el extenso diámetro del pozo es de al menos de 4 cm [1,6 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana o dispositivo circunferencial similar, el que sea mayor, y
- ◆ se coloca a profundidades menores de 30 metros [98 pies].

⇒ La lechada de cemento puede colocarse en agua estancada o en un fluido de perforación o a profundidades mayores a 30 metros [98 pies] cuando se coloca mediante el bombeo a través de una tolva desde la parte inferior del intervalo del sello hasta la superficie. Los dos métodos siguientes están disponibles:

1. Tubo para lechada colocada en el anillo. El tubo para lechada debería sumergirse en la lechada en todo momento durante el bombeo. El tubo para lechada debería quitarse completamente del anillo tras finalizar la colocación. La perforación de extenso diámetro debería ser al menos 8 cm [3 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, el que sea mayor.

2. Tolva colocada dentro de la tubería. Este método fuerza al cemento al exterior de la tubería. Hay varios métodos que utilizan este enfoque y debería **utilizarse únicamente con la capacitación adecuada** y el pago de las dietas por las consecuencias que se pudieran producir (por ej.: si la tolva no regresa a la superficie antes la instalación). La perforación de extensor diámetro en la parte del pozo sellada de esta manera debería ser al menos de 4 cm [1,6 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, lo que sea mayor.

- **Colocación de la BENTONITA GRANULAR** – (ver Figuras 4-9)

⇒ Si no hay agua **estancada o fluido de perforación** en el anillo, la bentonita granular debería colocarse de la siguiente forma:

- a. Perforar un pozo de extensor diámetro que sea por lo menos 8 cm [3 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, lo que sea mayor,
- b. Verter la bentonita granular desde la superficie a una velocidad controlada que no exceda los 50 kg (110 libras) por minuto,
- c. Comprobar la parte superior del sellador periódicamente durante la colocación para asegurar que no se puentee,
- d. Si la tubería tiene un acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, no colocarla a una profundidad superior a 30 metros [98 pies], y
- e. Si se utiliza un tubería conectada al ras sin dispositivos circunferenciales, no colocarla a una profundidad mayor a 300 metros [980 pies].

⇒ Si no hay agua estancada o fluido de perforación en el anillo, la bentonita granular debería colocarse de la siguiente forma:

- a. Perforar un pozo de extensor diámetro que sea por lo menos 8 cm [3 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, lo que sea mayor,
- b. Controlar la bentonita durante la colocación para quitar el polvo y los materiales finos que promuevan el puenteo al pasar los gránulos por una malla de aproximadamente 6 mm [$\frac{1}{4}$ de pulgada] en un semicírculo y orientada hacia el anillo del



Bentonita granular antes (izquierda) y después (derecha) de la hidratación inicial. La bentonita granular rodea una tubería PVC blanca colocada dentro de una tubería de plástico transparente (para fines de demostración). Las virutas son sostenidas por una trampa de esquisto.

pozo, en un ángulo en que se pueda controlar que la velocidad de vertiente en se colocan los gránulos no sea mayor a 11 kg [24 libras] por minuto,

c. Si se está usando una tubería con acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, no colocarla a más de 15 metros [49 pies] del agua y

d. Si se utiliza una tubería conectada al ras sin dispositivo circunferencial, no colocarla a más de 150 metros [492 pies] del agua.

⇒ En ambientes áridos, la bentonita granulada colocada a menos de 5 metros [16 pies] de la superficie terrestre debe hidratarse con agua limpia no contaminada poco tiempo después de la colocación.

⇒ La bentonita granular no se debe colocar en el agua con un total de sólidos disueltos (TDS) superior a 800 miligramos por litro [partes por millón] sin permiso del fabricante.

- **Colocación de HORMIGÓN** – (ver Figuras 4-9)

⇒ No se debe colocar hormigón en agua estancada a menos que se pueda colocar a través de una tolva sumergida, lo cual a menudo es difícil de hacer.

⇒ Si no hay agua ni ningún otro líquido en el intervalo del sello y se vierte concreto desde la superficie, la perforación de extensor diámetro debe ser de al menos 20 cm [8 pulgadas] más grande que el diámetro exterior de la tubería o su acoplamiento, campana u otro dispositivo circunferencial, lo que sea mayor.

En todos los casos de colocación del sello anular, se debe verificar que la cantidad de sellador utilizado efectivamente sea suficiente para llenar el volumen del anillo están a sellarse (ver Tabla 2).

TABLA 2 - VOLÚMENES ANULARES

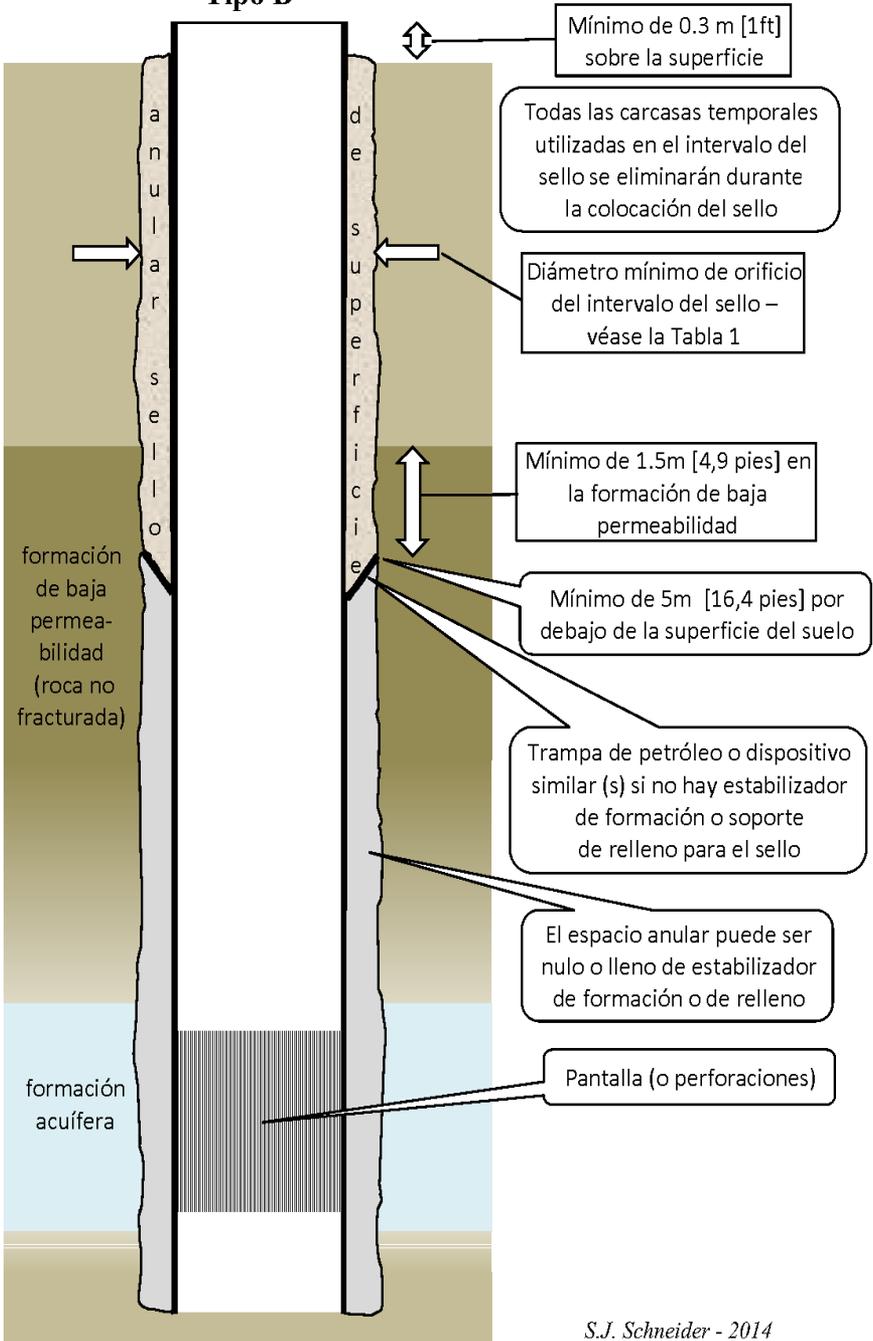
S.J. Schneider - 2012

UNIDADES ISO (MÉTRICAS)										
Diámetro del hueco del tubo perforación (cm)	Cemento puro: 1205 kg cemento seco/m ³ de lechada									
	5	10	12	15	20	25	30	35	40	45
	5	0.06	0.03	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.33
	10	0.09	0.03	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.33
	12	0.09	0.03	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.33
	15	0.16	0.10	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.33
	20	0.29	0.24	0.20	0.14	0.18	0.22	0.26	0.33	0.40
	25	0.47	0.41	0.38	0.31	0.18	0.22	0.26	0.33	0.40
	30	0.69	0.63	0.59	0.53	0.39	0.22	0.26	0.33	0.40
	35	0.94	0.88	0.85	0.79	0.65	0.47	0.26	0.33	0.40
	40	1.24	1.18	1.14	1.08	0.94	0.77	0.55	0.29	0.45
	45	1.57	1.51	1.48	1.41	1.28	1.10	0.88	0.63	0.33
	50	1.94	1.88	1.85	1.79	1.65	1.47	1.26	1.00	0.71
	60	2.81	2.75	2.71	2.65	2.51	2.34	2.12	1.87	1.57
	75	4.40	4.34	4.30	4.24	4.10	3.93	3.71	3.46	3.16
	90	6.34	6.28	6.25	6.19	6.05	5.87	5.65	5.40	5.11
virutas de bentonita: 1080 kg/m ³										
DIÁMETRO EXTERIOR DE LA CARCASA (cm)										
VOLUMEN DE ANILLO (metros cúbicos / metros de profundidad)										

