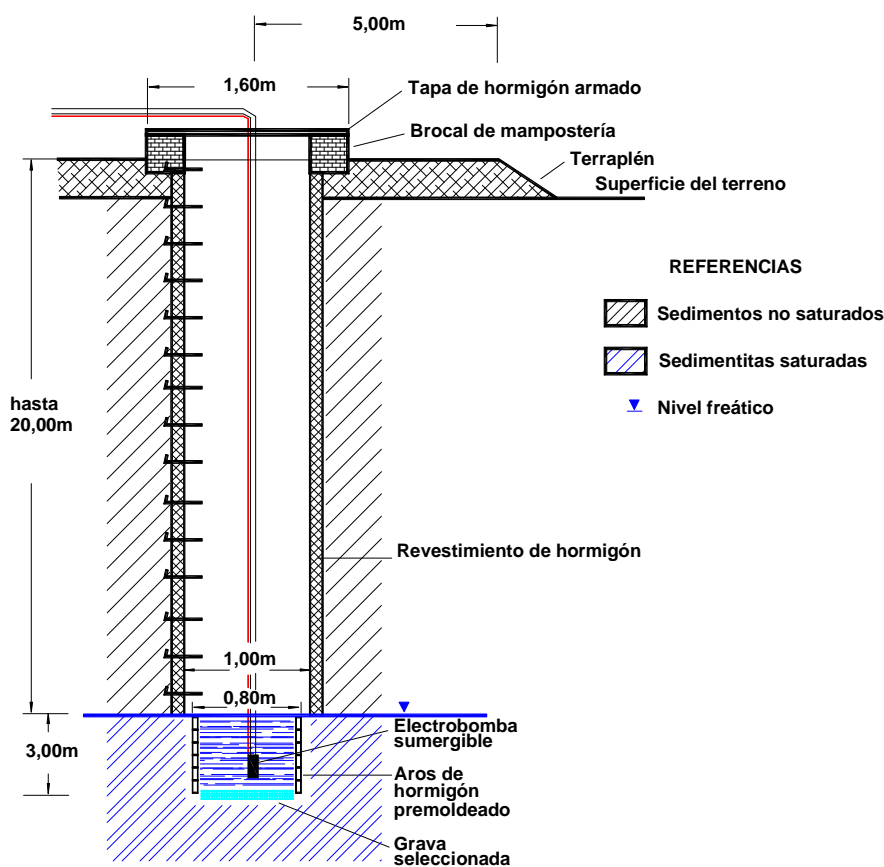


INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

COORDINACIÓN DE TRANSFERENCIA DE
CONOCIMIENTOS DE APROPIACIÓN COLECTIVA
CTCAC

GUIA TECNICA

CONSTRUCCIÓN DE POZOS EXCAVADOS Y CALZADOS PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA



CONTENIDOS

OBJETIVO

FUNDAMENTOS

INTRODUCCION

El agua subterránea

Acuíferos

Acuíferos libres

Acuíferos confinados

Aspectos legales

Estudios hidrogeológicos

GUIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS EXCAVADOS

- Herramientas y equipamiento necesario
- Preparación del predio
- Medidas de seguridad
- Inicio de la obra
- Profundización
- Hormigón
- Acceso al nivel freático
- Anillos de hormigón premoldeados
- Filtro de grava
- Desarrollo
- Protección sanitaria

GUIA TECNICA

CONSTRUCCIÓN DE POZOS EXCAVADOS Y CALZADOS

PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

OBJETIVO

La presente guía tiene por objetivo recomendar la metodología de trabajo, las condiciones de seguridad para los operarios y la calidad de los materiales utilizados en la construcción de pozos excavados y calzados para la captación de agua subterránea, con el fin de facilitar la realización de este tipo de obras.

FUNDAMENTOS

El acceso al agua potable ha sido consagrado por la Asamblea de las Naciones Unidas, en Julio de 2010, como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos.

Desde la Coordinación de Transferencia de Conocimientos de Apropiación Colectiva (CTCAC), estamos trabajando en la recuperación y sistematización de experiencias de tecnologías de acceso al agua potable.

En este sentido, los reservorios de agua subterránea constituyen los recursos de agua potable más abundantes y con mayor disponibilidad para el aprovechamiento humano.

La construcción de pozos excavados es una de las técnicas más sencillas que se han desarrollado para acceder a estos recursos y requiere, para su realización, de herramientas usuales y económicas.

Este tipo de obra es adecuado para acuíferos de baja permeabilidad, en los que el flujo hídrico hacia la captación es muy lento y requiere un reservorio que permita el almacenamiento del agua para facilitar su extracción, así como para acuíferos compuestos por aglomerados con rodados de elevada dureza, que impiden la perforación mediante métodos convencionales.

Es frecuente observar en nuestro país que la excavación de este tipo de pozos se realiza sin efectuar ningún tipo de revestimiento de las paredes, exponiendo a los operarios al riesgo del derrumbe de las paredes.

La metodología que se pone en valor en la presente guía, consiste en realizar una excavación en forma manual, desde la superficie, cuyas paredes se van consolidando con hormigón a medida que se incrementa la profundidad, metro a metro, hasta llegar al acuífero libre, comúnmente llamada “napa freática”, a profundidades no mayores a 20 m bajo la superficie.

La capacitación necesaria en las técnicas de construcción, operación y mantenimiento, puede ser difundida y apropiada por la población en forma efectiva, tal como ocurre en el Noroeste Argentino, donde esta técnica tiene amplia aceptación.

INTRODUCCION

El agua subterránea

El agua subterránea es un recurso natural renovable, que integra el ciclo hidrológico como un componente fundamental, y constituye el recurso de agua potable, a disposición para el consumo humano, más abundante del planeta.

Si bien las mayores reservas de agua potable se encuentran en los casquetes polares y en los glaciares, estos recursos no están a disposición inmediata, por la distancia que los separa de los asentamientos humanos.

