

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR



GUÍA PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Director: Kaleb Villalobos Brochel

Elaboración: Abril de 2009

1era Revisión: Agosto de 2013



PRESENTACIÓN

El presente documento es fruto del trabajo conjunto de los funcionarios del área técnica de la Corporación Autónoma Regional del Cesar, y pretende servir de orientación para aquellos que hacen uso del agua subterránea, ya sea para aplicarla a consumo humano, doméstico, agrícola, industrial u otro,

El agua subterránea es uno de los principales recursos naturales que, aunque oculto a la vista, provee de vital sustento al ecosistema al ofertar grandes volúmenes que, no obstante, deben ser cuidados para evitar su deterioro en cantidad y, sobre todo, en calidad.

La Corporación Autónoma Regional del Cesar ha desarrollado una importante acción encaminada al conocimiento del agua subterránea, desde hace varios años, para lo cual ha contado con la valiosa colaboración y orientación de INGEOMINAS e IDEAM, uno de cuyos frutos es la presente GUÍA PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, la cual se ofrece a la comunidad como un medio para que los diversos usuarios, particulares, institucionales (en especial las personas prestadoras del servicio de acueducto), tanto en el ámbito urbano como el rural, puedan desarrollar una labor de vigilancia sobre el comportamiento de este importante recurso natural.

Kaleb Villalobos Brochel
Director General

Funcionarios que participaron, con su esfuerzo en las labores de campo, en la elaboración de la presente Guía:

Antonio Hinojosa
Carlos Andrade
Germán Bolaño
Wilson Jácome
Nasires Llamas
José Ustariz
Luis Quintero
Consuelo Villero
Carlos Carmona
Rafael Contreras
José Avendaño
Carlos Chaparro
Cristo Ortiz

Miguel Freyle
Joaquín Bermúdez
Gabriel Quiñónez
Gala López
Jonás Ortiz
Rocío Viloria
Arles Linares
Alex Ospino
Alfredo Gómez
Luis Suárez
Natalio Gómez
Jorge Armenta

Redacción de la Guía: Jorge Alberto Armenta Jiménez, Ingeniero Civil, Corpocesar

GUÍA PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

1. Introducción.

El agua es parte vital del entorno natural, y la base para el funcionamiento de cada una de las partes del ecosistema. Animales, plantas, atmósfera y, aún, recursos no renovables, dependen de la adecuada calidad y cantidad del agua, al ser esta un agente para el intercambio de energía entre los distintos componentes del ambiente.

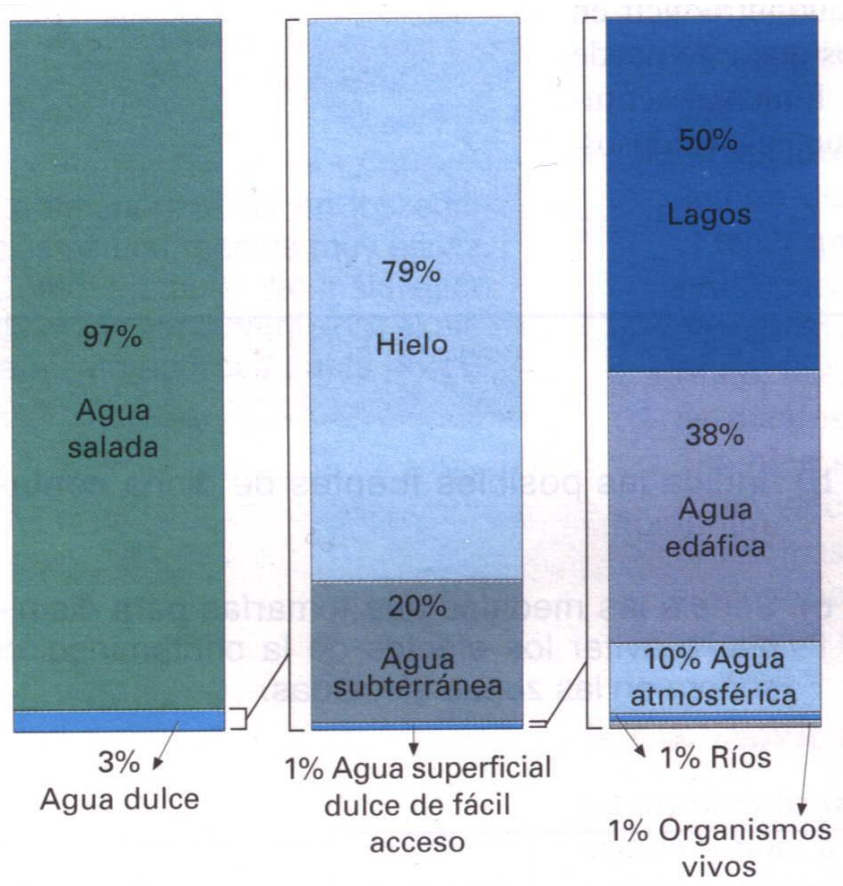
El recurso hídrico se manifiesta en varios estados: hielo, nieve, líquido y vapor. La parte más fácilmente aprovechable es la líquida, la cual, no obstante, se presenta en dos clases: agua líquida salada (principalmente en los océanos) y agua líquida dulce. El agua líquida dulce se manifiesta en forma superficial (como en ríos y lagos) y subterránea (como en las reservas ubicadas debajo de la superficie de la Tierra). En la figura 1 se ilustra el ciclo que experimenta el recurso hídrico y cómo el agua subterránea es parte integral del mismo, al circular por debajo de la superficie del terreno luego de infiltrarse en él desde dicha superficie.



Figura 1. Ciclo del agua en el entorno natural

Durante este ciclo, el agua se va distribuyendo en sus diversas fases en cada parte del ecosistema. En la figura 2 se ilustra la proporción existente entre las diversas fases del agua, concluyéndose que el agua subterránea existe en mucha mayor cantidad que las demás fases, sin embargo, al ser este un recurso no visible, presenta mucha mayor dificultad para su aprovechamiento racional que las demás clases de agua.

Del total del recurso hídrico del planeta, el 0.0237% es el hielo en polos y glaciares (las técnicas para extraer agua de los hielos aún están en desarrollo y su costo es muy alto para ser rentable a la sociedad), el 0.006% está en forma subterránea, mientras que el 0.00003% está en forma superficial en la atmósfera, ríos, lagos y en la primera capa del suelo (agua edáfica), el resto, está en el mar.



A pesar de que a diario, el ser humano tiene relativamente fácil acceso al agua superficial, es indiscutible su dependencia del agua subterránea si se reflexiona sobre los siguientes aspectos: este recurso, al ser parte integral del entorno natural, a pesar de no tener manifestaciones tan evidentes e inmediatas como los demás recursos naturales (agua superficial, suelo, aire, fauna, vegetación) sí influye definitivamente en la estabilidad de los ecosistemas por cuanto se constituye en el receptor de los efectos de las actividades que se desarrollan en la superficie de la Tierra, tales como los vertimientos de aguas residuales y la disposición de residuos sólidos en forma no técnica, los derrames no controlados de líquidos, la aplicación indiscriminada de químicos en la agricultura e industria, la remoción de suelo y subsuelo en la minería, la construcción de obras civiles, el aprovechamiento de aguas para beneficio de acueductos, entre otras, todas las cuales intervienen en mayor o menor grado la calidad y la cantidad de las aguas subterráneas. Por ello, el agua subterránea debe ser objeto de monitoreo permanente, tanto por parte de las entidades de gobierno como por los particulares que hacen uso o impactan sobre dicho recurso.