UNIDADES EN INGLÉS										
Diámetro del hueco del tubo perforación (pulg)	Cemento puro: 76 lb cemento puro/ft ³ de lechada									
	2	4	5	6	8	10	12	14	16	18
	2	0.07	0.05	0.06	0.06	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33
	4	0.11	0.05	0.06	0.06	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33
	5	0.17	0.11	0.06	0.06	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33
	6	0.33	0.26	0.21	0.15	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33
	8	0.52	0.46	0.41	0.35	0.20	0.20	0.24	0.28	0.33
	10	0.76	0.70	0.65	0.59	0.44	0.24	0.24	0.28	0.33
	12	1.05	0.98	0.93	0.87	0.72	0.52	0.28	0.28	0.33
	14	1.37	1.31	1.26	1.20	1.05	0.85	0.61	0.33	0.33
	16	1.75	1.68	1.63	1.57	1.42	1.22	0.98	0.70	0.37
	18	2.16	2.09	2.05	1.99	1.83	1.64	1.40	1.11	0.79
	20	3.12	3.05	3.01	2.95	2.79	2.60	2.36	2.07	1.37
	24	4.89	4.82	4.77	4.71	4.56	4.36	4.12	3.84	3.51
	30	7.05	6.98	6.93	6.87	6.72	6.52	6.28	6.00	5.67
	36									
virutas de bentonita: 68 lb/ft ³										
DIÁMETRO EXTERIOR DE LA CARCASA (pulg)										
VOLUMEN DE ANILLO (pies cúbicos / pies de profundidad)										

FIGURA 5

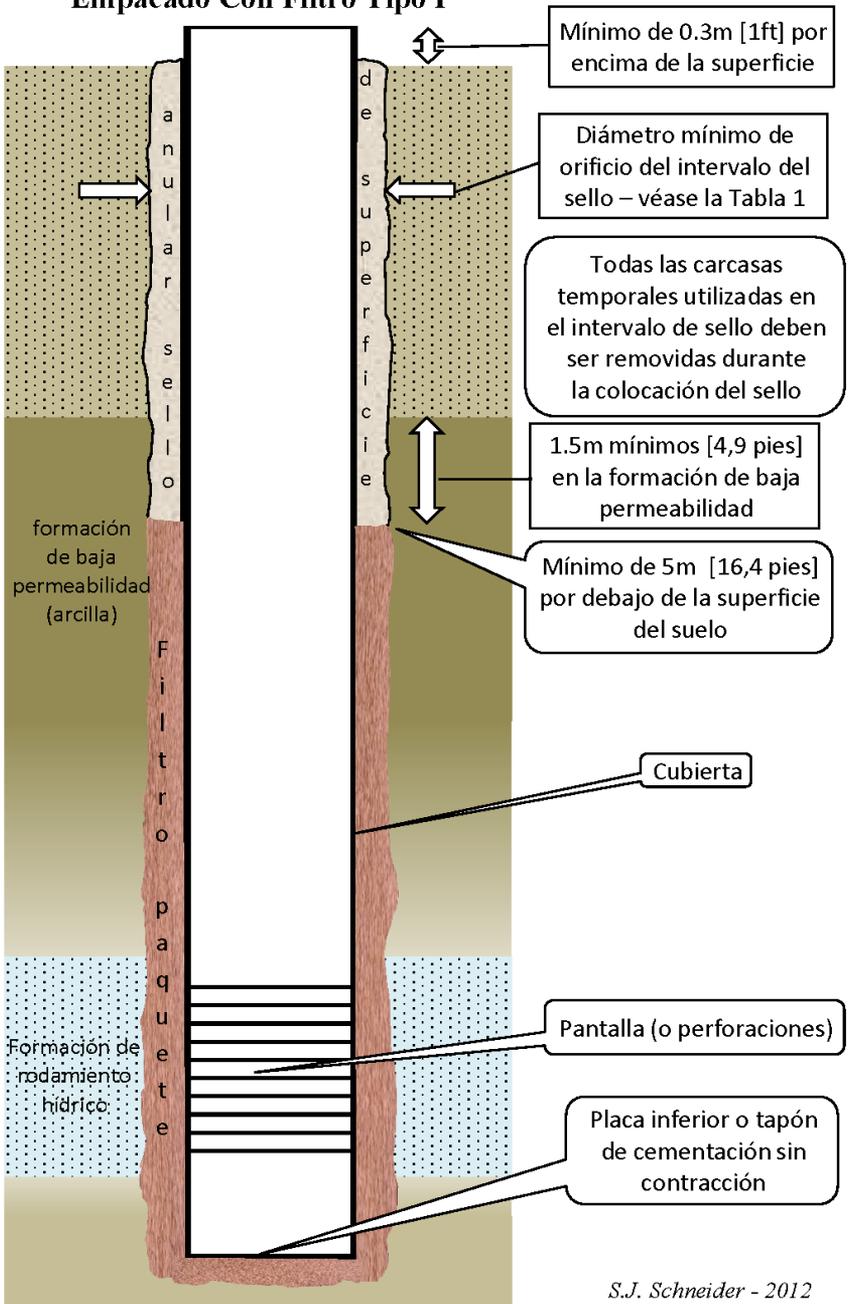
Pozo de Formación Consolidada
Tipo B



S.J. Schneider - 2014

FIGURA 6

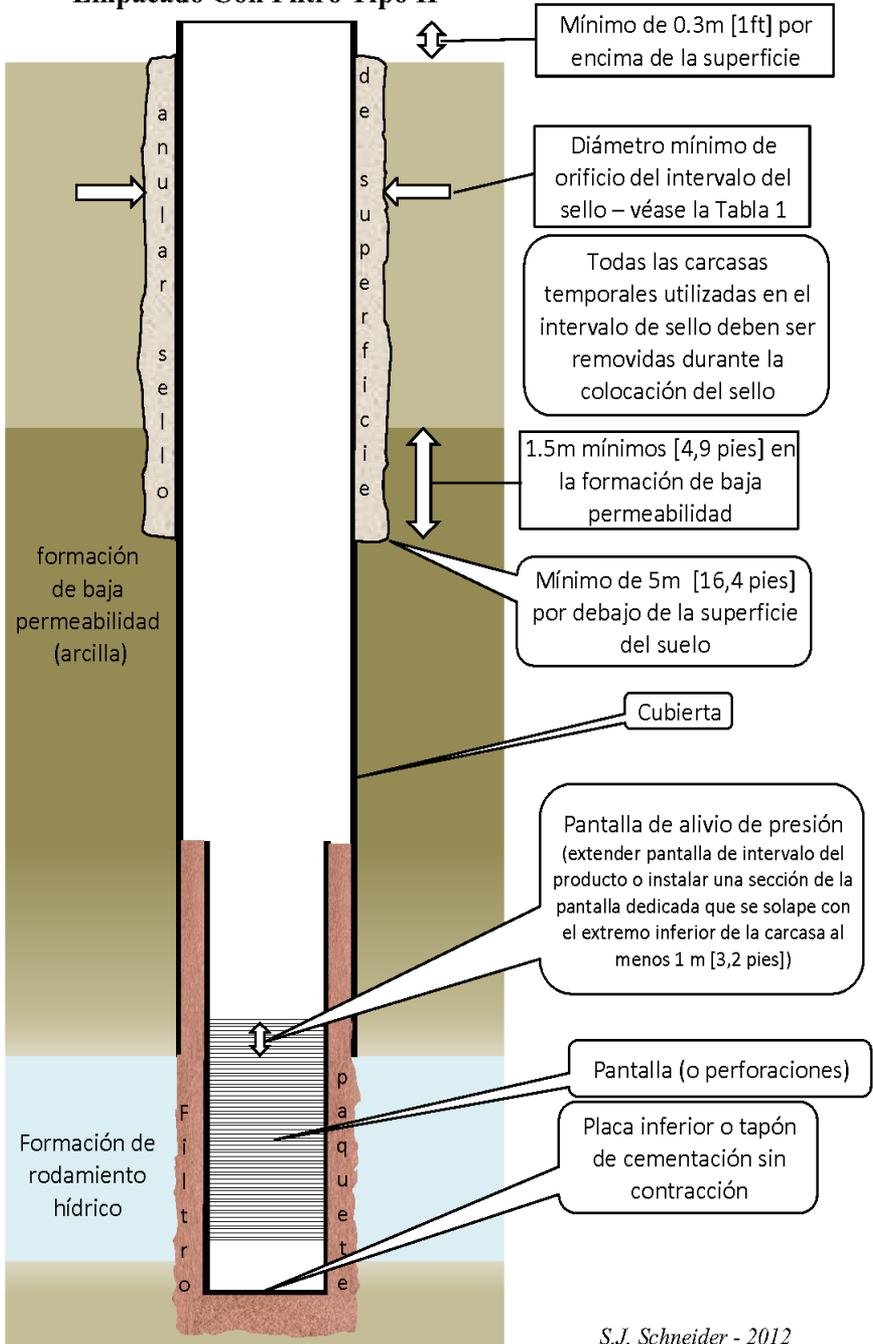
**Pozo de Formación No Consolidada
Empacado Con Filtro Tipo I**