Comparativamente, el agua contenida en lagos, lagunas, ríos y arroyos es una fracción muy pequeña en relación con los enormes volúmenes de agua subterránea contenida en los poros y grietas del subsuelo, a profundidades que varían entre unos pocos centímetros hasta centenares de metros bajo la superficie.

Es entonces en los acuíferos (comúnmente llamados “napas”) donde se acumula la mayor cantidad de agua apta para los diferentes usos, imprescindibles para el desarrollo de la humanidad.

Gran parte de las ciudades del mundo y una proporción mayoritaria de la población rural, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, dependen del aprovechamiento del agua subterránea para su subsistencia.

A pesar de ello, es poco conocido su origen, su dinámica y las diversas formas en que es aprovechada actualmente para múltiples usos.

La disciplina científica que estudia el origen, el comportamiento y las formas de aprovechamiento del agua subterránea se llama **HIDROGEOLOGÍA**.

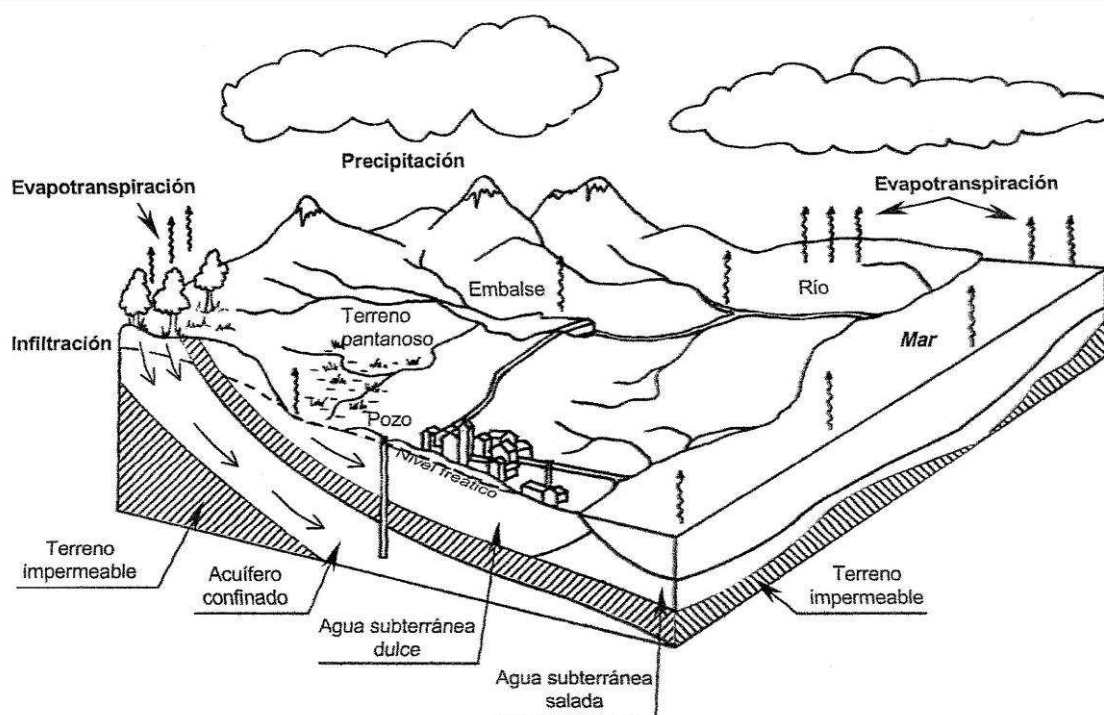


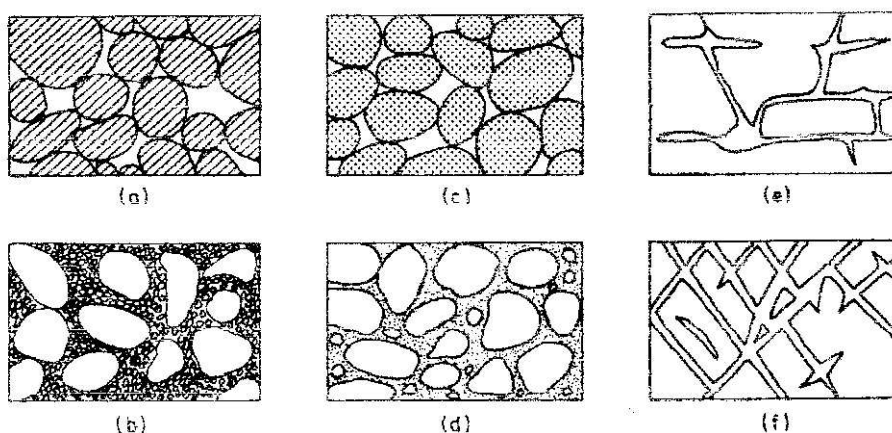
Figura 1.: El ciclo hidrológico (Custodio y Llamas, 1996)

Acuíferos

El agua subterránea está almacenada en acuíferos (comúnmente llamadas “napas”), que son formaciones geológicas que contienen agua en sus poros y fisuras, y que pueden transmitirla a las obras de captación de manera que puede ser aprovechada en forma rentable.

La mayor parte de los materiales sólidos naturales (sedimentos y rocas) que constituyen el suelo y el subsuelo, poseen pequeños espacios vacíos. Estos espacios vacíos pueden estar originados por fisuras o grietas en el caso de las rocas, o bien por los huecos que quedan entre los granos de los sedimentos

La cantidad de poros o fisuras en relación a la masa sólida se denomina porosidad y puede llegar a ser hasta un 30 % del total del material. La porosidad efectiva en las rocas y sedimentos, permite que absorban agua como una esponja, almacenándola y transmitiéndola.