En virtud de lo anterior se considera importante que el seguimiento o monitoreo se lleve a cabo de manera tan detallada y frecuente como sea posible. A continuación se ofrece una guía técnica, sencilla y aplicación práctica, en la que se han incluido las acciones que, con un mínimo de requerimientos, facilitan la labor de monitoreo del agua subterránea.

Diccionario.

Acuífero: formación geológica permeable, cuya estructura permite el almacenamiento y el movimiento del agua a través de ella. Los acuíferos pueden ocupar grandes extensiones y ubicarse a varios metros o centenares de metros de profundidad. Constituyen, así, almacenamientos de agua en forma subsuperficial por lo que el agua contenida en ellos corresponde al agua subterránea.

Pozo profundo: orificio abierto en el suelo mediante una perforación, generalmente vertical, con el fin de transportar agua subterránea a la superficie de la tierra. En su construcción se utilizan equipos de perforación mecánica tales como taladros, su diámetro alcanza normalmente hasta las 12 pulgadas – 30 cm - y su profundidad supera la mayor parte de las veces los 50 metros. Su revestimiento es de PVC, hierro o acero.

Aljibe: es un pozo de diámetro superior a 30 ó 40 cm (normalmente 1 a 1.5 metros) y cuya profundidad no supera los 40 a 50 metros. Su construcción generalmente se lleva a cabo por métodos manuales. Su revestimiento generalmente es de concreto o ladrillo.

Manantial: sitio en el cual el agua subterránea aflora en la superficie del terreno sin necesidad de perforar un pozo. Comúnmente constituyen las zonas de nacimiento de las corrientes superficiales de agua.

Nivel estático: (Ne) posición que ocupa el agua subterránea en estado natural. Se expresa mediante la distancia medida desde la superficie del terreno hasta la superficie del agua en el subsuelo. En un pozo corresponde a dicha distancia cuando el equipo de bombeo no se encuentra en funcionamiento.

Nivel dinámico (nd): posición que ocupa el agua subterránea, generalmente en un pozo, cuando se encuentra en funcionamiento el respectivo equipo de bombeo.

Profundidad (P): distancia desde la parte superior del pozo hasta el fondo de la perforación o del entubado (tubo instalado dentro del pozo)

Sonda, Sensor: equipo, manual o automático, para la medición de niveles y de la calidad del agua subterránea

Sistema de Posicionamiento Global: conjunto de equipos, personas e información que, actuando de manera conjunta, permiten determinar la posición (coordenada) de un punto sobre la superficie del planeta.

Potencial de hidrógeno, pH: medición del contenido de hidrógeno en solución. Se mide en una escala de 1 a 14. Las aguas ácidas tienen pH menores que 7, las aguas neutras tienen pH igual a 7 (a una temperatura de 25°C) y las aguas alcalinas o básicas tienen pH mayores a 7. El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 9

Conductividad eléctrica, CE: variable utilizada para la medición de la disolución de sólidos en el agua. Su valor aumenta con el aumento del contenido de sales en el agua y se mide en ohmios/cm o en su equivalente siemens/cm (o en sub unidades como microsiemens/cm). El agua para consumo humano debe tener una conductividad eléctrica máxima de 1000 microsiemens/cm. El agua potable normalmente tiene una conductividad eléctrica de alrededor de 100 microsiemens/cm.

Hidrogeoquímica: ciencia que trata acerca de la calidad del agua subterránea.

Boca del pozo (H): parte superior del pozo. Generalmente está constituida por la porción del tubo instalado, que es visible sobre la superficie del terreno.

Diámetro (D): dimensión transversal máxima de la perforación realizada al momento de construir el pozo. También se puede determinar el diámetro del tubo de revestimiento con que se ha dotado al pozo o aljibe.

Cota del pozo: altura del terreno inmediatamente circundante al pozo, sobre el nivel de referencia (generalmente el mar).

Cota de la boca del pozo: altura de la boca del pozo, sobre el nivel de referencia (generalmente el mar).

Radio de influencia: cuando se tiene en operación el equipo de bombeo en un pozo, el agua subterránea desciende; dicho descenso es menor a medida que el observador se aleja desde el pozo en forma horizontal. Así, el radio de influencia de un pozo corresponde a la distancia medida, sobre la superficie del terreno, desde dicho pozo hasta la zona en que no se tiene descenso del agua subterránea como consecuencia del bombeo.

Tubería de revestimiento: tubo (de PVC, hierro, acero) que se instala dentro de la perforación que constituye el pozo. En el caso de aljibes, normalmente está fabricada de concreto o ladrillo, aunque existen en madera o, simplemente, no tienen revestimiento alguno.

2. Por qué es importante medir la variación de los niveles del agua subterránea?

De manera general, cuando el agua almacenada en un recipiente es extraída (por ejemplo con un pequeño tubo o manguera), el volumen almacenado en él disminuye, disminuyendo así el nivel del líquido. Si durante la operación de extracción se adiciona agua al recipiente con la misma rapidez con que esta se extrae, el volumen y el nivel de agua en el recipiente no varían, ya que hay un equilibrio entre lo extraído y lo adicionado.

Si se adiciona con una mayor rapidez de la que se extrae, el volumen y el nivel de agua aumentarán gradualmente dentro del recipiente. Si, por el contrario, se extrae

agua con una menor proporción de la que se adiciona al recipiente, el volumen y el nivel disminuirán gradualmente hasta agotarse.

Cuando un pozo o grupo de pozos es sometido a bombeo, se tiene como consecuencia el descenso del agua subterránea. Es como si se extrajera agua de un recipiente a través de una o varias mangueras. En la naturaleza el recipiente está constituido por el acuífero en explotación, la extracción de agua se hace a través de los pozos con equipos de bombeo y la adición de agua se tiene con los aportes provenientes del ciclo hidrológico, generalmente por infiltración desde la superficie del terreno (ver Figura 1). De manera general, si en una región en particular se tiene mayor cantidad de agua aportada o adicionada (en forma de lluvia y por los ríos) que la que se extrae del acuífero, hay recarga hídrica (el volumen y el nivel de agua en los acuíferos aumentarán); si la cantidad de agua extraída del acuífero es superior al agua aportada o adicionada (en forma de lluvia y por los ríos), hay sobre explotación (el volumen y el nivel de agua en los acuíferos disminuirán). Por lo anterior, es importante conocer si en la zona geográfica de interés se está ejerciendo sobreexplotación de agua subterránea, ya que de ser así, se tendrán efectos sobre la vegetación superficial (se contribuye a la desertificación), las corrientes de agua superficiales (secamiento de drenajes), afectación de infraestructura (hundimiento del terreno en suelos arcillosos), entre otras consecuencias posibles.