S.J. Schneider - 2012

FIGURA 7

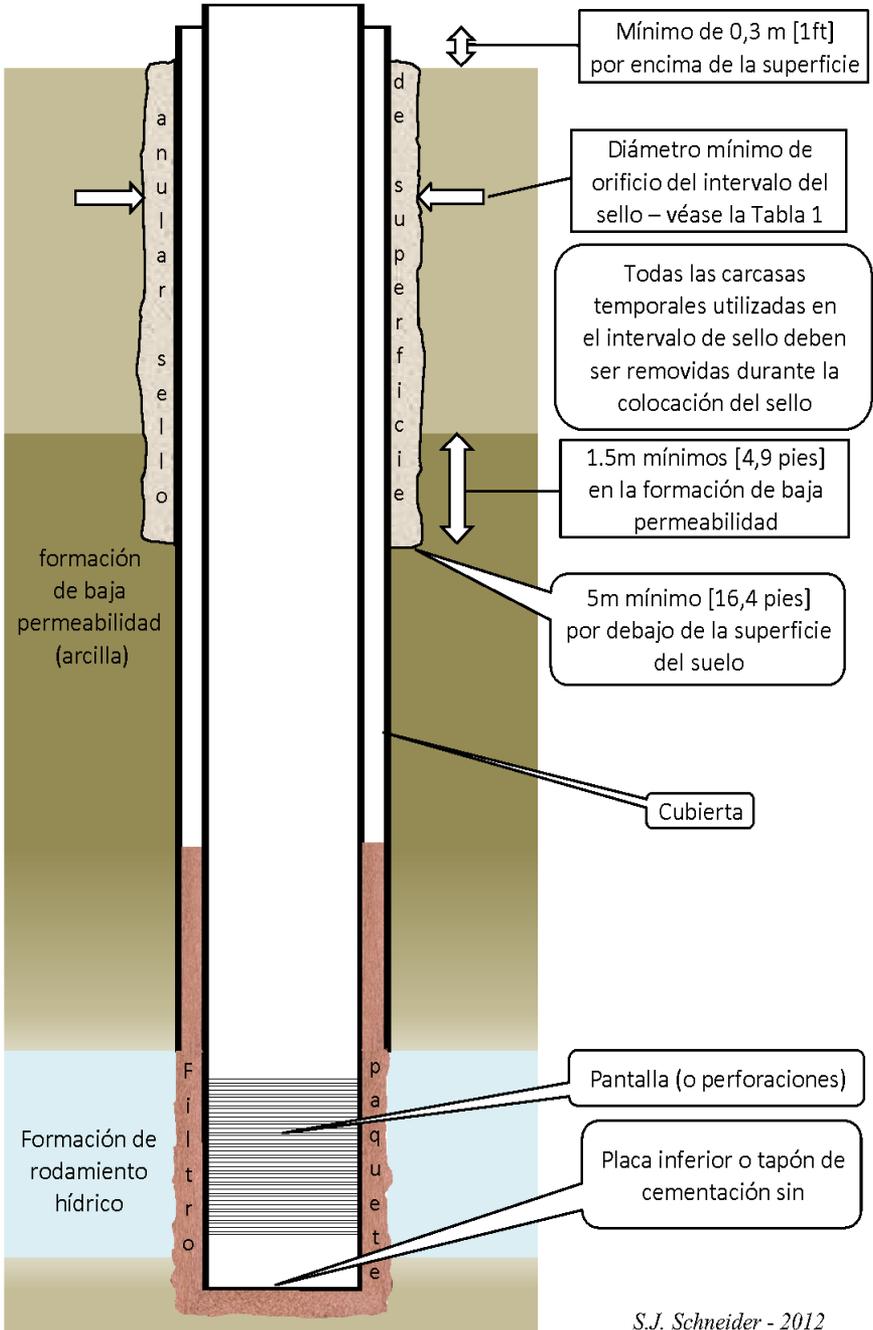
**Pozo de Formación No Consolidada
Empacado Con Filtro Tipo II**



S.J. Schneider - 2012

FIGURA 8

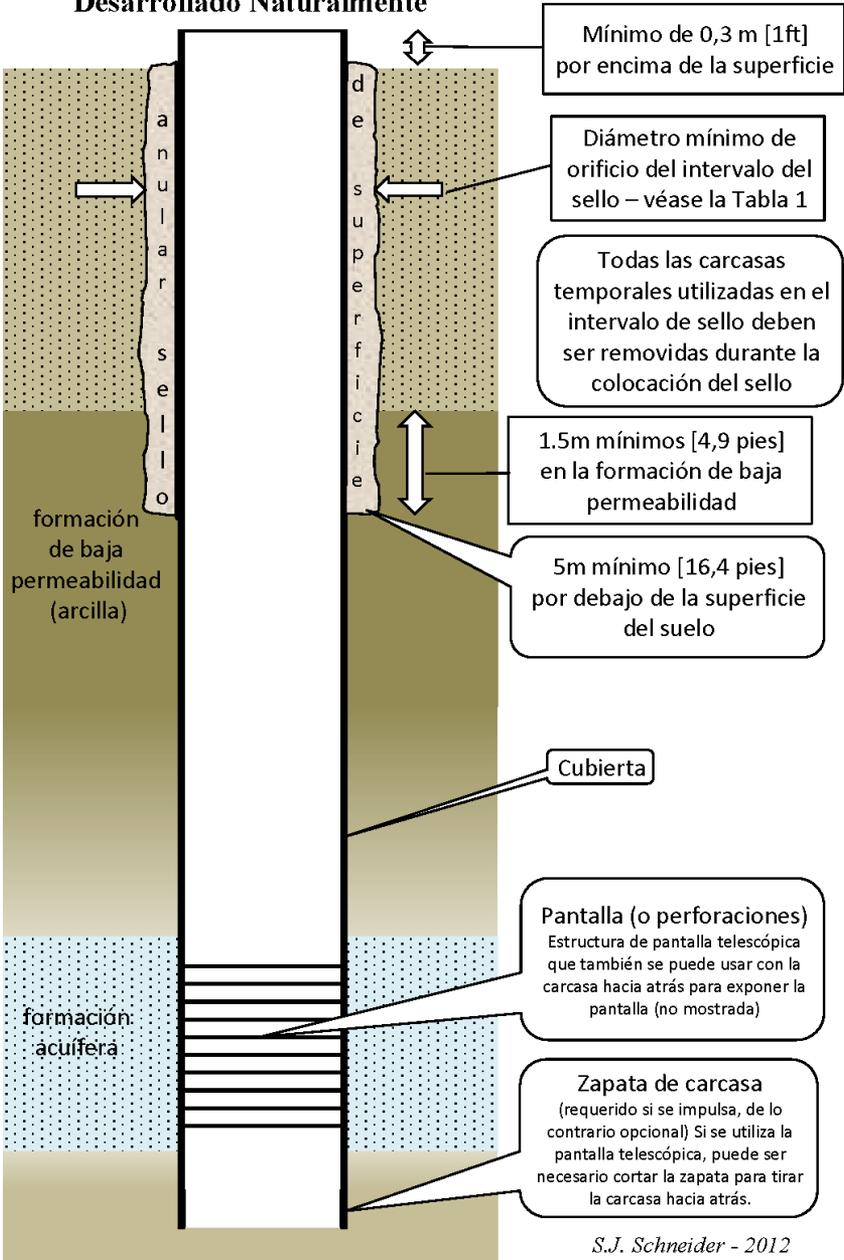
**Pozo de Formación No Consolidada
Empacado Con Filtro Tipo III**



S.J. Schneider - 2012

FIGURA 9

**Pozo de Formación No Consolidada
Desarrollado Naturalmente**



9 MEZCLA Y FUGA

Ver en Sección 4, páginas 6 y 7, las definiciones de acuífero, acuífero artesiano, mezcla y cabezal.

Si varios acuíferos se encuentran en un pozo, el pozo debe estar construido para evitar que se mezclen las aguas subterráneas y la fuga del flujo por gravedad o por presión artesiana de un acuífero a otro acuífero o a una zona no saturada que pueda albergar agua a largo plazo. Esto evitará la propagación de contaminantes o de agua de mala calidad a otras formaciones y evitará la pérdida del cabezal del acuífero dentro de un acuífero. No debe haber movimiento ascendente ni descendente del agua en el pozo, ya sea dentro o fuera de la tubería o revestimiento cuando el pozo está completamente estático (sin bombeo) y en condición de recuperación. La prevención puede lograrse mediante la colocación de una mayor profundidad del sello para superficie o la utilización adicional de un sello anular más bajo. (ver Figuras 11 y 12, páginas 31 y 32).

10 TUBERÍA REVESTIDORA Y REVESTIMIENTO

Ver en la Sección 4, páginas 6 y 7, las definiciones de tubería revestidora y revestimiento.

Las tuberías revestidoras y los revestimientos deben ser de PVC (cloruro de polivinilo) o de acero negro y deben cumplir con las especificaciones de la Tabla 3, página 30.

La tubería de PVC deben contar con protección ante la exposición a largo plazo a la luz solar (luz ultravioleta). La protección puede incluir una tubería protectora exterior de acero, baldosas de hormigón (o cemento de albañilería) y una tapa o cubierta, una construcción, una bomba, etc.

Todas las tuberías deben ser nuevas o estar casi nuevas. Deben limpiarse de contaminantes e inspeccionarse en busca de daños mecánicos, agujeros, marcas, etc.

La tubería de PVC no deben fundirse. Si se usa una tubería de acero fundido, se recomienda usar una zapata.

El diámetro de la tubería o revestimiento debe permitir la fácil colocación de los equipos de bombeo. Por lo general, el diámetro interior de la tubería y el revestimiento en el intervalo de colocación de la bomba del pozo debe ser al menos de 1 cm [½ pulgada] más grande en diámetro que la parte más grande de los componentes de la bomba dentro del pozo, si los componentes de la bomba se encuentran a menos de 10 cm (3,9 pulgadas). Las separaciones más grandes son siempre mejores y deben utilizarse con sistemas mayores de bomba.

PRECAUCIÓN: Si la lechada de cemento sellador se usa en una tubería de PVC, deben tomarse precauciones para evitar la exposición de PVC al calor excesivo para que el cemento curado no se deshidrate ya que podría deformar la tubería permanentemente. La lechada de cemento colocada en zonas de perforaciones excesivamente grandes (por ej.: cavernas, vacíos, inundaciones) se resultará en un aumento significativo de la

temperatura lo cual probablemente hará que esto suceda y que el pozo quede inutilizable, requiriendo una clausura apropiada. Si la tubería de PVC está sellada con cemento, puede distribuirse agua fría en el pozo durante los primeros procesos de curación (por lo menos 24 horas) para tratar de evitar daños en la tubería. Sin embargo, es mejor utilizar una tubería de acero (si está disponible) al sellar con cemento.



El PVC colapsó a causa del calor excesivo.
(Véase Figura 10, página 29).