- a) sedimento de granometría homogénea y gran porosidad
- b) sedimento de granometría heterogénea de baja porosidad
- c) sedimento de granometría homogénea, con clastos de material poroso
- d) sedimento de granometría homogénea, con porosidad disminuida por cementación
- e) roca porosa por disolución
- f) roca porosa por fisuración

Figura 2.: Porosidad por espacios intergranulares, fisuras y disolución

El agua de lluvia, o de los ríos y arroyos, que se insume en el suelo y penetra en el subsuelo, desciende por intersticios de las formaciones porosas y permeables, hasta encontrar un estrato impermeable; allí se acumula y llena los poros y fisuras de las rocas, saturándolos. El nivel por debajo del cual todos los poros de las rocas se encuentran saturados se denomina **nivel freático**.

Los acuíferos tienen características y dimensiones muy diversas. Existen acuíferos de extensión continental, como los que integran el Sistema Acuífero Guaraní, y acuíferos que ocupan unas pocas hectáreas.

Asimismo el espesor de un acuífero puede alcanzar los centenares de metros, o bien tener unas pocas decenas de centímetros. Ambos pueden ser útiles como reservorios de agua potable, todo depende de las necesidades de aprovisionamiento y de la disponibilidad de otras fuentes de agua.

En las regiones áridas y semiáridas de nuestro país, existen acuíferos de dimensiones relativamente pequeñas, que son utilizados como reservorios de agua potable estratégicos, ya

que poseen una capacidad de almacenamiento que permite sobrellevar el déficit hídrico de la estación seca y en muchos casos hasta los períodos de sequías extraordinarias.

Estos acuíferos y que son aprovechados mediante tecnologías de apropiación colectiva, tales como los pozos excavados, que permiten su utilización en forma sustentable.

En función de la disposición de los estratos geológicos en el subsuelo, los acuíferos pueden clasificarse en libres y confinados. Esta clasificación solo hace referencia a dos situaciones ideales, se debe tener en cuenta que existen acuíferos de naturaleza intermedia entre ambos tipos.

Acuíferos libres

Son acuíferos en los que el agua subterránea puede ingresar desde la superficie, recargando las reservas acumuladas en los poros de la formación. Esta agua de recarga puede provenir de la lluvia, o bien de la infiltración de un cuerpo de agua (ríos, arroyos, lagos, etc.).

El límite superior del acuífero libre lo constituye el nivel freático, que puede ascender o descender en función de la cantidad de agua que lo recargue, mientras que el inferior está conformado por una formación impermeable.

Acuíferos confinados

Los acuíferos confinados son aquellos que además de poseer una base impermeable, se encuentran cubiertos por una formación impermeable en su parte superior, que actúa como límite al desplazamiento vertical del agua en sentido ascendente. Por esta razón se los denomina también acuíferos “cautivos”.

Los acuíferos confinados o cautivos están sometidos a presión, variable en función de la disposición geológica de los estratos que constituyen su techo y base y sobre todo en función de la altura relativa a la que se encuentra la zona donde se produce la recarga del agua subterránea.

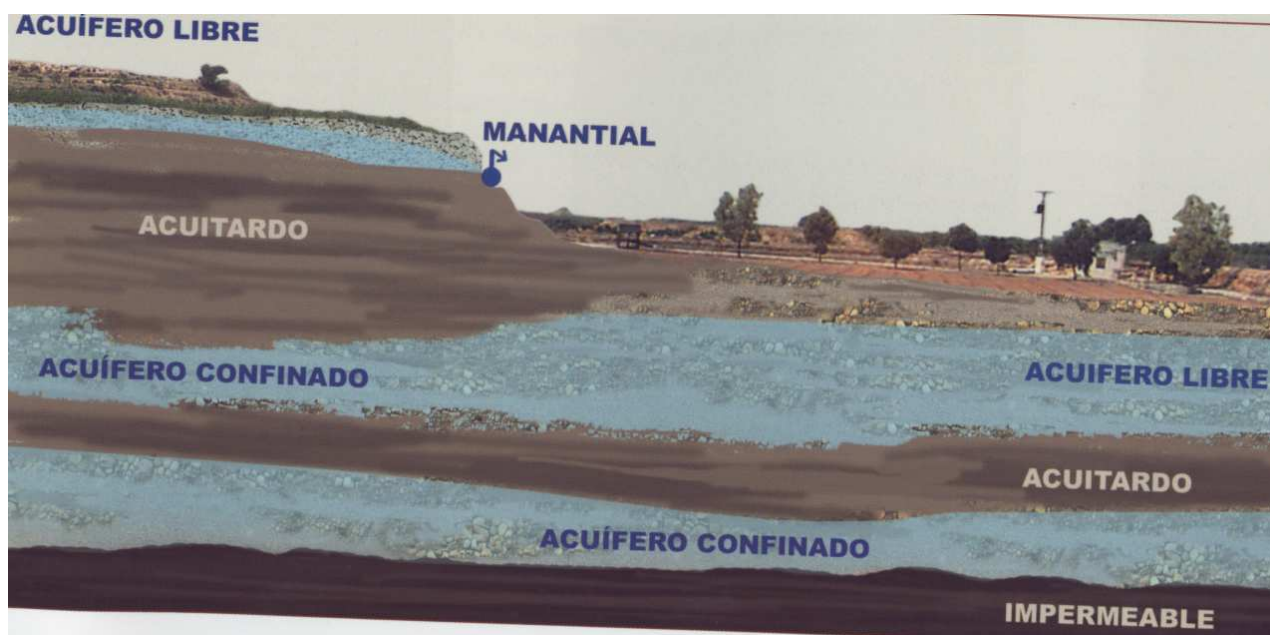


Figura 3.: Acuíferos libres y confinados (López, 2001)

Aspectos legales

En la República Argentina, de acuerdo a la Constitución Nacional, los recursos naturales, incluyendo el agua, corresponden al dominio originario de los Estados Provinciales.