El comportamiento del agua subterránea se puede conocer a través de la medición de la variación de los niveles que ocupa, ya sea en un sitio específico o regionalmente. El presente documento se constituye en una guía técnica para que las personas interesadas lleven a cabo el seguimiento a las principales variables que describen el comportamiento del recurso hídrico subsuperficial. En lo sucesivo, y para generalizar, en el presente documento, el término pozo se referirá tanto a un pozo profundo como a un aljibe, a menos que se especifique cuando ello sea necesario. En las figuras 3 y 4 se ilustran los principales elementos a medir durante el seguimiento (niveles, diámetro, altura de la boca del pozo y profundidad). Estas evaluaciones se deben hacer a lo largo de por lo menos un ciclo hidrológico completo (en Colombia, generalmente, un año), para hacer la comparación de manera efectiva, con lo que se tiene que se deben hacer las mediciones comenzando cada año en la misma fecha (por ejemplo, todos los 15 de abril, de cada año).

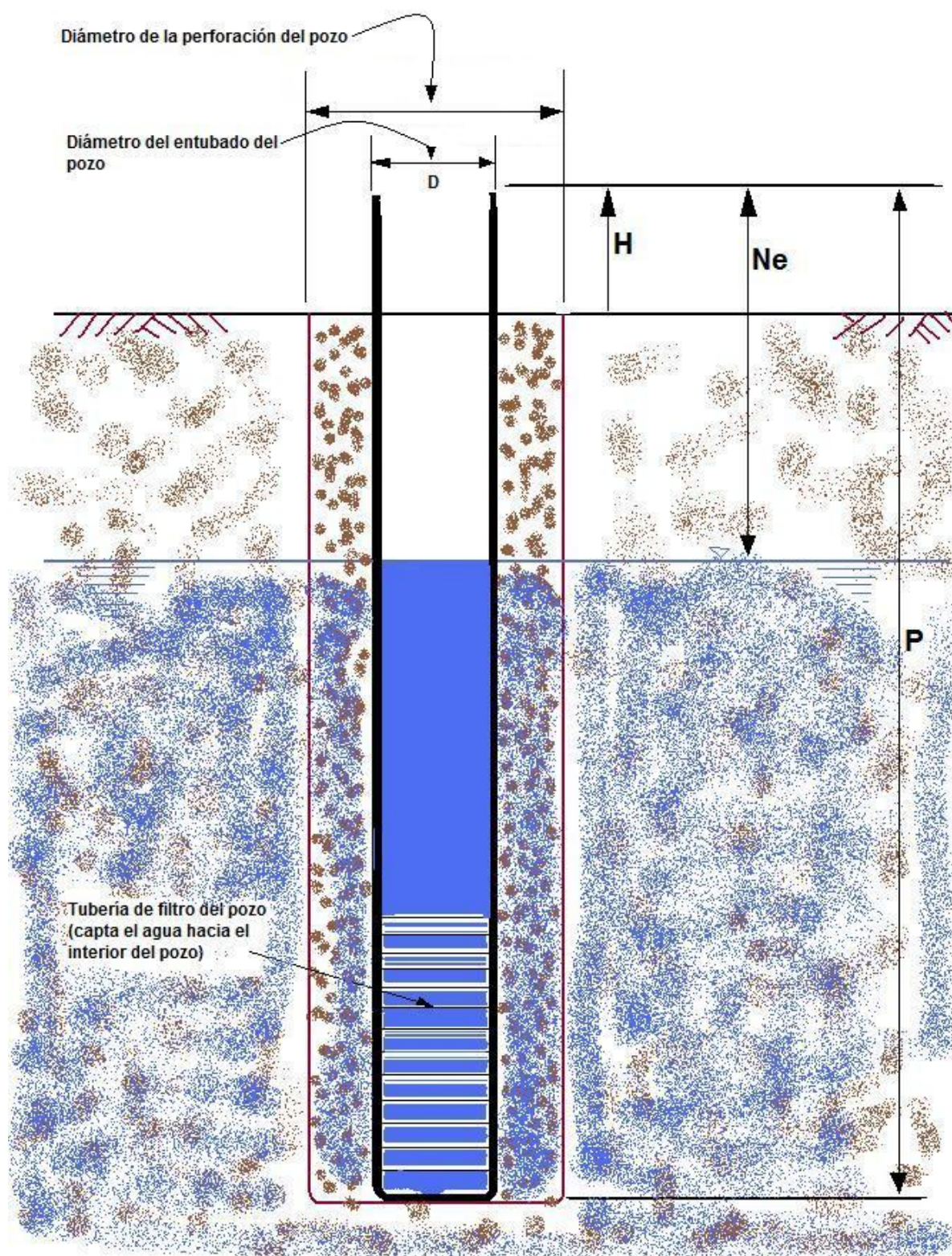


Figura 3. Características a medir durante el monitoreo de aguas subterráneas (sin bombeo).

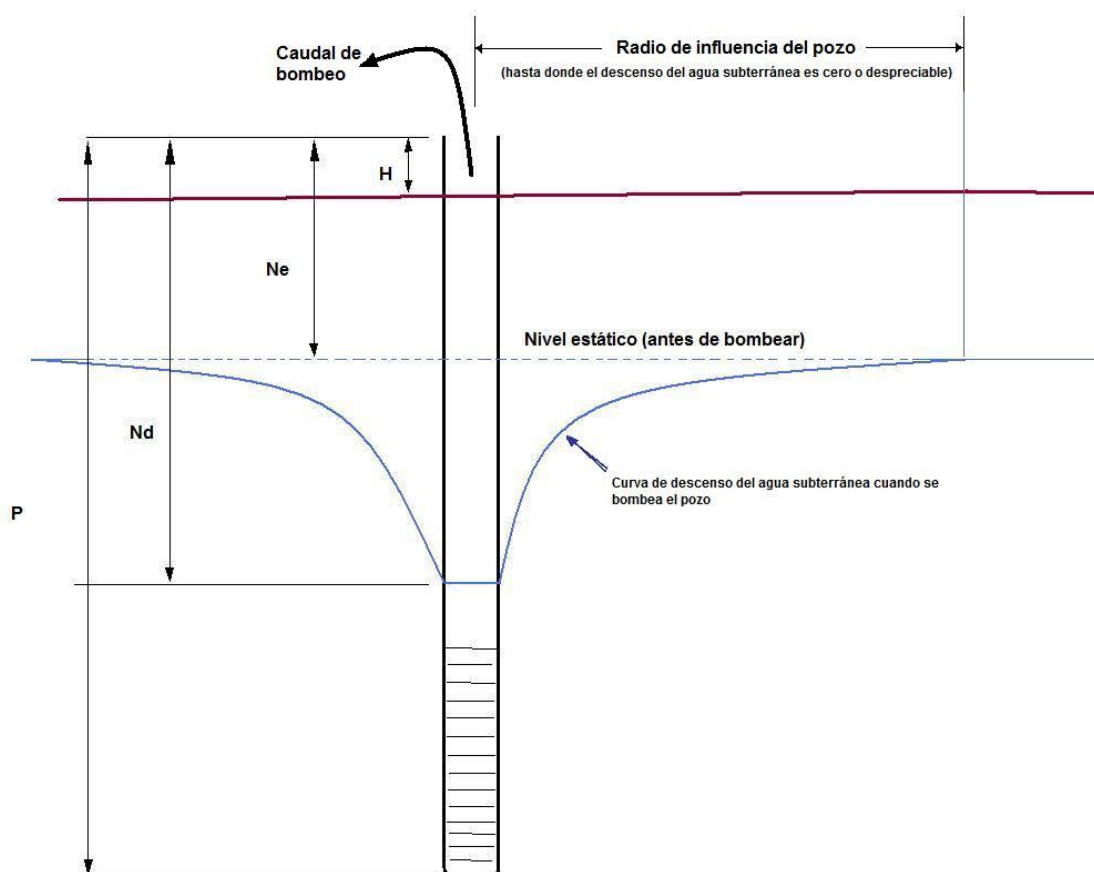


Figura 4. Características a medir durante el monitoreo de aguas subterráneas durante el bombeo en pozos profundos. Las mediciones se llevan a cabo en el pozo de bombeo