Resistencia del PVC versus Temperatura
Nota: Un aumento de la temperatura producto del calor de la hidratación del cemento se acerca a los 45°C [113°F]

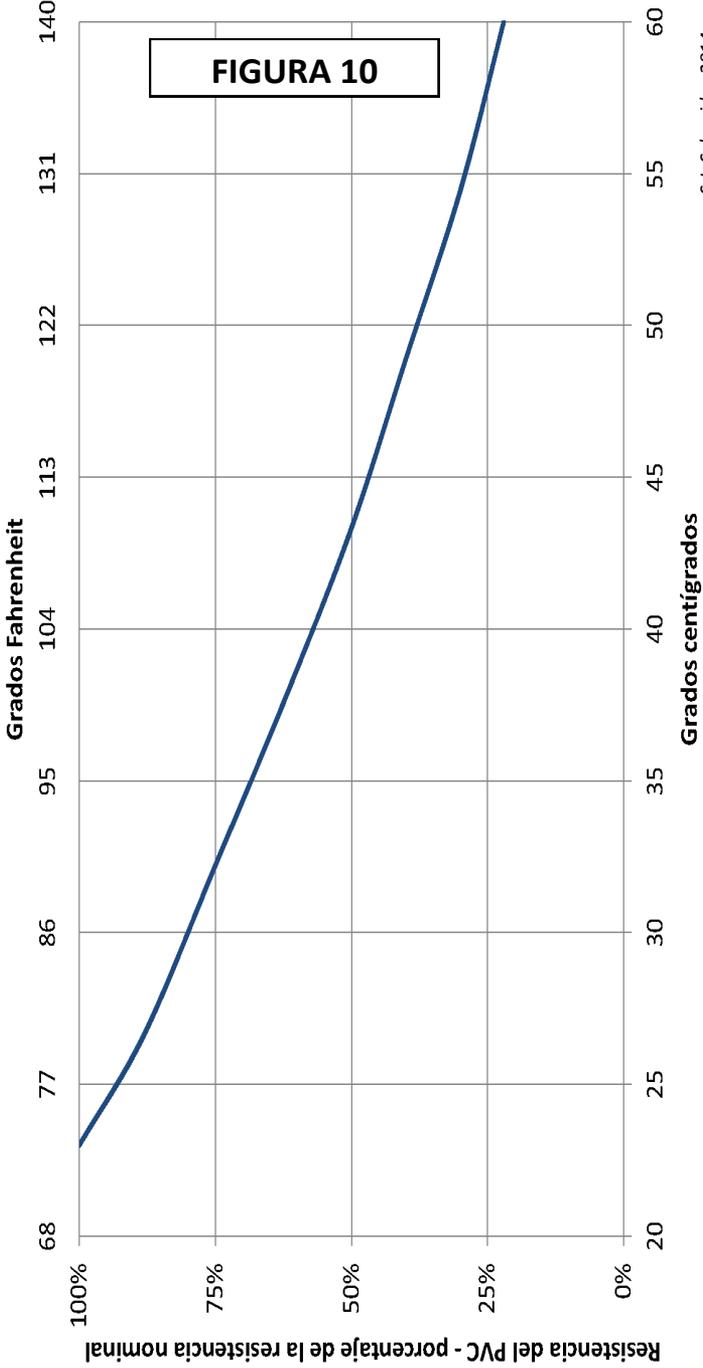


FIGURA 10

S.J. Schneider 2014

TABLA 3 – MATERIALES DE REVESTIMIENTO

diámetro mm [pulg.]	profundidad máxima	material	mínimo grosor de pared	normas sugeridas de materiales
< 127 [5]	Nota A	Acero de bajo carbono	cronograma 40	ASTM A53B, API 5L, AS 1395, A120
< 355 [14]	Nota A	Acero bajo en carbono	6.35 mm [.25 in]	ASTM A53B, API 5L, AS 1396
> 355 [14]	Nota A	Acero bajo en carbono	9.53 mm [.375 pulg]	ASTM A53B, API 5L, AS 1397
cualquiera	30m [98 pies]	PVC	SDR 26 (Nota B)	ASTM F480, ASTM D2241, ASTM D1785, AS/NZS 1477
cualquiera	60m [196 pies]	PVC	SDR 21 (Nota B)	ASTM F480, ASTM D2241, ASTM D1785, AS/NZS 1478

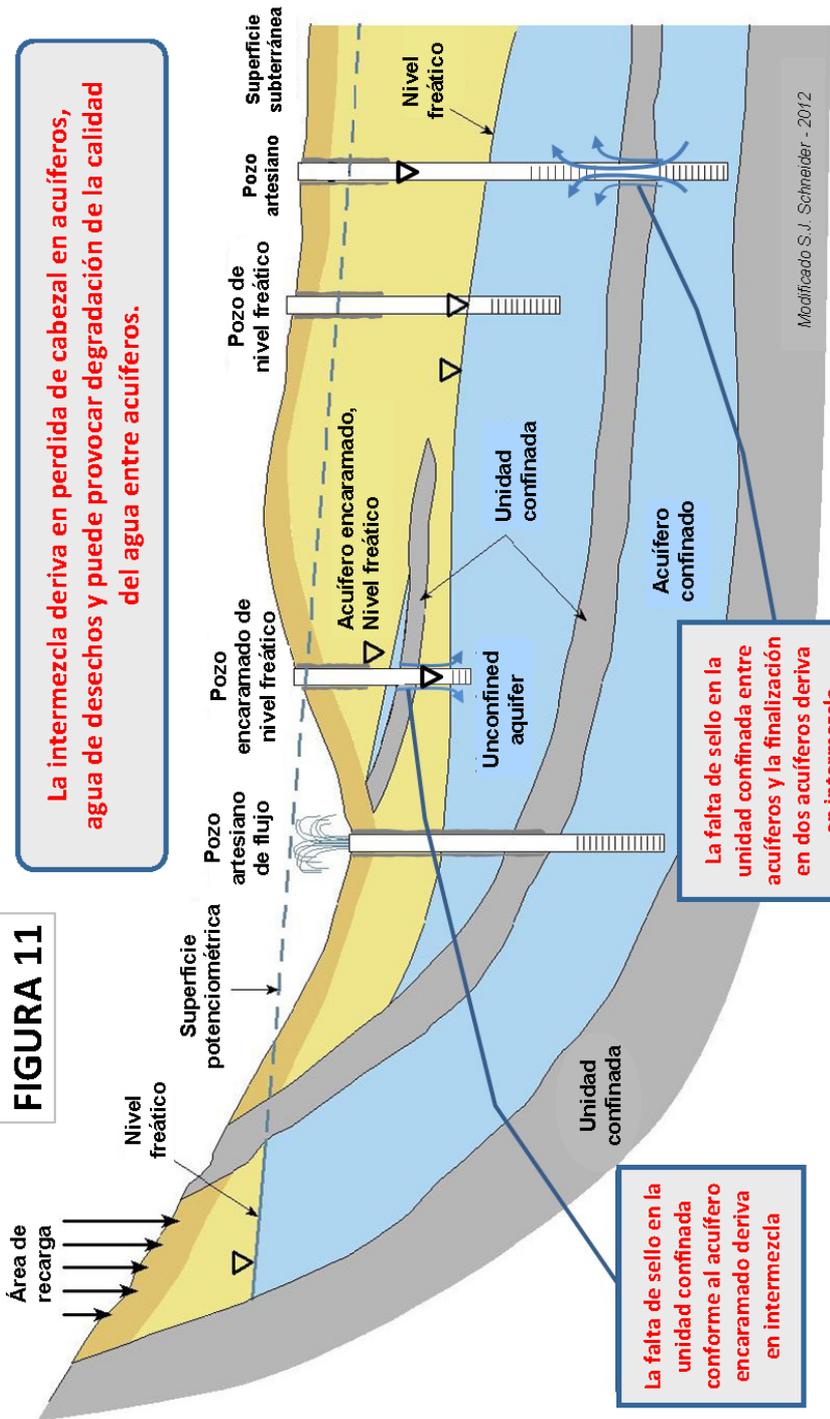
Nota A: La profundidad máxima y el grosor de pared deben considerarse en base a las presiones hidrostáticas que pueden ver naturalmente la carcasa o revestimiento, durante la lechada y el bombeo. El grosor de pared también puede ser aumentado en base a métodos de perforación (por ej. Carcaza de perforación), profundidad y otros factores que pueden aumentar la columna y/o colapsar la carga. Consulte a profesionales técnicos en estas situaciones.

Nota B: SDR = Proporción estándar de dimensión = diámetro externo de tubería / grosor de la pared de la tubería. Si se usa solo como revestimiento en formaciones consolidadas, el límite de profundidad no se aplica a SDR 21.

El acero inoxidable generalmente es demasiado costoso para ser considerado pero puede ser necesario para aplicaciones ASR u otras situaciones únicas. La tolerancia del grosor de pared a menudo se usa a su máxima extensión (menos 10%) en este material. En ningún caso el grosor resultante de la pared será menor a 4.77 mm [.188 pulg]. La Nota A se aplica especialmente a estas aplicaciones.

La fibra de vidrio tiene menos fuerza que el PVC, generalmente está en menor disponibilidad y es más costoso, y por lo tanto no se dan especificaciones en el presente ya que se seleccionarían como material de revestimiento o carcasa.

FIGURA 11



La intermezcla deriva en pérdida de cabezal en acuíferos, agua de desechos y puede provocar degradación de la calidad del agua entre acuíferos.

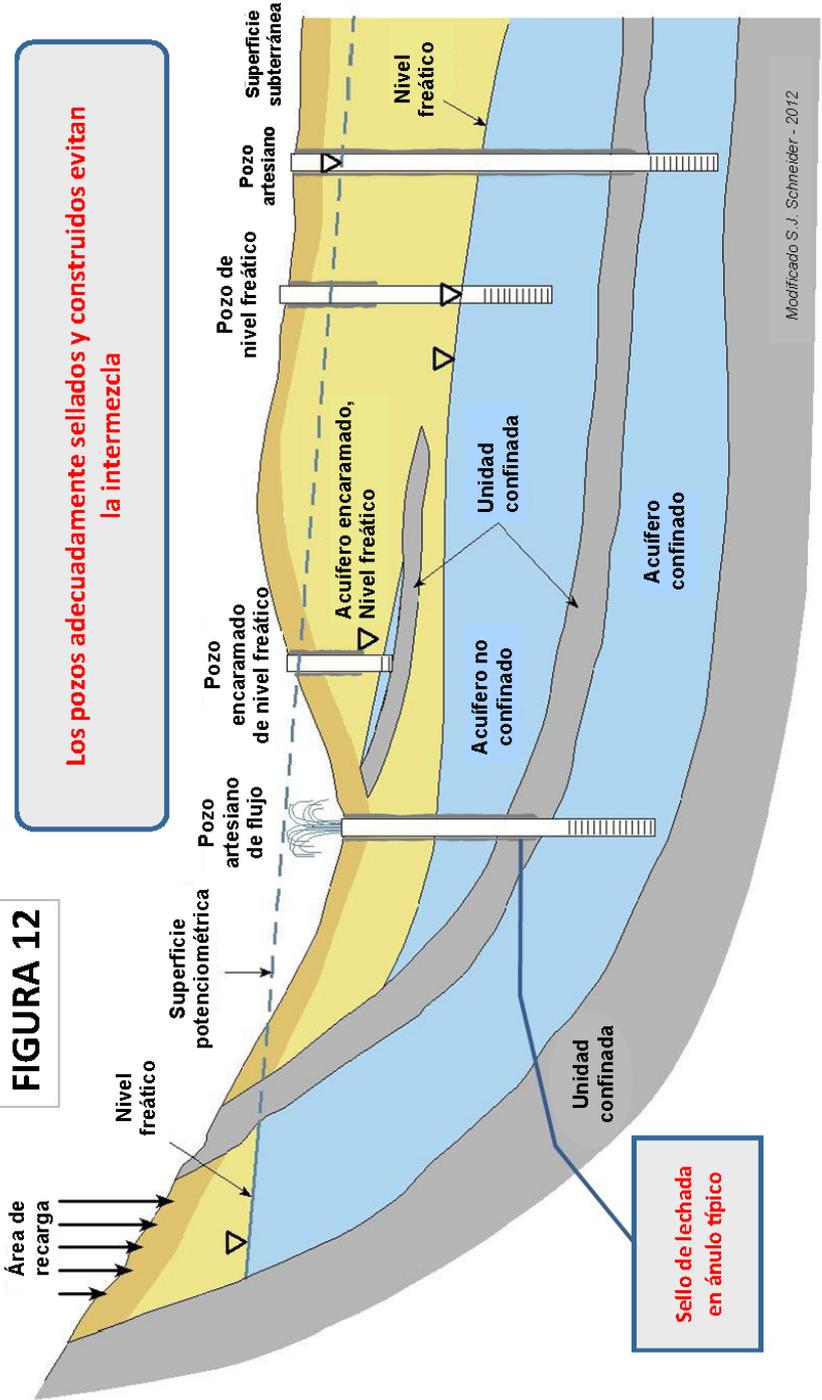
La falta de sello en la unidad confinada entre acuíferos y la finalización en dos acuíferos deriva en intermezcla