El agua es considerada por el Código Civil de la Nación como un bien de dominio público. A su vez, el Código dispone que "...las personas particulares tienen el uso y goce de los bienes del Estado, de los Estados (Provincias), pero están sujetas a las disposiciones de éste código y a las ordenanzas generales y locales..."

Cada una de las Provincias de la República Argentina, posee su legislación y reglamentación particular para la administración de los recursos hídricos.

Sin embargo, los principios establecidos por el Código Civil de la Nación son válidos para todas las Jurisdicciones Provinciales, razón por la cual el acceso al agua subterránea para usos comunes (consumo de la familia, de los animales domésticos, etc.), es libre y puede realizarse su captación y aprovechamiento por métodos manuales, tal como el que se trata en esta guía.

La construcción de este tipo de obras, por el riesgo que significa para los operarios, debe ser supervisada por un profesional habilitado de acuerdo a la reglamentación vigente, que tendrá la obligación legal de cumplir y hacer cumplir las normas de seguridad durante la ejecución de la obra, que debe considerarse un trabajo en altura (Arroyo, 2010).

Estudios hidrogeológicos

La existencia de acuíferos aptos, su profundidad y la factibilidad técnica y económica de su captación y aprovechamiento, es objeto de estudio de profesionales de la Geología, especializados en la disciplina Hidrogeología.

Previo a la toma de decisión en relación a la construcción de un pozo excavado, es necesaria la realización de un estudio hidrogeológico por parte de profesionales idóneos.

Es muy importante, en los mencionados estudios, la evaluación crítica de la información existente acerca de los acuíferos de la región, los antecedentes de obras similares y toda otra información que permita acercarse al conocimiento de la hidrogeología local.

Los hidrogeólogos cuentan además con metodologías de investigación del subsuelo a través de la medición, desde la superficie, de las propiedades geofísicas de las formaciones geológicas en profundidad.

El resultado del estudio hidrogeológico debe permitir la evaluación de las probabilidades de encontrar agua subterránea, la estimación de la calidad físico-química del agua, la profundidad aproximada a la que se espera alumbrar el nivel freático y el sentido del flujo hídrico subterráneo.

Estas investigaciones permiten reducir el riesgo de fracaso en las obras de excavación o perforación en búsqueda de acuíferos, y asimismo facilitan la previsión de las condiciones de construcción, como los tipos de terrenos a atravesar y las posibles variaciones del nivel freático.

Aspectos sanitarios

Sobre la base de los estudios hidrogeológicos, debe evaluarse la conveniencia de realizar este tipo de obras en lugares poblados donde no existen sistemas de evacuación de excretas, o estos son deficientes, ya que la infiltración persistente de efluentes cloacales puede contaminar el agua del acuífero freático.

En zonas rurales, cuando la captación está destinada a provisión familiar, se debe prestar especial atención a la existencia de letrinas, pozos absorbentes, enterramiento de residuos, descargas de líquidos, corrales, etc. El emplazamiento del pozo excavado para acceder al agua freática deberá estar aguas arriba (en el sentido de flujo subterráneo), a una distancia tal que no afecte la calidad físico-química y microbiológica del agua a extraer.

Como en todos los casos de captaciones de fuentes naturales, el agua extraída de pozos excavados deberá ser tratada desde el punto de vista microbiológico. De acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, el agregado de cloro (dos gotas de lavandina por litro), permite reducir el contenido de microorganismos patógenos a los niveles tolerables recomendados por dicha institución.

GUIA PARA LA CONSTRUCCIÓN

DE POZOS EXCAVADOS Y CALZADOS

Los pozos excavados constituyen una de las técnicas más sencillas para acceder al agua subterránea contenida en acuíferos cercanos a la superficie del terreno.

Este tipo de obra es indicada especialmente para el aprovechamiento de acuíferos libres de bajo rendimiento, donde el pozo funciona como captación, pero al mismo tiempo como reserva para el almacenamiento de un volumen de agua que permita su extracción en forma manual o con algún sistema de impulsión.

Asimismo en acuíferos constituidos por rodados de gran diámetro o rocas que dificulten o encarezcan la construcción de pozos mediante maquinas de perforar, la excavación de pozos en forma manual es una alternativa para hacer viable el acceso al agua.

La profundización de un pozo en suelos, sedimentos y rocas poco consolidadas requiere, para seguridad de los operarios, que las paredes sean revestidas con una pared de hormigón, a medida que se avanza con la obra en profundidad.

La excavación y revestimiento se realiza metro a metro o sea que se excava un pozo de 1,40 m de diámetro hasta la profundidad de un metro, se dispone un encofrado cilíndrico (metálico y desmontable), de 1,10 m de diámetro y 1m de altura y se vacía el hormigón simple entre la pared de la excavación y el encofrado.

Resulta entonces una pared de revestimiento del pozo excavado, que tiene 0,15 m de espesor.

La operación de excavado y encofrado se repite metro por metro, hasta llegar al agua subterránea que se desea captar.

Una vez que la excavación llega al nivel freático, la profundización de la obra requiere desagotar el agua que ingresa al pozo mediante medios manuales o un equipo de bombeo, con el fin de continuar con el revestimiento de hormigón.

También pueden instalarse anillos de hormigón premoldeados, que se hacen descender desde la superficie y permiten evitar el desmoronamiento de las paredes del acuífero.

La profundidad más frecuente para estas captaciones es hasta 20 metros bajo la superficie. A una profundidad mayor, las condiciones de seguridad hacen desaconsejable la construcción de este tipo de obras.

El agua captada proviene de acuíferos libres, que frecuentemente poseen una elevada vulnerabilidad a los agentes contaminantes y en general presentan contaminación microbiológica. Por esta razón es imprescindible el tratamiento previo a la utilización.

La técnica de excavación y calzado simultáneo que se pone en valor en este trabajo, está difundida en algunas regiones de la Argentina y de Latinoamérica, pero se carece de una guía específica para la construcción de las captaciones, por lo que se propone la metodología que se expone a continuación.