En ocasiones se dispone de uno o varios pozos de observación o piezómetros, en los cuales realizar las mediciones de nivel. Estos pozos pueden estar contruidos a varias distancias del pozo de bombeo, con lo cual se podrá evaluar la influencia de dicho bombeo sobre los alrededores. Así mismo, tales piezómetros podrán servir para medir las variaciones del nivel y de la calidad del agua subterránea como consecuencia de las actividades que en la región impactan sobre el agua subterránea (acueductos, alcantarillados, disposición de aguas residuales y residuos sólidos, agroindustria, minería a cielo abierto o subterránea, etc.), así como para la determinación de las propiedades hidráulicas del acuífero de interés. Se debe tomar atenta nota de la distancia entre el pozo de bombeo y el pozo de observación, o entre los lugares de desarrollo de las actividades aludidas y el pozo de bombeo, para proceder a calcular las diversas propiedades hidrogeológicas del acuífero intervenido si en el estudio se desea tener tal alcance.

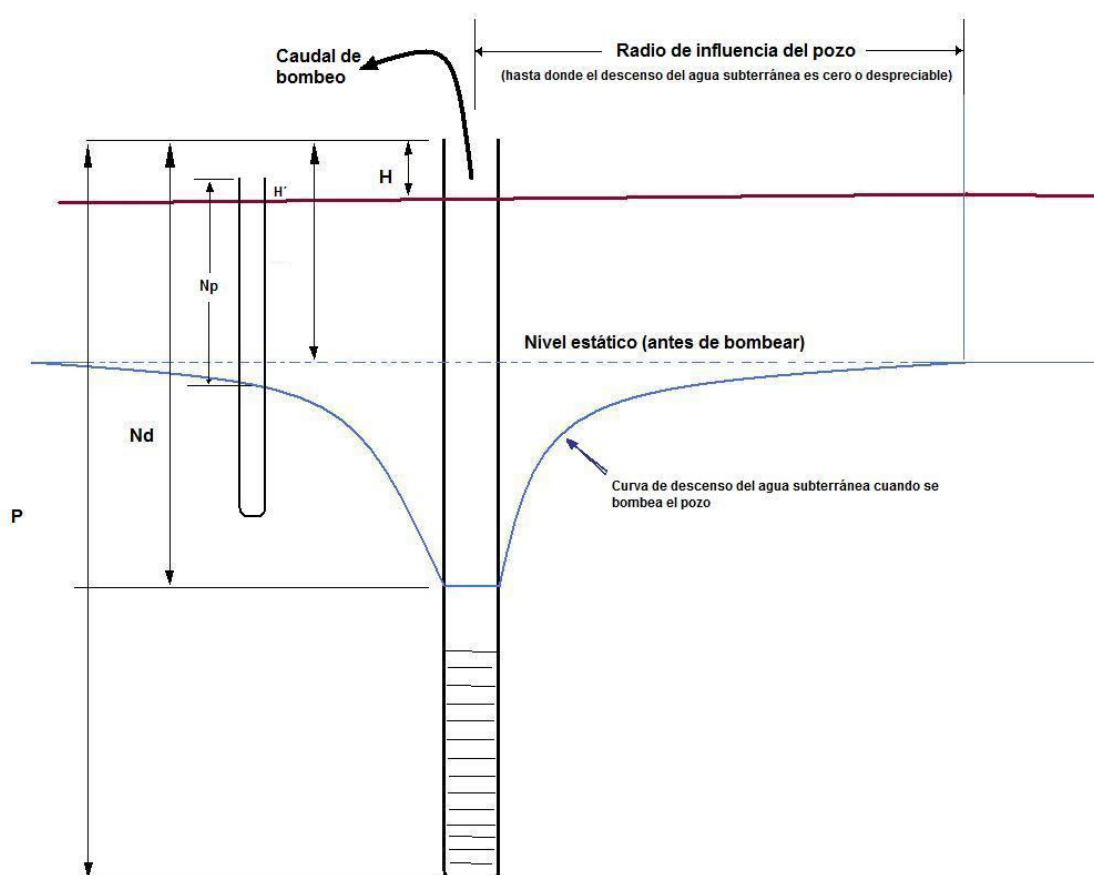


Figura 5. Características a medir en un piezómetro, durante el monitoreo de aguas subterráneas durante el bombeo en pozos profundos. Las mediciones se llevan a cabo en el piezómetro o pozo de observación.

En la Figura 5, se observa una representación de un pozo de bombeo, en cuya proximidad se ha construido un pozo de observación o piezómetro, en el cual se harán las mediciones de nivel piezométrico (N_p), resaltando que en este pozo de observación también se medirá la altura de su boca (H'). También, se ilustra el concepto conocido como radio de influencia, el cual es importante para establecer la extensión espacial del efecto del cono de bombeo (curva de descenso del nivel de agua subterránea resultante de la extracción de agua en un pozo).

3. Equipamiento.

Para realizar el seguimiento de los niveles y la calidad del agua subterránea debe disponerse de un dispositivo que permita establecer sus variaciones. Generalmente es una sonda portátil (Foto 1) que debe llevarse hasta cada pozo, constituida por una cinta métrica graduada (al centímetro o milímetro) en uno de cuyos extremos se dispone de un electrodo o sensor que al contacto con el agua provoca la emisión de una alarma sonora y una luminosa. También existen sensores automáticos de nivel (Foto 1A) que permiten recolectar una mayor cantidad de datos, tal como se menciona más adelante.

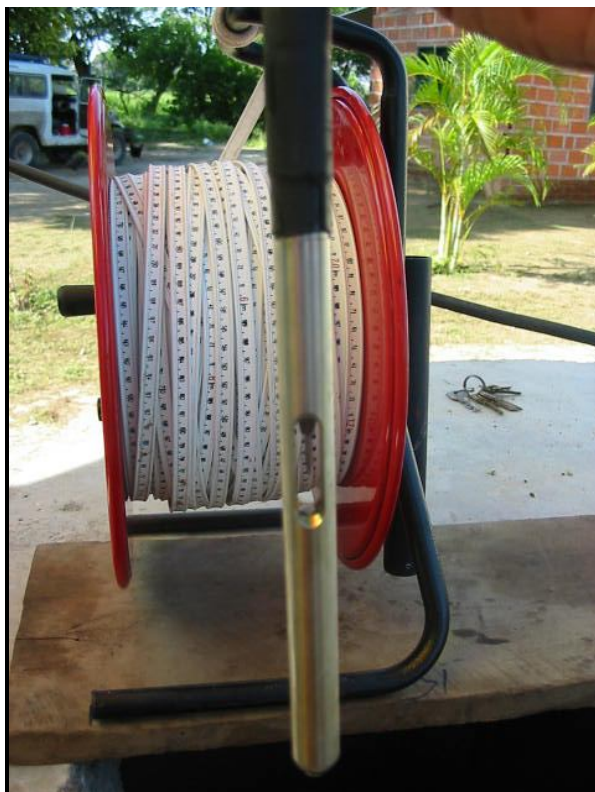


Foto 1. Sonda para medición de niveles y profundidad en pozos y aljibes. A la derecha se muestra el sensor y el electrodo.