La falta de sello en la unidad confinada conforme al acuífero encaramado deriva en intermezcla

Modificado S.J. Schneider - 2012

Modificado después de Harten y otros, 1989

FIGURA 12



Modificado S. J. Schneider - 2012

Modificado después de Harlan y otros, 1969

11 OTROS MATERIALES DEL POZO

Otros materiales del pozo, incluyendo grava o medios de paquete de filtros, relleno anular o llenador, pantallas, empacadores, tapones y trampas deben limpiarse y estar libres de material orgánico antes de ser colocados en el pozo. El diseño adecuado, la selección del material y la instalación garantizarán una finalización completa del pozo para su uso designado. **El diseño inadecuado de la pantalla o paquete de filtro es la causa más común de pozos con arena.** Dichos pozos derivarán en una falla prematura de bomba, degradación de sellos de superficie de subincidencia, cambio o rotura de carcasa y pobre calidad de agua. Estos pozos a menudo son abandonados sin una desmantelación adecuada. Existen muchas publicaciones disponibles para ayudar con el diseño y selección adecuados de pantallas, paquetes de filtro y otros materiales únicos de pozos (ver Anexo I, pagina 48, y Referencia Nro. 3, página 54).

12 VERTICALIDAD Y ALINEACIÓN

La verticalidad del pozo de suministro y la alineación es extremadamente importante ya que los pozos están generalmente equipados con bombas de perforación descendente o equipo de bombeo. La verticalidad y alineación adecuadas facilitan la finalización y mantenimiento del pozo.

A menos que se especifique lo contrario, el pozo debe estar vertical un uno por ciento de verticalidad real. En otras palabras, no debe drenarse en forma vertical más de 0.3 metros en 30 metros [1 pie en 100 pies].

No debe haber dobleces o ángulos agudos notorios, en particular en la parte del pozo donde las bombas o el equipo de bombeo serán instalados. La desalineación excesiva hace que sea difícil o imposible instalar las pantallas, revestimientos, bombas y otros materiales. Además, provoca un desgaste prematuro o exceso del equipo de bombeo o revestimiento del pozo. La alineación del pozo será tal que su montaje de pantalla, revestimiento y equipo de bombeo puedan instalarse libremente.

13 DESARROLLO DEL POZO

Todos los pozos de suministro de agua deben ser desarrollados para asegurar que no produzcan arena excesiva que podría provocar el bombeo prematuro, un fallo del equipo y / o comprometer la integridad estructural del pozo. Se recomienda menos de 25 miligramos por litro [partes por millón]. La filtración adicional sobre la superficie puede ser necesaria, sobre todo para el agua potable. El desarrollo también mejora la eficiencia del pozo. Hay muchas publicaciones disponibles para ayudar con la selección del enfoque adecuado, herramientas a utilizar y el momento de utilizarlos durante construcción de un pozo.

14 FINALIZACIÓN DE LA SUPERFICIE

El área que rodea un pozo debe tener una inclinación de distancia desde el pozo para drenar el agua de las proximidades del pozo

Si el pozo está equipado con una bomba de mano, un delantal de concreto levantado debe ser colocado alrededor del pozo. La plataforma debe extenderse por lo menos 10 cm [4 pulgadas] por encima del suelo más alto alrededor del pozo. La carcasa debe extenderse por encima de la plataforma de concreto en cuanto a lo que permita los equipos de bombeo. La plataforma debe extenderse el pozo al menos 1 metro [3 pies] en todas las direcciones.



Cabezal de pozo con buena plataforma y drenaje

El delantal debe ser diseñado para drenar el agua, ya sea de lluvia o derrames, lejos del pozo. Si el pozo no está equipado con una bomba de mano, la carcasa debe extenderse por lo menos 0,3 metros [1 pie] por encima de la superficie del suelo más alto alrededor del pozo.

Todos los pozos deben sellarse entre el equipo de bombeo y la carcasa del pozo. Si el pozo está equipado con una bomba de mano y el delantal de hormigón, la base de la bomba en contacto con la plataforma debe ser sellada para evitar que penetre cualquier líquido.

Todos los pozos deben estar equipados con un orificio de ventilación para evitar el vacío de contaminantes en el pozo. La ventilación debe ser examinada para evitar que los insectos entren en el pozo. El respiradero debe ser posicionado al menos 0,3 metros [1 pie] por encima del delantal de cemento o de tierra más alto alrededor del pozo, lo que sea mayor. El respiradero debe estar hacia abajo para evitar que el líquido (y contaminantes) se escurran, o se drenen, en el pozo a través de la rejilla de ventilación. La ventilación debe ser de un diseño resistente para evitar daños por vandalismo y el medio ambiente.

Todos los pozos deben estar equipados con un puerto de acceso con el fin de medir el nivel del agua. El puerto de acceso debe tener al menos 1,5 cm de diámetro [0,6 pulgadas]. El puerto de acceso debe estar conectado de forma segura (Por ejemplo, con una llave de rosca o bloqueo) cuando no se utiliza para impedir el acceso de personal no autorizado. Los pozos profundos deben estar equipados con un tubo de sonda dedicado, normalmente conectado a los equipos de bombeo, para facilitar las mediciones del nivel del agua. Los tubos de sonda deben ser de al menos 1,5 cm [0,6 pulgadas] de diámetro.

15 DESINFECCIÓN

Todos los pozos y los equipos instalados en ellos deben ser desinfectados antes de su uso. El cloro es un desinfectante de uso común. Una concentración de 50 mg / l [ppm] es comúnmente aceptada para la desinfección.

La tabla 4, página 36 proporciona un plan sugerido de agentes de cloro para alcanzar 50 mg / l [ppm] de concentración. Dependiendo de la química del pozo y otras preocupaciones, puede ser necesario cloro adicional para una total desinfección. El desinfectante de cloro requiere un contacto efectivo. Deben permitirse al menos 12 horas de contacto. El cloro es más pesado que el agua. La agitación dentro del pozo se traducirá en una desinfección mayor.

TABLA 4
DESINFECTANTE A BASE DE CLORO REQUERIDO
para una concentración de 50 mg/l [ppm] en
30 METROS [98 PIES] de AGUA en un POZO

Diámetro del agujero		Volumen del hollo		65% peso seco*		5% Líquido**	
centímetros	pulgadas	litros	galones	gramos	onzas	litros	onzas
5.1	2	62	16	5	0.2	0.1	2
10.2	4	247	65	19	0.7	0.2	8
12.7	5	386	102	30	1.0	0.4	13
15.2	6	556	147	43	1.5	0.6	19
20.3	8	988	261	76	2.7	1.0	33
25.4	10	1544	408	119	4.2	1.5	52
30.5	12	2224	587	171	6.0	2.2	75
35.6	14	3027	800	232	8.2	3.0	102
40.6	16	3953	1044	304	10.7	4.0	134
45.7	18	5003	1322	384	13.6	5.0	169
50.8	20	6177	1632	474	16.7	6.2	209
61.0	24	8894	2350	683	24.1	8.9	301
76.2	30	13898	3672	1067	37.6	13.9	470
91.4	36	20012	5287	1537	54.2	20.0	677

*65% de peso seco se encuentra a menudo como cloruro cálcico granular

**5% de líquido se encuentra a menudo como blanqueador líquido

La cantidad de otros componentes requerida para obtener la misma concentración es proporcional a las concentraciones de los porcentajes anteriores.

La cantidad de otros componentes requerida para obtener la una concentración diferente a 50mg/l [ppm] es proporcional a las cantidades anteriores.

Cada equipo en el pozo que se instale o reinstale debe ser limpiado y desinfectado antes de la **INSTALACIÓN Y USO**. Si el pozo es, o incluso podría ser, utilizado para consumo humano, también debe ser evaluado por la E-coli (véase sección 16, página 37). El equipo retirado de un pozo esperando reparación antes de la reinstalación nunca debe ser colocado directamente sobre el suelo y debe ser protegido de la exposición a vegetación, roedores y otros animales.



Proteger la bomba y el tubo de caída del contacto directo con el suelo durante **INSTALACIÓN** y mantenimiento

16 PRUEBAS

Se debe realizar una prueba de rendimiento a los pozos (velocidad de flujo) y potabilidad básica. Se requiere un dispositivo apropiado de medición de nivel de agua dentro del pozo para cada construcción o proyecto de mantenimiento de pozo. El nivel de agua en el pozo debe medirse cerca del comienzo de una prueba de rendimiento.