Figura 4.: Captación de un acuífero libre mediante un pozo excavado (López, 2001).

1. Herramientas y equipamiento necesario

Para la excavación en sedimentos no consolidados se requiere pala, pico y barreta. En rocas consolidadas puede ser necesario incluir barrenos, cortafríos y mazas.

Para la extracción del material removido, se recomienda un balde de construcción de material plástico o mejor aún de lona y una cuerda de 20 mm y longitud adecuada.

La utilización de una cuerda con roldana, o bien de un torno en superficie, alivia en gran medida el trabajo de los operarios que deben extraer el material de profundidad.

La preparación del hormigón se ve facilitada cuando se dispone de una mezcladora motorizada, pero no es indispensable.

El encofrado que se utiliza frecuentemente en Argentina, es construido reciclando dos tambores cilíndricos metálicos de 200 litros, a los que se les retira fondo y tapa y se los abre mediante un corte longitudinal al eje del cilindro.

Quedan entonces dos moldes de pared semicilíndrica, que unidos mediante ataduras de alambre o mediante bulones, constituyen un molde cilíndrico de 0,96 m de altura y 1,1 m de diámetro.

Los moldes se preparan de tal manera que el borde superior posee una leve inclinación hacia el interior del pozo. De este modo se genera un resalto en el hormigón, que sirve posteriormente de apoyo para usos varios.

2. Preparación del predio

Antes de comenzar la obra, se debe realizar una limpieza de la superficie adyacente, en un radio no menor de 5 metros alrededor del pozo. Asimismo, se debe desmalezar las inmediaciones y realizar un cercado perimetral que impida el ingreso de personas y animales, para disminuir el riesgo de accidentes.

Debe tenerse prevista además una tapa provisoria, que deberá asegurarse al término de cada jornada de trabajo, con el fin de evitar accidentes.

3. Medidas de seguridad

Como en toda obra de construcción, el personal debe estar capacitado en las normas de seguridad vigentes para la actividad, que en este caso particular se considera como trabajo en altura (PEN 1996, Decreto 911).

Los operarios deben disponer de elementos de protección personal (EPP) casco, guantes de cuero y de goma, anteojos en caso de utilizar barrenos, cortafrío y maza.

Se recomienda la utilización de cuerdas en buen estado y grosor no menor a 20 mm. Asimismo debe asegurarse que el balde de extracción de material esté firmemente atado a la cuerda (no utilizar “ganchos” de acero).

Los detritos extraídos de la excavación deberán ser dispuestos a una distancia mínima de 10 m de la misma, a bien de no sobrecargar el suelo en las inmediaciones del pozo, así como para mantener despejado la zona perimetral a la obra.

A medida que se va profundizando la excavación, aumenta el riesgo de accidentes por caídas de objetos dentro del pozo. Se recomienda el uso de un “medio techo” de madera, que consiste en una tabla semicircular, con un diámetro tal que permita su instalación dentro del pozo, asentando en el reborde que queda en la parte superior de cada etapa de cementación.

Se deberá disponer un trípode en la boca del pozo, que permita la instalación de un dispositivo de elevación (malacate o aparejo), con el fin de subir a un operario desde el fondo a la superficie, en caso de necesidad o accidente.

Los operarios deberán utilizar arnés y cabo de vida, para permitir su elevación a superficie mediante el dispositivo instalado en el trípode en superficie.

De acuerdo a la reglamentación vigente, las medidas de seguridad en la construcción, deben estar **supervisadas por un profesional competente**, de acuerdo a la reglamentos vigentes en la jurisdicción provincial.

4. Inicio de la obra

Como primera medida se realiza una excavación de 1,4 m de diámetro y 0,9 m de profundidad. Se instalan los dos moldes semicilíndricos y se procede a su fijación, para posteriormente vaciar el hormigón en el espacio anular, generando una pequeña pared de hormigón de 10 cm por sobre la superficie. Este desnivel tiene por objeto disminuir el riesgo de ingreso de agua o de otros elementos al pozo.



Figura 4.: Primera etapa de cementación, hormigón vaciado desde 0,9 m de profundidad hasta 10 cm sobre la superficie.

Para el revestimiento de la pared se requiere un volumen de aproximadamente 0,60 m³ de hormigón simple:

$$V = \pi/4 (D^2 - d^2) * H$$

V = volumen

D = diámetro de la excavación

d = diámetro del encofrado

H = altura del encofrado

5. Profundización

Una vez realizado el primer metro de excavación, se colocan los moldes de tal manera que, entre la pared del pozo y el encofrado, queden 15 cm de espacio para el vaciado del hormigón.

En los primeros metros pueden realizarse dos etapas por día, si se comienza muy temprano a la mañana y se cementa de tal modo que el tiempo de fraguado permita iniciar un segundo tramo por la tarde.

A medida que se avanza en profundidad, el ritmo normal es de un metro por día.

Una vez que se retira el molde, pueden instalarse escalones de hierro, para facilitar el ascenso y descenso. Estos escalones pueden confeccionarse con hierro de construcción de 20 mm de sección y empotrarse convenientemente en las paredes del pozo (ver figuras 6 y 7)