Foto 1A. Sensor automático de nivel

Así mismo, si las condiciones lo permiten, debe disponerse de un receptor del sistema de posicionamiento global, para tener la información sobre coordenadas de localización del pozo, es decir, **Longitud y Latitud**, debiendo tomarse atenta nota del sistema de referencia con que está configurado el receptor (Foto 1B). Se recomienda obtener la cota del pozo, o altura del terreno - en que se localiza el pozo - sobre el nivel del mar, dato importante cuando se van a realizar estudios regionales del movimiento de agua subterránea (flujo hidrogeológico).



Foto 1B. Lectura de coordenadas con ayuda de un receptor del Sistema de Posicionamiento Global

4. Metodología

En el monitoreo, esencialmente, es importante medir la distancia desde la posición que ocupa el agua subterránea, en un momento dado, hasta la superficie del terreno en la boca del pozo, esto es, el nivel del agua subterránea.

1. La medición de nivel se debe llevar a cabo en condiciones de no bombeo, en la medida de lo posible. Es decir, se escoge un momento en las primeras horas del día antes de bombear (normalmente) o cuando hayan transcurrido al menos 24 horas desde el último bombeo. Así, se tendrá el NIVEL ESTÁTICO. Si la medición se lleva a cabo durante el bombeo, se tendrá el NIVEL DINÁMICO. Si el nivel se mide cuando el equipo de bombeo se haya apagado recientemente o inmediatamente después de apagarse, el nivel se denomina NIVEL DE RECUPERACIÓN. Tanto para el nivel dinámico como para el de recuperación debe tomarse nota del tiempo transcurrido (horas, minutos) desde que inició el bombeo como el tiempo desde que se apagó la bomba, respectivamente.
2. Escogiendo un punto sobre el borde del tubo principal del pozo (o anillo del aljibe), se mide por el exterior de este la altura de la boca del pozo sobre el terreno circundante, mediante una cinta métrica (metálica preferiblemente). El dato obtenido se debe expresar en metros (ejemplo, 1.37 m, ó, 0.792 m). Fotos 2 y 2A.



Fotos 2, 2A. Medición de la altura (h) de la boca del pozo sobre la superficie del terreno



Foto 2B. Lectura del nivel estático en aljibes

3. Tomando el mismo punto sobre el borde del tubo principal del pozo (o anillo del aljibe), se toma la sonda graduada al centímetro o milímetro, y apoyándola en el borde del tubo principal del pozo (aljibe), se introduce lentamente en su interior hasta que el aviso luminoso/sonoro de la sonda indique que el sensor de la misma ha alcanzado el nivel de agua. El punto de medición sobre el borde del pozo debe ser siempre el mismo, con el fin de tener regularidad en la medición (Foto 2B)..

Para el caso de los pozos profundos, es conveniente introducir y fijar firmemente al interior del pozo, antes que la sonda, una serie de tubos de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro interno hasta una profundidad cercana a la ubicación del punto de succión, para luego introducir en este tubo la sonda propiamente dicha, con el fin de evitar que se quede obstruida con el cableado de la bomba, o en los alambres de sostenimiento de la instalación de la bomba y tubería de succión (Foto 3). En este caso, se debe medir tanto la altura de la boca del tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada sobre el terreno, como el nivel de agua desde este mismo punto (Fotos 4 y 5)



Foto 3. Tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro (indicada por la flecha) introducida en un pozo profundo para medición de niveles con sonda



Foto 4. Medición de niveles usando tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada en el interior de un pozo profundo



Foto 5. Medición de niveles usando tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada en el interior del pozo

Cuando las condiciones lo permiten, puede introducirse la sonda sin necesidad del tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro interno, como es el caso de los pozos de observación o de monitoreo propiamente dichos, en los cuales no se tiene equipo de bombeo en su interior (Fotos 6). Así mismo, se puede recurrir a la ayuda de una guía para que la sonda sea introducida en el pozo (usualmente es suministrada con la sonda al momento de adquirirla), especialmente cuando este es de gran profundidad (Foto 7), con el objetivo de manipular más fácilmente el carrete en la parte exterior.



Foto 6. Medición en un pozo de observación



Foto 7. Medición en un pozo de observación, con ayuda de la guía para introducir la sonda. En la foto, se aprecia que se alcanzó un nivel de agua (o si es el caso, profundidad de pozo) de 69.05 mt.

4. Se realiza la lectura en la escala graduada de la sonda y se registra en el formato de captura de datos (Cuadro 1, anexo). El dato obtenido se debe

expresar en metros (ejemplo, 10,240 m, 25,863 m ó, 0,634 m) y corresponde al **nivel estático (dinámico o de recuperación, según sea el caso)** del agua subterránea en el pozo de interés (Foto 8).



Foto 8. Lectura del nivel estático (o dinámico) de un pozo profundo

5. Luego se sigue introduciendo la sonda hasta alcanzar la profundidad total del pozo. Esta operación debe llevarse a cabo lentamente, ya que cuando se superan los 25 a 30 metros, especialmente si la parte inferior (fondo) está “lodosa”, podría no sentirse cuando la sonda alcanza el fondo del pozo, ya que el peso propio de la cinta podría estar haciendo que esta descienda aunque haya tocado la base del mismo.
6. Una vez se sienta que la sonda ha tocado el fondo, se realiza la lectura en la escala graduada de la sonda y se registra en el formato de captura de datos (Cuadro 1, anexo). El dato obtenido se debe expresar en metros (ejemplo, 29,65 m, 57,635m ó, 123,837 m) y corresponde a la **profundidad total detectada** para el pozo (o aljibe) de interés.
7. Para información sobre las características del pozo, se debe medir el diámetro del punto de captación de aguas subterráneas, para lo cual se puede usar una cinta métrica metálica. En el caso de los aljibes, se lleva a cabo esta operación por la parte exterior del anillo. En el caso de los pozos, si no se tiene información sobre la manera en que se construyó el mismo, y por tanto no se conoce el diámetro con que se realizó la perforación, sólo puede medirse el diámetro del tubo principal si el mismo asoma en superficie (Foto 9).