Típicamente, la prueba de rendimiento en baja capacidad, la baja demanda de los pozos se lleva a cabo con la bomba permanente. O un



Flujo de sincronización de balde desde un pozo doméstico



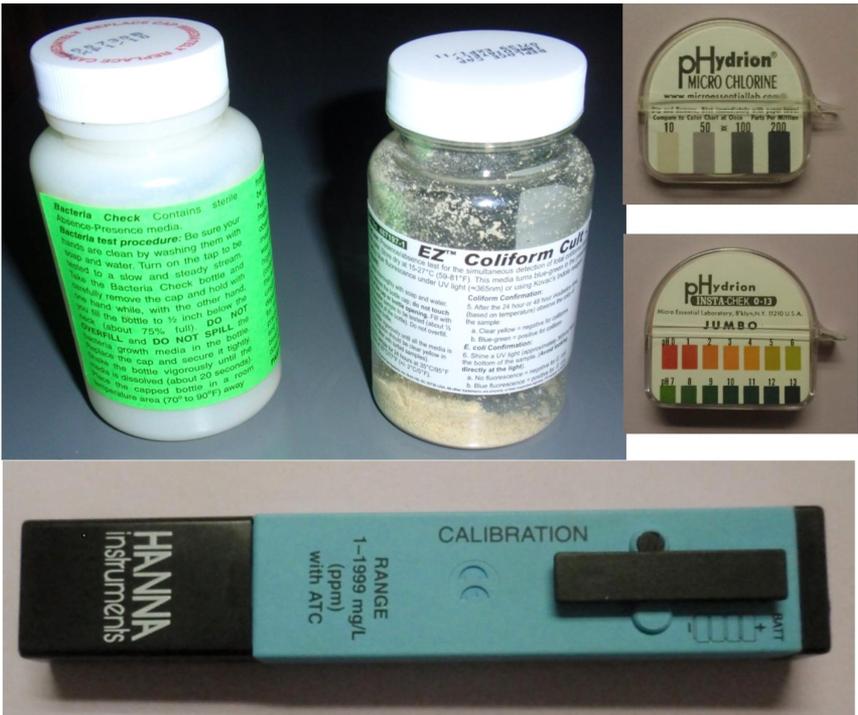
Válvula tipo tubo que mide el flujo desde un pozo municipal

sencillo computo sobre el uso que se necesita para llenar un recipiente de volumen conocido se utiliza para determinar una tasa de flujo. La duración de la prueba para los pozos de poca capacidad debe ser de al menos una hora. Los pozos de gran demanda (riego, comunidad) deben ser probados más de una hora, a veces 24 horas o más tiempo si se espera que se ejecuten continuamente durante varios días. El rendimiento de grandes pozos de demanda se medirá con dispositivos de medición más sofisticados (por ejemplo, caudalímetros o tubos de orificio). Estos dispositivos proporcionan una determinación más precisa sobre la tasa de flujo. Además, el nivel de agua de bombeo se debe medir con frecuencia durante la prueba de rendimiento de grandes pozos de demanda con el fin de extrapolar gráficamente los datos para predecir el nivel de agua de bombeo a largo plazo.

Estos datos también son útiles para determinar la eficiencia del pozo y las características del acuífero tales como transmisividad. Cada pozo debe ser probado en cuanto a la potabilidad luego de que los desinfectantes se hayan eliminado completamente del pozo y antes del

uso inicial de consumo humano. La potabilidad consiste en pruebas para *Escherichia coli* (E-coli). **No habrá presente ningún E-coli.** Un método simple para la prueba de E-coli es llevar a cabo una prueba para bacterias coliformes. Si no hay bacterias coliformes, no hay E-coli; sin embargo, una posición ve la prueba de coliformes no significa necesariamente que la E-coli está presente. Si se da una prueba positiva de coliformes, se recomienda que se tomen muestras del pozo y pruebas nuevamente (ya que no es raro que aparezca un falso positivo) o que se muestree nuevamente y se evalúe en busca de E-coli.

Otras pruebas se deben considerar en función de la utilización prevista de los pozos y minerales conocidos o sospechosos y contaminantes en el área. Otras pruebas incluyen, pero no se limitan a: nitratos, arsénico, fluoruro, salinidad, radio nucleídos. Probadores básicos disponibles (CW: coliformes, cloro, PH, TDS).



Pruebas básicas disponibles (CW: Coliforme, cloro, PH, TDS).

17 DESMANTELACION DEL POZO

Todos los pozos que no se han completado durante la construcción están dañados sin posibilidad de reparación, o son reemplazados por estar contaminados deben ser dados de baja de forma permanente. El desmantelamiento permanente debería restaurar las fronteras entre los acuíferos y los límites de la superficie de tierra al primer acuífero que usa selladores especificados previamente aquí. Las carcasas y revestimientos deben ser removidos durante la clausura si es posible y factible.

Viruta de bentonita para la clausura se debe utilizar solamente en barrenos de pozos no revestidos o cubiertos. La viruta de bentonita puede ser utilizada dentro del revestimiento de un pozo que se ha documentado como sellado correctamente en forma anular según lo prescrito en el presente documento.

Si se coloca la lechada de cemento dentro de una cubierta o revestimiento, la tubería de revestimiento o forro deberá ser perforado a fondo para permitir que la lechada migre fuera de la carcasa o forro.

El hormigón se puede utilizar para el desmantelamiento de la parte del pozo sin revestir que está por encima del nivel del agua en el pozo ante la colocación. También se puede utilizar dentro de la carcasa pero sólo si se utiliza opuesta a la parte de la carcasa que ha sido documentada para tener un sello adecuado alrededor. El hormigón puede ser también utilizado para desmantelar los pozos excavados, pero sólo desde 1 metro [3 pies] por encima del nivel del agua y a profundidades no mayores de 15 metros [49 pies].

En todos los casos de clausura, el volumen de sellador en realidad utilizado debe ser verificado de manera que sea suficiente para llenar el volumen del espacio que está siendo sellado (véase la Tabla 5, página 41).

Si la clausura permanente no se desea o no es factible, todos los pozos irán debidamente sujetos para evitar que los niños tengan acceso y que materiales extraños o contaminantes entren en ellos.

TABLA 5 – VOLÚMENES DE POZO Y CANTIDAD MÍNIMA DE SELLADOR REQUERIDO PARA EL DESMANTELAMIENTO

Diámetro del Pozo		Volumen del Pozo		Virutas de Bentonita		Cemento Puro*	
centímetros	pulgadas	l por m de profundidad	pies ³ por pies de profundidad	kg por m de profundidad	lb por pies de profundidad	kg por m de profundidad	lb por pies de profundidad
5.1	2	1.9	0.02	2.0	1.4	3.3	2.3
10.2	4	8.4	0.09	9.2	6.2	15.1	10.1
12.7	5	13.0	0.14	14.2	9.6	23.4	15.8
15.2	6	18.6	0.20	20.3	13.7	33.5	22.5
20.3	8	32.5	0.35	35.6	23.9	58.6	39.4
25.4	10	51.1	0.55	55.9	37.6	92.1	61.9
30.5	12	73.4	0.79	80.3	53.9	132.2	88.9
35.6	14	99.4	1.07	108.7	73.1	179.1	120.4
40.6	16	130.1	1.40	142.2	95.6	234.4	157.5
45.7	18	164.4	1.77	179.8	120.9	296.3	199.1
50.8	20	202.5	2.18	221.5	148.9	364.9	245.3
61.0	24	291.7	3.14	319.0	214.4	525.6	353.3
76.2	30	456.2	4.91	498.9	335.3	821.9	552.4
91.4	36	656.8	7.07	718.3	482.7	1183.5	795.4

*Peso de cemento seco mezclado con agua para formar lechada de cemento puro.

El relación agua/ cemento es de 1.9 kg/l [16 lb/gal o 94 lb sk/6 galón agua]



18 DOCUMENTACIÓN

REGISTRO DE POZO

Un diario o registro debe hacerse y mantenerse para cada pozo (incluyendo también la clausura).

La documentación debe incluir:

- Ubicación del pozo – Dos métodos deben registrarse para minimizar el error:

1. GPS (sistema de posicionamiento mundial), y
2. descripción de propiedad legal u otros criterios de ubicación usados y documentables .

- Número de identificación de pozo o nomenclatura - El número único o nomenclatura será permanentemente incrustado o grabado en / sobre la pista de cemento o la cubierta

expuesta (o el equipo de bombeo, si las dos primeras no son una opción). El número de identificación / nomenclatura debe ser registrado en todos los documentos que contienen la otra Información especificada en el presente documento y debe tenerse en cuenta en cuanto a donde se ubica la identificación en el pozo.

- Propietario o usuario del pozo – Identifica en cuanto a si es el dueño, el usuario o ambos.

- Nombre del constructor del pozo y / u Organización.

- Profundidad de perforación y profundidad del pozo completado.



GPS – Herramienta esencial para documentar la ubicación del pozo

- Descripción de formación por profundidad, incluyendo: materiales predominantes, color, tamaño y la dureza o la textura.
- Profundidad de junta anular y material usado.
- La profundidad y la altura sobre el suelo de todas las cubiertas y revestimientos, diámetros, tipos de material (por ejemplo PVC, acero), y los cronogramas o espesores de pared.
- Descripción completa (material, tamaño, cantidad, etc.) y ubicación por profundidad de todas las Perforaciones, pantallas, paquete, y cualquier otro componente del pozo.
- Fecha y profundidad a nivel del agua.
- Fecha y resultados de pruebas de rendimiento.

El diario o registro de detalles de construcción de cada pozo deben



Un número permanente de identificación del pozo o nomenclatura debe estar en cada pozo y en la documentación relacionada

ser llenados de conformidad con las normas locales. Una copia debe ser también enviada a los responsables de la operación y el mantenimiento del pozo y también deben llenarse en un repositorio basado en una red central segura que proporciona el acceso del público. (Formulario de muestra en la página siguiente)

Los documentos presentados se utilizan para facilitar la operación y mantenimiento del pozo, para ayudar en el futuro desmantelamiento adecuado del pozo, y para identificar y cuantificar la disponibilidad de recursos de agua subterránea en la zona.