Figura 5.: Moldes colocados en el segundo tramo de excavación

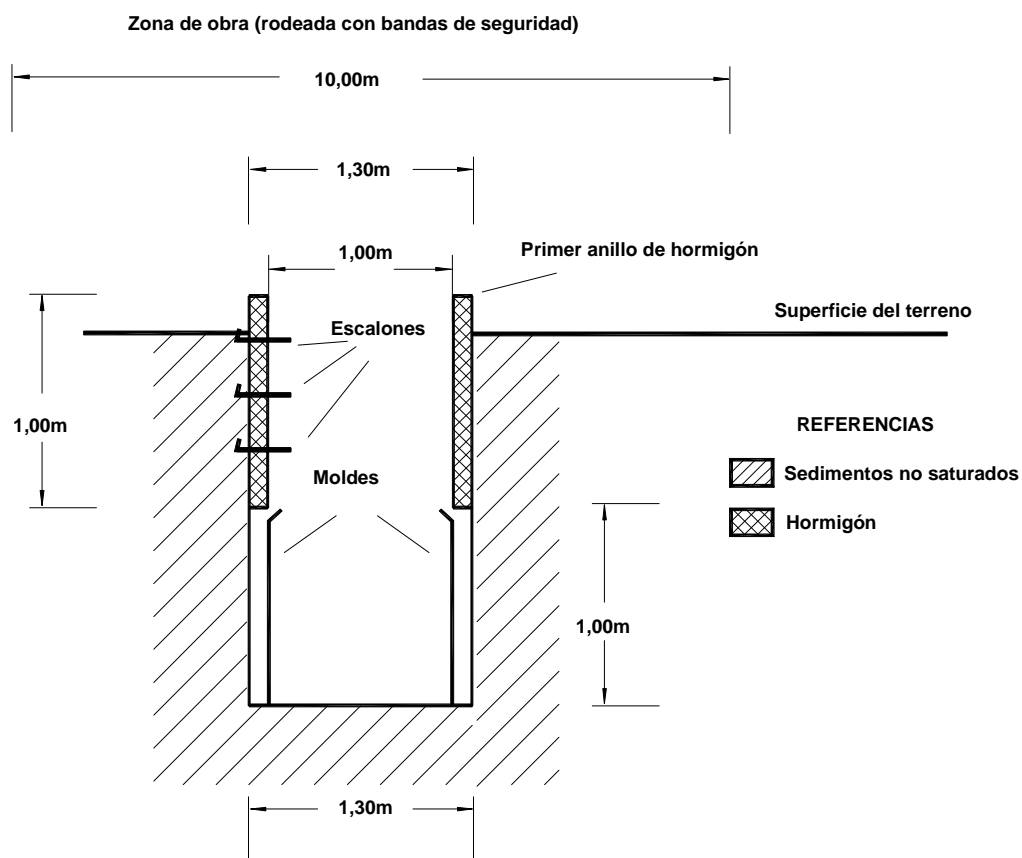


Figura 6.: Corte longitudinal, en el que se muestra el primer metro hormigonado y la colocación de los moldes en el segundo tramo de excavación.

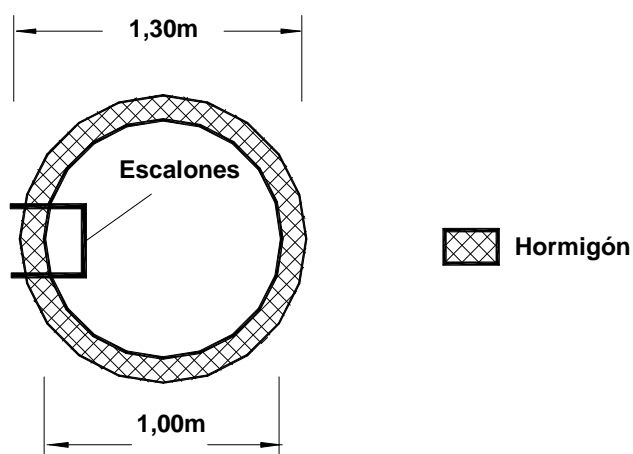


Figura 7.: Vista en planta: disposición de los escalones.

6. Hormigón

Preparación

El mortero se preparará con una proporción de 5 unidades volumétricas de ripio arenoso por cada unidad de cemento portland. Se agregará la cantidad de agua adecuada para obtener una mezcla homogénea que permita el vaciado del hormigón entre la pared de la excavación y el molde. La dosificación del hormigón dependerá de los materiales zonales y deberá ser supervisado por un profesional competente (Luna, 2010).

Resistencia de la pared de hormigón del pozo a la presión del suelo.

Debe tenerse en cuenta que la resistencia del tubo de hormigón está dada por la resistencia del material, espesor y forma circular, por lo que deberá controlarse particularmente dichas variables (Arroyo, 2010).

La tabla siguiente muestra los valores de presiones admisibles para pared de hormigón simple:

Diámetro exterior [m]	Espesor [cm]	Sección [m ²]	Resultante rotura [t]	Presión de rotura [t/m ²]	Presión admisible [t/m ²]
1	10	0.2	160	160	64
1	12	0.24	192	192	76.8
1	15	0.3	240	240	96
1.2	12	0.24	192	160	64
1.2	15	0.3	240	200	80
1.4	12	0.24	192	137.14	54.86
1.4	15	0.3	240	171.43	68.57

Hormigón H8 f_{ck} [Mpa] 8
Factor de seguridad 2.5

Tabla 1.: Presiones de rotura y admisible de paredes de hormigón del pozo, de distintos espesores y diámetros. Fuente: Arroyo(2010).

Presión lateral del suelo

El suelo va a ejercer presión lateral que debe ser soportada por la pared del pozo. Esta presión puede ser de tres tipos distintos:

- Presión horizontal del suelo en reposo, cuando la pared no puede desplazarse.
- Presión activa del suelo, si la pared pudiera desplazarse hacia dentro del pozo. En este caso, la presión sobre la pared a cualquier profundidad decrecerá respecto del caso anterior.
- Presión pasiva del suelo, si la pared pudiera desplazarse hacia el suelo.

Debido la forma cilíndrica de la pared de hormigón del pozo, ésta no puede desplazarse, por lo que la presión que va a actuar es la presión horizontal del suelo en reposo, la que se puede calcular con la expresión siguiente (Das, 2001):

$$P_{hor} = K_0 * P_e * H \quad (1)$$

Donde:

P_{hor} : Presión horizontal sobre el suelo, $[Tn/m^2]$

K_0 : Coeficiente de presión del suelo en reposo, donde $K_0 = 1 - \tan^2 \varphi$

φ : Ángulo de fricción

P_e : Peso específico del suelo, $[Tn/m^3]$.