Foto 9. Medición del diámetro del tubo instalado en un pozo profundo

8. La medición de niveles se puede realizar de manera continua y no depender de la necesidad de visitar en cada oportunidad cada uno de los pozos a monitorear. Para el efecto, si se tiene la posibilidad, se debe disponer de sensores automáticos, los cuales representan la última tecnología disponible para llevar a cabo esta actividad. Estos sensores, una vez introducidos dentro del pozo, realmente detectan la presión hidrostática debida al peso del agua que se encuentra por encima de ellos, pudiendo programarse a voluntad la frecuencia de lectura de datos, desde unos pocos segundos hasta muchas horas, y llevar a cabo todas las lecturas a lo largo de períodos prolongados (desde horas hasta días, meses o años). Se debe contar con equipos y programas de computación que faciliten la labor de recolección de la información, su conversión e interpretación. En las fotos 10 a 12 se ilustra el uso de tales equipos así como y en la Figura 6, el resultado del mismo.



Foto 10. Programación del sensor automático



Foto 11. Introducción del sensor automático dentro de un tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro interno



Foto 12. Descenso del sensor con un cable de acero hasta la profundidad deseada para el monitoreo

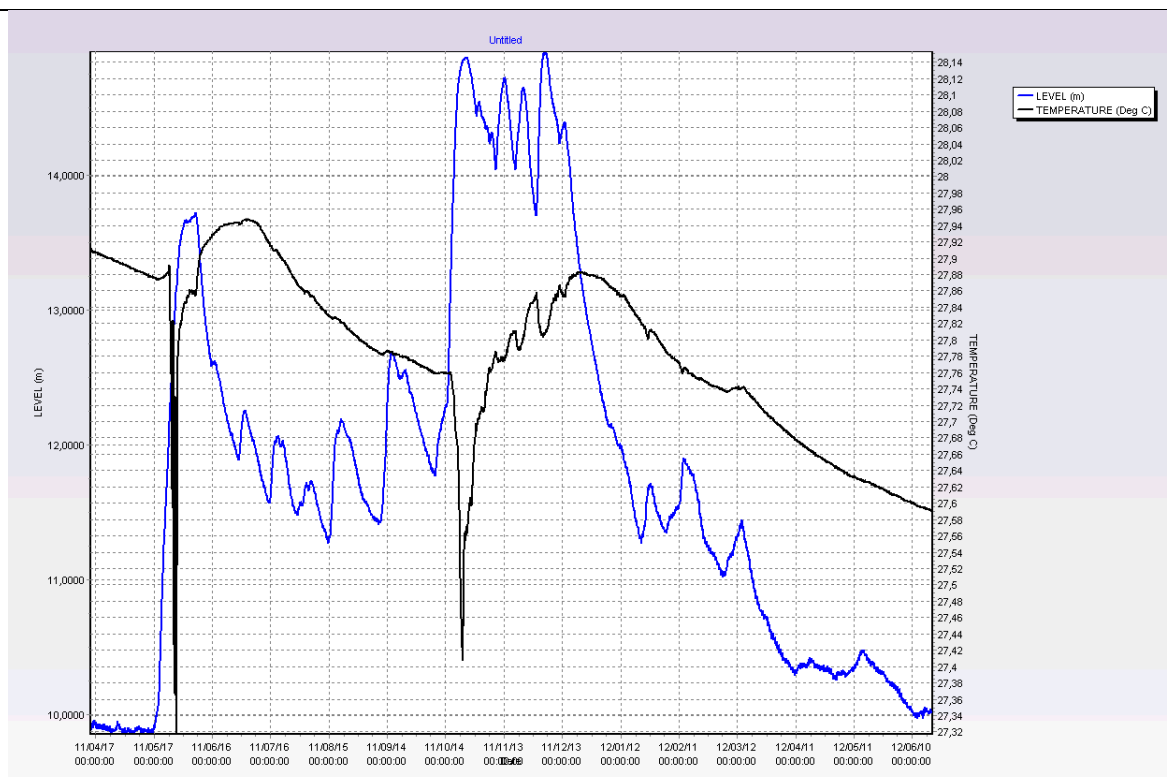


Figura 6. Resultados obtenidos con el uso de sensores automáticos. La línea azul indica la variación del nivel y la línea negra indica la variación de la temperatura del agua subterránea (ejemplo para un pozo de observación, no bombeado)

9. Si se desea y tiene como objetivo, puede monitorearse la calidad de las aguas subterráneas, para establecer si existen afectaciones derivadas de las actividades que se realizan en la superficie del terreno (agricultura y uso de agroquímicos, disposición de residuos sólidos y líquidos, minería, explotación misma de las aguas subterráneas, etc.). En cada pozo a monitorear se debe extraer una muestra de agua para su análisis en campo o en laboratorio.

a. El muestreo puede ser llevado de la siguientes maneras:

- i. Ante todo se debe disponer de equipos de caracterización (medición) de variables físico químicas (Foto 13). En el mercado se encuentran medidores, de bajo costo económico que facilitan el monitoreo. Si se tiene la posibilidad, se debe adquirir equipos sofisticados o, en su defecto, recurrir a los servicios de laboratorios de calidad ambiental acreditados ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), recomendándose esta última opción como la mejor.



Foto 13. Medidor de pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua

Normalmente, en campo se mide, para el agua, el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica y la temperatura. La medición en campo se realiza con equipos portátiles (Foto 13) o se lleva la muestra debidamente preservada en neveras o contenedores portátiles hasta el laboratorio en donde se procederá a realizar los diferentes análisis de interés.

- ii. Se debe extraer agua del pozo mediante el bombeo durante un tiempo suficiente (que puede variar según el mayor o menor rendimiento del pozo) que permita captar líquido de la formación acuífera de interés. Generalmente, un lapso de 15 a 20 minutos de bombeo debería ser suficiente para, al cabo del mismo, tomar la muestra de agua en un recipiente de vidrio esterilizado o plástico limpio, tomando las precauciones para no contaminar la muestra (guantes, tapabocas, bata de laboratorio, según lo recomiende el laboratorio acreditado, Foto 14).



Foto 14. Recolección de la muestra de agua subterránea. Se nota el uso de guantes y tapabocas

Es importante que el agua bombeada antes de la recolección de la muestra sea conducida hacia un punto de descarga ubicado lejos del pozo (Foto 15), con el objetivo de restringir la posibilidad de infiltración nuevamente hacia el subsuelo, con lo que se podrían alterar la muestra y la lectura de niveles.



Foto 15. Conducción del agua bombeada hacia un punto localizado lejos del pozo.

- iii. Si no hay la posibilidad de operar la bomba instalada en el pozo, o si no hay bomba, se puede recurrir al uso de medios de extracción como los bailers, que son tubos plásticos o metálicos, de pequeño diámetro, que se introducen en el pozo hasta la profundidad deseada, permiten retener un pequeño volumen de agua (alrededor de 1 litro) para luego extraerlos rápidamente y almacenar el agua en el recipiente de vidrio y proceder a la lectura de la calidad con el equipo de medición en campo o llevarla debidamente preservada al laboratorio (dependiendo de los análisis a realizar, no debe transcurrir más de doce horas entre la toma de muestra y su recepción y análisis en laboratorio, por lo que debe tomarse las precauciones para el oportuno transporte de las muestras desde el pozo).