Medición SWL con sonda eléctrica

REGISTRO DE LA BOMBA

Debería haber un registro creado por el instalador de la bomba y mantenido por el propietario del pozo / operador, de la bomba actual instalada en el pozo. El registro debe contener el tipo de bomba (por ejemplo, a mano, sumergible solar, de calesita, etc.), la caída de la tubería y las dimensiones de varillas en su caso, la profundidad del juego, la tensión y la fase si son eléctricas, fabricante, modelo, número de serie y cualquier otra información pertinente. (Formulario de muestra en la página 46)

REGISTRO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Debe mantenerse documentación sobre todas las pruebas de calidad del agua por parte del propietario / operador. Los registros deben incluir: Fechas y resultados de las pruebas químicas realizadas, el

REGISTRO DE INSTALACION DE BOMBAS

ID de pozo # / nomenclatura _____

Propietario _____

Tipo de propietario: Tierra ____ Usuario ____ Ambos ____

Fecha de instalación _____

Tipo de bomba _____

Fabricante _____

Número de modelo _____ serie # _____

Si es eléctrico: vatios _____ fase ____ Amperes _____

Tipo de tubería de caída/columna _____

Diámetro interno _____ longitud _____ Tamaño, tipo y material de varilla /eje

Tamaño, tipo y material del rodamiento/eje _____

¿Acceso de nivel de agua? Tubería de sonda ____ Tapón/tapa ____ Ninguno ____

Acceso de nivel de agua: Diámetro interno _____ Material _____

Cámara de bomba del pozo (por ej. revestimiento): Diámetro interno _____ Material _____

Nivel de agua estático _____

Profundidad de pozo _____

Instalador _____

Todas las profundidades reportadas están en: Metros ____ Pies ____ Cota* _____

Todos los diámetros reportados están en: Milímetros ____ Pulgadas ____

Otra información: _____

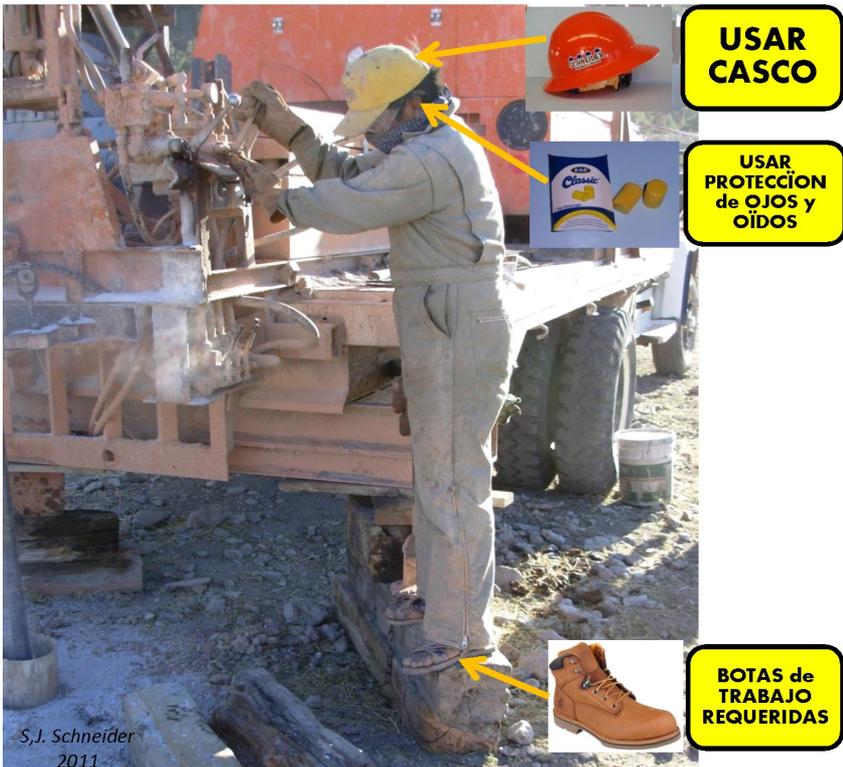
* La cota hace referencia desde donde se reportan todas las profundidades (por ej superficie subterránea, parte superior de almohadilla, etc.)

nombre del individuo que obtiene la muestra, la ubicación de fuente de la muestra, la fecha en que la muestra fue tomada, nombre del laboratorio o persona que realiza el análisis, y el método (s) de prueba que utilizó.

19 PERSONAL DE SEGURIDAD

La construcción del pozo y la instalación de la bomba por lo general implican la operación de maquinaria sobre el jefe de operaciones. Las herramientas y equipos pueden ser pesados y estar en caída. El polvo es creado durante la operación de perforación y materiales de sellantes pueden provocar polvo nocivo durante su uso. El equipo de Protección personal (PPE) se debe utilizar siempre que corresponda a la operación. El PPE requerido probablemente incluirá:

- Casco
- Protección ocular
- Guantes
- Zapatos de cuero
- Máscara de polvo
- Protección auditiva



S.J. Schneider
2011

ANEXO I

Paquete de Filtro (grava) – Análisis y Selección

Acuífero de arena – Procedimientos

1. Elija las zonas de transporte de agua (WBZ) que se usaran potencialmente.



Balanza, batidor y tamiz usado para analizar cribado



2. Realizar un análisis granulométrico (ver figura 13, página 50) en cada uno de los WBZ seleccionados que puedan ser visualmente identificados para tener potencialmente el material más fino. Un análisis granulométrico no se realizara en cada muestra tomada.

3. Utilizando el análisis granulométrico, identifique el WBZ que será utilizado teniendo el material más fino. En algunos pozos, un WBZ identificado puede tener el material más fino de lo deseado y si hay suficientes WBZ gruesos disponibles, el WBZ más fino no podrá usarse. En tal caso, el diseño del pozo no debe tener ninguna abertura de admisión del pozo cerca de WBZ finos no utilizados; es decir, no debe haber ninguna abertura de al menos 2 metros (6 pies) por debajo de al menos 1 metro (3 pies) por encima de un WBZ fino. Una separación incluso más grande en longitud será la causa para un aumento de la seguridad de que un WBZ no traerá arena al pozo.

4. Usando los análisis de tamiz de formación del WBZ con el material más fino que estará expuesta, multiplique el espesor retenido en 70% por un factor de 4 a 6. El resultado es el rango de valores de destino para el 70% retenido del paquete de filtro.

5. Realizar un análisis granulométrico en cualquier material de paquete de filtro del candidato que ya no tiene un análisis proporcionado. El material de paquete de filtro del candidato debería:

- a. Estar limpio,
- b. Tener granos bien redondeados,
- c. Contener al menos 90% de cuarzo o sílice, y
- d. Ser uniformes en tamaño. Un coeficiente de uniformidad (CU - Se prefiere la proporción del 40% de tamaño retenido al 90% de tamaño retenido) de menos de 2,5.

6. Desde los materiales de paquete del filtro de candidato, seleccione uno que tenga un tamaño de 70% dentro del rango de valor objetivo identificado en el paso 4 anterior; se prefiere el más grueso si la UC es $<2,5$.

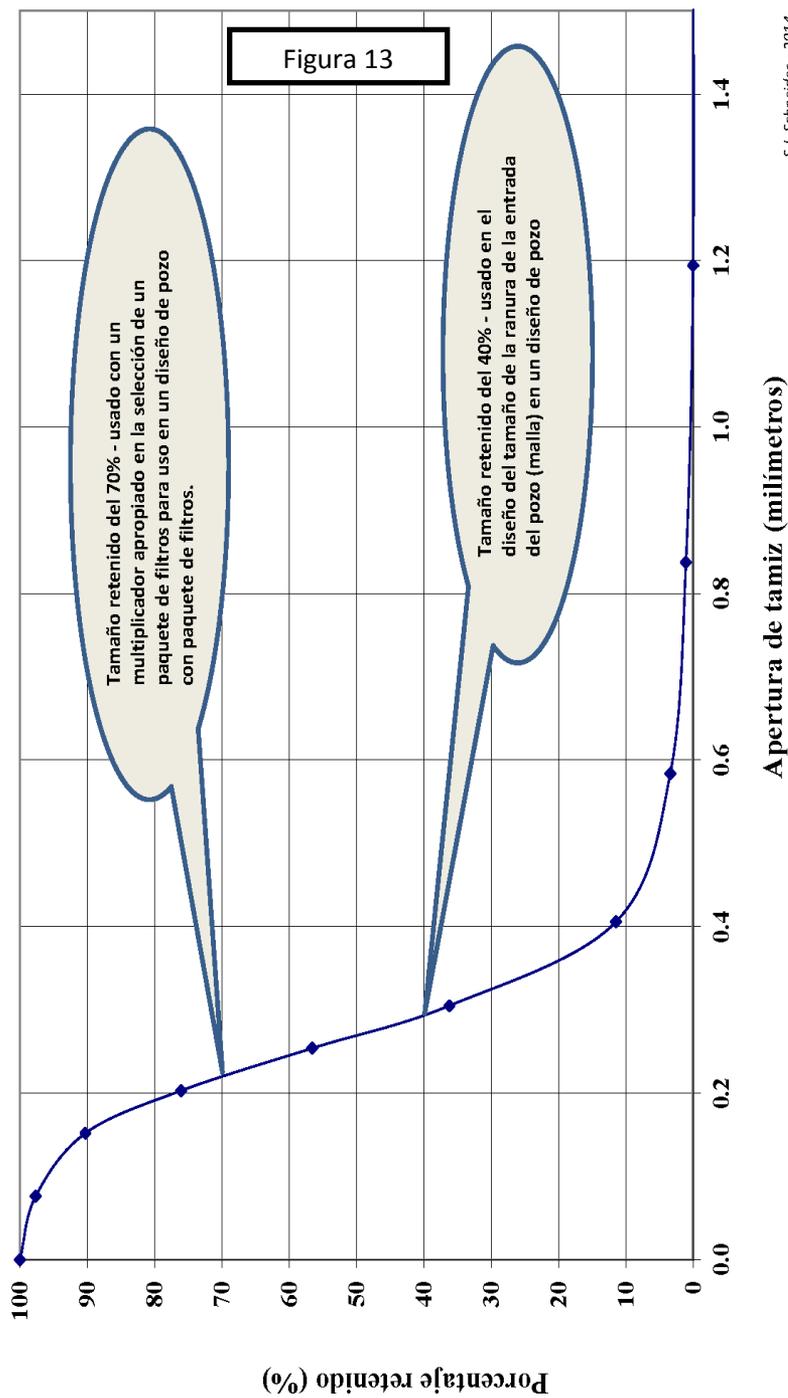


7. Seleccione una abertura de entrada del pozo (anchura de ranura) que no sea más grande que el tamaño retenido del 90% del material de paquete de filtro seleccionado.

Un ejemplo del material del paquete de filtro

8. Construir el pozo de tal manera que el espesor del paquete de filtro tenga menos de 25 mm [1 pulgada] en cualquier punto alrededor de la entrada del pozo y no más de 100 mm [4 pulgadas]. Un paquete más grueso es más difícil de desarrollar y un paquete delgado es más difícil de colocar correctamente (por ejemplo, puede ocurrir un puenteo o segregación de partículas). El rango de espesor preferido es de 40 mm [1,5 pulgadas] a 70 mm [3 pulgadas].