H: Profundidad del pozo, [m].

Para las arenas el ángulo de fricción varía entre 26 y 45°, aumentando con la compactación relativa de compactación (Das, 2001), así como con la proporción de material sedimentario cohesivo.

Suelo	Angulo de fricción	K_0	Densidad (t/m^3)	Profundidad (m)	Presión Horizontal (t/m^2)
Arena uniforme	20	0,658	2	20	26,3
Arena limosa	25	0,577	2	20	23,1
Arena limo-arcillosa	30	0,500	2	20	20,0
Arena arcillosa	45	0,293	2	20	11,7

Tabla 2.: Presiones horizontales de suelo para diferentes tipos de sedimentos.

Como se advierte en la Tabla 2, la presión horizontal máxima se da en las arenas uniformes no saturadas, que a los 20 m de profundidad pueden generar a fuerza de 26,3 t por m^2 .

Teniendo en cuenta el valor más bajo de resistencia de la pared de hormigón de la Tabla 1 es de 54,86 t/m^2 , puede considerarse que el revestimiento metro a metro de la excavación es suficiente para resistir el empuje lateral del suelo, aún con el perfil litológico más desfavorable, como sería el caso de un terreno compuesto por arenas uniformes no saturadas.

7. Acceso al nivel freático

La profundidad a la que se encuentra el nivel freático es muy diversa, en función de las características hidrogeológicas del lugar.

El tipo de sedimento o roca que conforma el acuífero, la porosidad y permeabilidad del mismo, la forma en que el agua de lluvia o los cuerpos de agua recargan el acuífero, las variaciones estacionales o anuales de la recarga, hacen que sea difícil predecir la profundidad del nivel freático.

Por esta razón es importante contar con un estudio hidrogeológico previo al comienzo de la obra, con el fin de efectuar las previsiones de materiales, condiciones de seguridad, plazo de ejecución, etc.

A medida que se profundiza la excavación, poco antes de llegar al nivel freático, comienza a aumentar la humedad del terreno.

Una vez que se alcanza el nivel freático, cada palada que se extrae del fondo del pozo se rellena con agua que fluye y reponen el material extraído.

En acuíferos muy permeables y productivos, bastará con profundizar un metro por debajo del nivel freático, de manera que el propio pozo actúa como reservorio de aproximadamente 1000 litros de agua.

Durante la excavación del pozo, debe prestarse especial atención al ingreso de material granular suelto del acuífero, ya que podría producirse un fenómeno de “sifonaje”. Este proceso puede representar un peligro para los operarios, por la posibilidad de derrumbes durante la construcción (Luna, 2010), por lo que se deberá prever la colocación de anillos de hormigón premoldeados.

8. Anillos de hormigón premoldeados

En caso de que las paredes de la excavación se derrumben imposibilitando la cementación del último tramo, pueden disponerse anillos de hormigón premoldeados, de 0,8 m de diámetro, disponibles en el mercado.

Estos anillos poseen una altura de 0,25 a 0,5 m, y están dotados de encastrados que permiten su instalación uno sobre otro de manera estable y sin necesidad de elementos de fijación. Para su instalación se utilizará un malacate o aparejo, sostenido con un trípode en superficie.

9. Filtro de grava

En la mayor parte de los pozos excavados, el agua ingresa por la base del pozo, por lo que es conveniente disponer grava (ripio lavado) en el fondo de la excavación, de manera que el material suelto del acuífero no ingrese al pozo, ya que puede enturbiar el agua o bien dañar el sistema de bombeo y hasta causar el derrumbe del pozo.

Cuando la cementación atraviesa todo el espesor del acuífero y el agua ingresa por las paredes del pozo, es conveniente instalar anillos de hormigón premoldeados, colocando la grava en el espacio anular entre las paredes de la excavación y los anillos.

En caso de que el acuífero esté conformado por arena, la colocación del filtro de grava en el fondo es imprescindible.

Los granos de grava deben tener un tamaño tal que permitan la entrada del agua e impidan el ingreso de los sedimentos que conforman el acuífero.

Los poros que genera una grava de tamaño uniforme, poseen un tamaño de entre 4 y 5 veces más pequeño que el diámetro de los granos:

Esta porosidad actúa como filtro natural y retiene las partículas más gruesas del acuífero fuera del pozo.

Para elegir el intervalo de tamaños máximo y mínimo de los granos que conforman el filtro de grava, se debe analizar el tamaño de los granos del acuífero.

Existen varios métodos para calcular el tamaño del filtro de grava en función del tamaño de los granos del acuífero. En la Tabla 1 se han calculado, mediante el método de Nold (Custodio y Llamas, 1996) los diámetros mínimo y máximo de las gravas para cada tipo de acuífero.

Acuífero		Filtro de Grava
Denominación	Tamaño de grano	
Arena muy gruesa	1 a 2 mm	6 a 8 mm
Arena gruesa	0,5 a 1 mm	3 a 4 mm
Arena mediana	0,25 a 0,5 mm	1,5 a 2 mm
Arena fina	0,125 a 0,25 mm	0,75 a 1

Tabla 3.: Filtros de grava en función del tamaño de grano del acuífero, calculado mediante método de Nold

La grava debe ser de origen natural, limpia, los clastos deben poseer un alto grado de redondeamiento, con menos del 10% de granos planares u oblados, y menos del 5 % de granos calcáreos o terrosos.

10. Desarrollo

Una vez colocado el filtro de grava, y especialmente cuando el acuífero esté conformado por sedimentos finos, las partículas de tamaño menor (arena muy fina, limo y arcilla), que se encuentren en las inmediaciones del filtro de grava, deberán ser removidas en un procedimiento denominado desarrollo.