Foto 15. Extracción de agua con el uso de bailer

10. Es importante que el pozo este protegido en todo momento, ya que las actividades que se desarrollan en las cercanías del mismo pueden llegar a alterar la calidad del agua subterránea que se capta en el mismo pozo. En la Foto 16 se observa un aljibe al que se usualmente se coloca una lámina metálica que no es fija y puede removerse fácilmente. En la Foto 18 se observa un pozo profundo que no posee tapa de cerramiento en su parte superior, estando así expuesto a la entrada de sustancias contaminantes, animales, etc.



Foto 16. Aljibe sin protección suficiente



Foto 17. Pozo profundo sin tapa de cierre

Para una debida protección del agua y de los puntos de captación, en el caso de los aljibes se debe construir una tapa que, aunque puede no ser fija, sea difícilmente removible, de manera tal que se cuente con protección permanente contra agentes contaminantes. La tapa puede ser metálica o de concreto reforzado (Foto 18).



Foto 18. Nótese la protección del aljibe (tapa y alrededores) y de la bomba (caseta metálica)

En el caso de los pozos profundos, se debe considerar la instalación de una tapa de cierre en la boca del pozo, de manera tal que se impida el acceso de animales o sustancias extrañas (combustibles, agroquímicos, etc.). En la Foto 19 se ilustra un pozo profundo que se ha dotado de una caseta de protección que impide el acceso de personal no autorizado y cuenta con una tapa de cierre en la boca.



Foto 19. Pozo profundo con protección tanto en la boca como de acceso al mismo (reja de cierre).

En todo caso, al momento de la construcción del pozo o aljibe, se debe dotar de un sello sanitario (en bentonita o concreto) que restrinja al máximo la entrada de agentes contaminantes al interior del pozo. En la Foto 20 se muestra la forma en que se debe instrumentar y dotar un pozo (en su parte superficial) para captación de agua subterránea, con miras a disponer de un recurso hídrico de la mejor calidad.

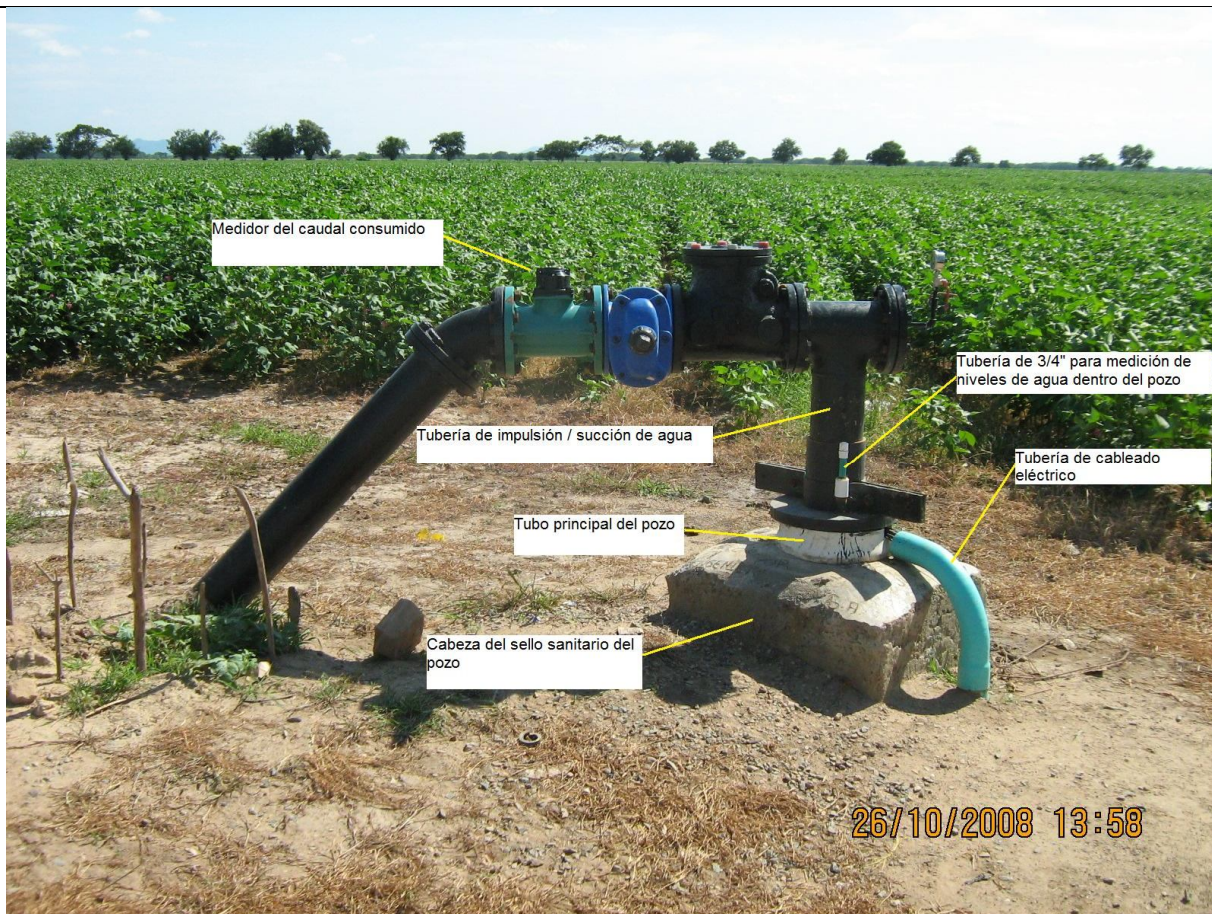


Foto 20. Instalación típica de un pozo profundo.

Es importante determinar el caudal de explotación con que se opera un pozo. En forma práctica, el usuario o propietario de un pozo puede realizar dicha determinación mediante el llenado de un recipiente de volumen conocido, midiendo además el tiempo necesario para que se llene el recipiente (obviamente estando previamente vacío). Así, el caudal se podrá calcular mediante la siguiente expresión:

$$\text{Caudal: } \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} ; \quad Q = \frac{V}{T}$$

Si el volumen se expresa en litros y el tiempo en segundos, el caudal se obtendrá en litros/segundo. Por ejemplo, si se conoce que el volumen del recipiente es de 2000 litros y el tiempo necesario para llenarlo con la bomba instalada en el pozo fue de 17 minutos, el caudal será:

Volumen = 2000 litros

Tiempo = 17 minutos. Equivalen a $17 \times 60 = 1020$ segundos (un minuto tiene 60 segundos)

$$\text{Caudal} = \frac{2000 \text{ litros}}{1020 \text{ segundos}} = 1.96 \text{ litros/segundo}$$

Si no se conoce el volumen del recipiente, puede calcularse midiendo sus **dimensiones internas**, ancho, largo, alto, para luego multiplicarlas entre sí. Por



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR

ejemplo, si el tanque o recipiente **internamente** mide 2.35 m de ancho, 8.20 m de largo y 1.74 m de alto, el volumen de llenado o de almacenamiento de agua es de:

$2.35 \text{ m} \times 8.2 \text{ m} \times 1.74 \text{ m} = 33.53 \text{ metros cúbicos (33.53 m}^3\text{)}$. Si este tanque se llena con la bomba instalada en el pozo en 1 hora y 28 minutos, se tendrá un caudal de explotación de:

Volumen = $33.53 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ litros} = 33530 \text{ litros}$ (un metro cúbico tiene 1000 litros)

Tiempo = 1 hora, equivale a 60 minutos. Así, en total se tienen $60 + 28 = 88$ minutos como tiempo de llenado del tanque, que equivalen a $88 \times 60 = 5280$ segundos (un minuto tiene 60 segundos).