Gráfico del análisis granulométrico (ejemplo)



Acuífero de Arena y grava

Utilice las siguientes alteraciones a los procedimientos de acuíferos de arena:

- Si el porcentaje de arena en la formación es mayor a 50% y la mayoría de la arena es menos de 2 mm [0.08 pulgadas], entonces en el análisis granulométrico (Procedimiento Acuífero de arena # 2, página 48), retire todo el material retenido en un 10 mm [3.8 pulgadas] y un tamiz más grande.
- Si el porcentaje de arena en la formación equivale aproximadamente a la cantidad de grava o hay más grava que arena, y la mayoría de la arena es mayor a 0,5 mm [0,02 pulgadas] a continuación, en el procedimiento de Acuífero de arena # 4, página 49, haga la multiplicación de 70% en el factor de 6 a 8 en lugar de 4 a 6.

Terminología y tamaño del suelo y agregados

Limos y arcillas	Menos de .08mm (.003 pulgadas)
Arena fina	.08mm (.003in) Hasta .43mm (.02in)
Arena media	43mm (.02in) hasta 2,0 mm (.08in)
Arena gruesa	2.0mm (.08in) hasta 4,8 mm (.19in)
Grava fina	4.8mm (.19in) hasta 19mm (.75in)
Grava gruesa	19mm (.75in) hasta 75mm (2.9in)
Adoquines	75mm (2.9in) hasta 300 mm (11.8 pulg)
Cantos rodados	superior a 300 mm (11.8 pulg)

Referencia N ° 2, página 54: Clasificación de suelo unificada en el sistema

ANEXO II

Pros y Contras del diseño de pozo

Forma consolidada sobre la comparación del diseño del pozo

Tipo A

- Un revestimiento es opcional (aunque se recomienda).
- El revestimiento es desmontable si es necesario para la alteración o rehabilitación del trabajo en pozo.
- Es recomendable conocer la formación antes de instalar y sellar la carcasa para asegurar que esté correctamente situada antes de perforar más profundamente

Tipo B

- Este diseño se adapta a una sola construcción de perforación de diámetro desde la parte superior a inferior que puede ser útil en un pozo abierto estabilizado de fluidos.
- Este diseño puede costar más que el diseño Tipo A.
- Las bacterias pueden acumularse en el área anular entre el sello y la entrada del pozo y, de ser así, sería difícil eliminarlas.

Comparación de diseño del pozo de formación no consolidada

Pozo naturalmente Desarrollado

- Este diseño requiere un muestreo muy preciso, análisis de tamiz y selección de pantalla a fin de evitar excesivo bombeo de arena. Las capas delgadas de arena fina o limo son un problema con este diseño.
- Puede ser una profundidad completa de diámetro interno (la pantalla o perforaciones son del mismo tamaño que la carcasa) o pueden usar la entrada del pozo telescópica (tire hacia atrás la carcasa para exponer la estructura interna del pozo).
- Este diseño suele tener un menor costo inicial de construcción que un diseño de paquete de filtro.
- Este diseño es cada vez menos utilizado comúnmente debido al mayor porcentaje de éxitos a largo plazo con diseños de envase de filtro.

Paquete de filtro Tipo I

- Este es el diseño de empaque de filtro menos caro.

- Este diseño tiene un diámetro interior de profundidad total lo que hace más fácil el desarrollo y la rehabilitación futuros.
- Una bomba se puede instalar fácilmente en la parte superior del pozo maximizando así la reducción disponible.
- No se puede reponer el paquete de filtro con este diseño. Este diseño no es recomendable para los acuíferos poco profundos o situaciones donde hay una altura limitada disponible para el paquete de reserva de filtro.
- La junta anular no debe ser completada hasta que se complete el desarrollo, que requiere una carcasa completa temporal para ser utilizada en el intervalo de cierre para mantener la integridad del pozo hasta que se coloque el sello.

Paquete de filtro Tipo II

- Puede reponer el paquete (por lo general requiere la eliminación de la bomba) con este diseño.
- Es difícil comprobar el nivel de paquete de filtro con este diseño, especialmente con una bomba en el pozo.
- Este diseño es más caro que el diseño de paquete de filtro tipo I.
- La reducción de este diseño en un diámetro interior del pozo aumenta la dificultad y el costo de desarrollo y rehabilitación futuros.
- La profundidad de la cámara de la bomba (es decir, el diámetro interior del pozo que está por encima de la parte superior de la estructura de toma del pozo) es menor de lo que estaría disponible con un paquete de diseño de filtro Tipo I o Tipo III.

Paquete de filtro Tipo III

- Este es el diseño más caro.
- El diseño acomoda el relleno del paquete de filtro de la superficie sin la eliminación de la bomba.
- Este diseño se acomoda a la reposición del paquete del filtro de la superficie sin la eliminación de la bomba.
- El diámetro uniforme interior de este diseño en toda la profundidad facilita el desarrollo y la rehabilitación futuros.
- Una bomba puede instalarse en la parte superior del pozo maximizando así la reducción disponible.

REFERENCIAS (enumeradas alfabéticamente)

1. Anderson, K. E., *Ground Water Handbook*
2. ASTM International, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) ASTM D2487
3. Driscoll, F.G., *Groundwater and Wells Second Edition*
4. National Ground Water Association, ANSI/NGWA-01-14 Water Well Construction Standard
5. National Ground Water Association, *Lexicon of Groundwater and Water Well System Terms*
6. Whinery, J., *A Well Construction Cost-Benefit Analysis: For Water Supply Well Guidelines for use in Developing Countries*

RECURSOS

Fundación nacional educativa y de investigación de agua de suelo (NGWREF)

“La Fundación nacional de educación e investigación de agua de suelo, también conocida como NGWREF, se centra en llevar a cabo actividades educativas, de investigación, y otras actividades caritativas relacionadas con una mayor comprensión pública del agua subterránea ” <http://www.ngwa.org/Foundation>

Red de Abastecimiento de Agua Rural (RWSN)

“La RWSN es una red global de profesionales y practicantes que trabajan para elevar las normas de conocimiento y evidencia, competencias técnicas y profesionales, prácticas y políticas en suministro de agua rural y cumplir de esta forma la visión de servicios sustentables de agua rural para todos”

<http://www.rural-water-supply.net>

Centro de Agua, Ingeniería y Desarrollo (WEDC) de Universidad de Loughborough

“El Centro de Agua, Ingeniería y Desarrollo es uno de los institutos de educación líder del mundo de investigación para el desarrollo de conocimientos y capacidades en agua y saneamiento durante el desarrollo sustentable y la ayuda de emergencia”

<http://wedc.lboro.ac.uk>

SOBRE EL AUTOR DIRECTOR Y EDITOR PRINCIPAL

Stephen J. Schneider (Steve) gestiona la división de perforación en Schneider Water Services de St. Paul, EE.UU., una empresa comercial de contratación que emplea a aproximadamente 25 personas en las actividades relacionadas con el agua que incluyen: perforación, instalación de bombas y sistemas de agua y tratamiento de agua y de servicios. Criado en la industria, él sigue trabajando para la misma empresa durante más de 37 años.

Con una licenciatura en ingeniería mecánica de la Oregon State University, Steve trabajó para el Departamento de Defensa de Estados Unidos como ingeniero civil, que incluía escribir/editar muchas especificaciones técnicas. Tiene licencias de perforación en los estados de Oregon, Washington e Idaho y licencias de instaladores de bombas en Oregon y Washington. Él es un Contratista Principal de agua subterránea (MGWC) en la Asociación Nacional de agua subterránea (NGWA).

Steve ha presentado seminarios educativos y talleres a través de Webinars y en persona en NGWA Expos, NGWA Groundwater summits, convenciones de la Asociación De agua subterránea de Oregon (OGWA), Conferencia Internacional de WEDC, y otros eventos. Él fue el primer presentador no gubernamental de aire requerido, relacionado con las reglas de construcción de pozos en Oregon.

Steve también ha sido miembro de:

- Comité de asesoría de agua subterránea de Oregon, incluyendo
- Presidente de Asesoría de reglas de construcción de pozos de Oregon y otros comités
- Comité de desarrollo de supervisión de normas NGWA
- Grupo de intereses de países en desarrollo de NGWA, incluyendo Presidente
- Comité de Política y Código NGWA, incluyendo Presidente
- Mano de obra de orador McElhiney de NGWA
- Sesión de planificación estratégica inicial de NGWA
- Sesiones de escritura de ítems de NGWA
- Directivos de OGWA, incluyendo Presidente
- Comité de asuntos gubernamentales de OGWA, incluyendo Presidente

- Comités de conferencia / reuniones de OGWA
- Asociación del pacífico de aguas subterráneas, incluido vicepresidente
- Fundación Nacional de Investigación y Educación del Agua Subterránea (NGWREF), desde 2011 hasta 2014 como pr0esidente

Steve sigue siendo activo en el Grupo de Intereses de Países en Desarrollo de NGWA y ha realizado varios viajes y sigue trabajando con una misión en los suministros de agua subterránea en desarrollo de México para los indígenas Tarahumaras.

La versión en PDF de este libro y un análisis de costo-beneficio relacionado están disponibles en:

**[http://www.schneiderwater.com/pdf/
Hydrophilanthropy_Well_Guidelines.pdf](http://www.schneiderwater.com/pdf/Hydrophilanthropy_Well_Guidelines.pdf)**

También disponible en [schneiderwater.com](http://www.schneiderwater.com)

Haga clic en Hydrophilanthropy Haga clic en la imagen del libro de Lineamientos del pozo

“A partir de enero de 2012, la Asociación Nacional de Agua Subterránea felicita esta iniciativa y mira hacia delante para su evolución continua de capturar mejores prácticas en protección de aguas subterráneas en el diseño de pozos de agua, en construcción, y en operación y mantenimiento”.

Para obtener más información, póngase en contacto con el autor principal:

Stephen J. Schneider – steve@schneiderwater.com

AVALES Y/O SOPORTE FINANCIERO

proporcionados por:

*John Gregg, Gregg Drilling & Testing, Inc.
John y Jan y Doug Wagner, Moody 's de Dayton, Inc.
Steve & Miriam Schneider
y las siguientes organizaciones*



anexo dentro de la tapa trasera



ISBN 978-0-9884685-3-5