Este procedimiento tiene por objeto generar una gradación en el material que conforma el acuífero, para que durante la operación normal del pozo, no ingrese material fino que enturbie el agua extraída.

11. Protección sanitaria

Los pozos excavados deben contar con un cerco perimetral que impida el acceso de personas y de animales.

Debe disponerse una impermeabilización de la superficie con un radio no menor a 5 metros. Esta superficie impermeable puede lograrse mediante una platea de hormigón de 10 cm de espesor, o bien por una capa de arcilla de 0,3 m de espesor, convenientemente apisonada.

Es conveniente construir un brocal de 1 metro de alto e instalar una tapa de metal u hormigón armado, que permita un cierre seguro, impidiendo la abertura del pozo por personas no preparadas para su operación.

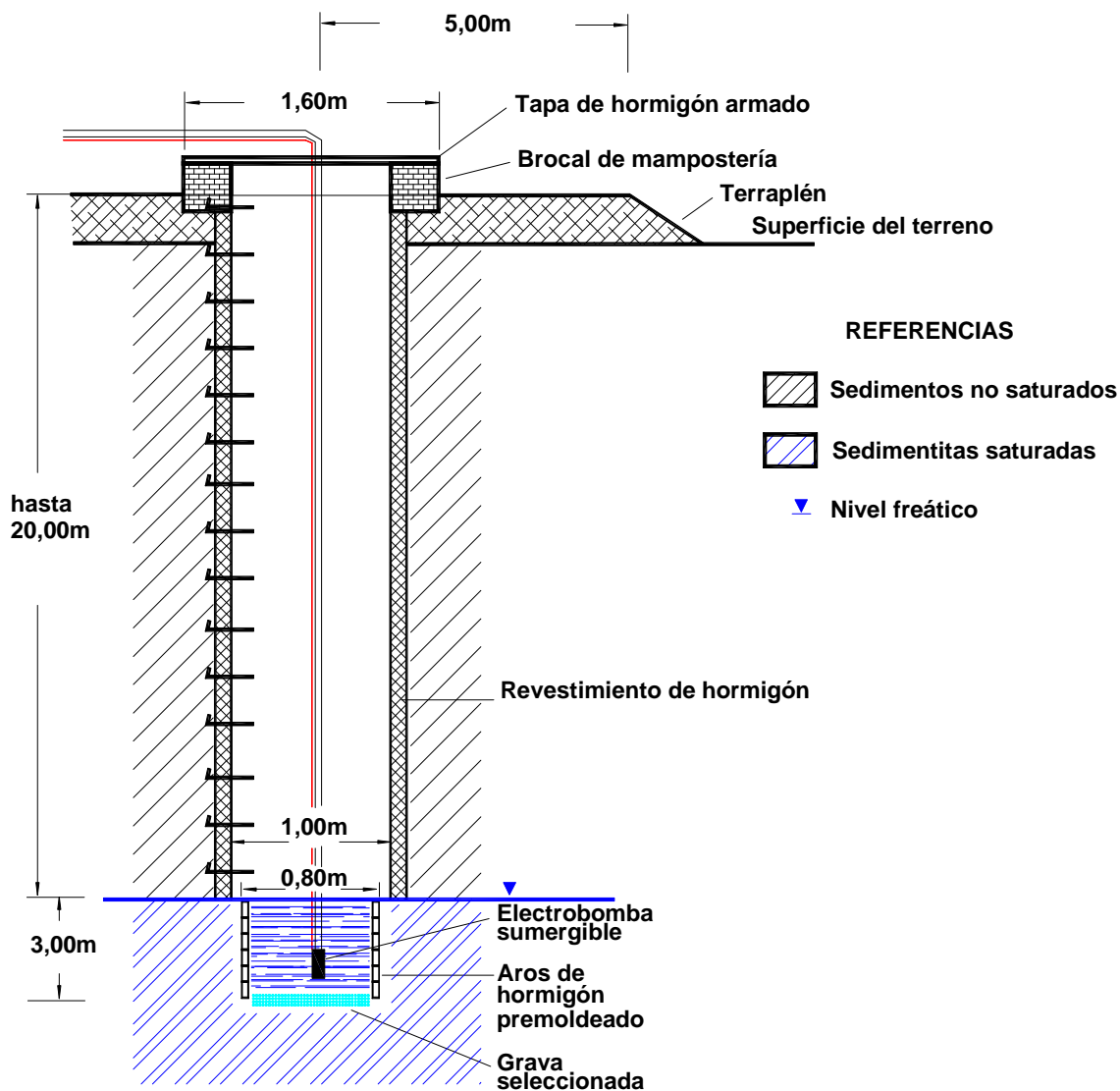


Figura 8.: Croquis de vista en corte de un pozo excavado y calzado con revestimiento de hormigón y aros premoldeados en la zona saturada.

BIBLIOGRAFIA

ARROYO, O. (2010). Presiones en tubos de hormigón. Comunicación Interna INTI Construcciones. PTM Buenos Aires.

CUSTODIO E y LAMAS M.R. (1996). Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Segunda Edición Corregida. Editorial Omega S.A. Barcelona.

DAS, B.M. (2001) Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4ª. Edición, Ed. Thomson. México

LOPEZ GETA, J.A., FORNES, J.M. RAMOS, G. y VILANOVA, F. (2001). Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico Minero de España. Madrid.

LUNA, F. (2010). Observaciones realizadas a la guía técnica para la construcción de pozos excavados para captación de agua subterránea (Baudino 2010). Comunicación Interna INTI Construcciones. PTM Buenos Aires.

MERLINO, D. (2011) Observaciones realizadas a la guía técnica para la construcción de pozos excavados para captación de agua subterránea (Baudino 2010). Comunicación Interna INTI Seguridad. PTM Buenos Aires.

PODER EJECUTIVO NACIONAL (1996). DECRETO 911: Higiene y Seguridad en la Industria de la Construcción. www.infoleg.mecon.gov.ar.