Caudal = $\frac{33530 \text{ litros}}{5280 \text{ segundos}} = 6.35 \text{ litros/segundo}$

En caso de realizar el inventario de puntos de captación o manifestación de aguas subterráneas, debe utilizarse el formulario único nacional, al cual puede accederse junto con el instructivo en forma completa, para ser diligenciado, en las oficinas de Corpocesar, Ingeominas o Ideam. En el anexo se encuentra el formulario aludido.



ID. Número de identificación del punto de captación de agua subterránea
 Tipo de captación: pozo, aljibe
 Fecha: fecha de lectura o de monitoreo
 Municipio, Localidad o Vereda: jurisdicción en que se ubica el punto de captación
 Nombre Predio: nombre legalmente reconocido para el predio en que se ubica el punto de captación
 Propietario: dueño legalmente reconocido del predio en que se ubica el punto de captación
 Latitud: coordenada desde la línea Ecuatorial del punto de captación
 Longitud: coordenada desde la línea del meridiano Cero (o de Greenwich) del punto de captación
 Cota: altura sobre un nivel de referencia (generalmente el nivel del mar) del terreno en que se ubica el punto de captación
 Fecha de construcción: fecha en que se construyó el pozo
 Diámetro : diámetro de la perforación. Si no se conoce se puede anotar el diámetro de los anillos (aljibes) o del tubo instalado (pozos profundos)
 Sección: cuando el aljibe es cuadrado o rectangular, se anotan las dimensiones laterales (ancho, largo)
 Material: elemento utilizado para la construcción del pozo (PVC, hierro, acero, concreto, ladrillo)
 Nivel estático: ver diccionario
 Nivel dinámico ver diccionario
 Condición de la medida: No bombeado; Bombeado hace menos de 24 horas; Bombeado hace más de 24 horas
 Método de medida: Sonda eléctrica, sensor automático, cinta métrica
 Temperatura: temperatura del agua muestreada, Grados Celsius
 Conductividad eléctrica: conductividad eléctrica del agua muestreada, microsiemens/cm
 pH: potencial de hidrógeno del agua muestreada
 SDT: Sólidos Disueltos Totales del agua muestreada, miligramos/litro
 Salinidad: salinidad del agua muestreada
 Usos: uso a que se destina el agua subterránea: doméstico, industrial, irrigación, ganadería, abastecimiento público, citando el número de unidades atendidas en cada caso
 Condición: estado del punto de captación: reserva, normal, abandonado, en construcción
 Nivel del terreno: ver diccionario
 Cota piezométrica: ver diccionario



ANEXO. FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA				
1. INFORMACIÓN GENERAL				
Nombre del proyecto: _____		Fecha: DD MM AAAA		
Diligenciado Por: _____		Consecutivo _____		
Tipo de punto: Pozo ☐ Aljibe ☐ Manantial ☐ Piezómetro ☐				
Condiciones del punto: Productivo Reserva Abandonado Inactivo Sellado Monitoreo Otro-Cuál? _____				
2. FUENTES DE INFORMACION				
Recopilada en Campo ☐ Reporte o Archivo ☐ Constructor ☐ Propietario ☐ Estudios anteriores ☐ Observaciones: _____		Información suministrada por: Nombre _____ Municipio _____ Dirección _____ Teléfono - Celular _____ Correo Electrónico _____		
3. INFORMACIÓN DEL PUNTO				
Legalización del Punto: Esta legalizado? _____ Resolución No. _____ Fecha Expedición: DD MM AAA		Vencimiento: DD MM AAA		
Nombre del concesionario _____		Caudal Concesionario _____		No. Expediente _____
Identificación del Punto: _____				
Plancha _____		Escala _____		Otra Identificación: _____
Localización del punto:				
Departamento: _____		Coordenadas: Elipsoide de referencia: _____		Método de medida de la cota: GPS ☐
Municipio: _____		Longitud: _____ Latitud: _____		Altimetro ☐
Vereda: _____		Origen de coordenadas planas _____		Nivelación ☐
Nombre del lugar (Barrio, finca, predio): _____		Y (N-S): _____ X (E-W): _____		Mapa ☐
Cuenca Hidrográfica: _____				Cota _____
4. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS				
Topografía: Depresión ☐ Planicie ☐ Altiplanicie ☐ Piedemonte ☐ Ladera ☐ Colina ☐ Otra ☐ Cuál? _____		Geoforma: Abanico aluvial ☐ Cauce aluvial ☐ Llanura aluvial ☐ Terraza ☐ Duna ☐ Dolina ☐ Playa ☐ Otro ☐ Cuál? _____		Litología: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
		Condición Climática: Período húmedo ☐ Período seco ☐		
Unidad Geológica: _____				
5. CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS Y ALJIBES				
Datos de la construcción: Fecha _____ Perforador _____ Diámetro exterior _____ pulg Diámetro interior _____ pulg Diámetro de la perforación _____ pulg Profundidad _____ m Largo: _____ m Ancho: _____ m Está colapsado? _____		Material de revestimiento: Acero y tipo ☐ Hierro Galvanizado ☐ PVC ☐ Otro ☐ Cuál? _____ Ninguno ☐ Piedra ☐ Ladrillo ☐ Madera ☐ Cemento ☐ Otro ☐ Cuál? _____		

Características de explotación:		Método de extracción del agua: Bomba sumergible ☐ Bomba manual ☐ Molino de viento ☐ Compresor ☐ Motobomba ☐ Surgencia natural ☐ Manual ☐		Tipo energía Eléctrica ☐ Gasolina ☐ ACPM ☐ Eólica ☐ Otra ☐ Cuál?: _____																																					
Clase de bomba: _____		Modelo: _____		Potencia _____ HP																																					
Profundidad del punto de succión _____ m		Tubería descarga: Diámetro _____ pulg		Longitud _____ m Material _____																																					
Diseño del Pozo: Diámetro y ubicación de Filtros																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th rowspan="2">TRAMO</th><th rowspan="2">DIAMETRO</th><th colspan="2">PROFUNDIDAD</th></tr><tr><th>DESDE</th><th>HASTA</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td>m</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td>m</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>m</td></tr></tbody></table>		TRAMO	DIAMETRO	PROFUNDIDAD		DESDE	HASTA	1				m	2				m	3				m																			
TRAMO	DIAMETRO			PROFUNDIDAD																																					
		DESDE	HASTA																																						
1				m																																					
2				m																																					
3				m																																					
Se anexa: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Columna litológica</td><td>Diseño del pozo</td><td>Pruebas de bombeo</td><td>Registros geofísicos</td><td>Análisis químico</td></tr></table>						Columna litológica	Diseño del pozo	Pruebas de bombeo	Registros geofísicos	Análisis químico																															
Columna litológica	Diseño del pozo	Pruebas de bombeo	Registros geofísicos	Análisis químico																																					
Características hidráulicas:																																									
Régimen de bombeo: _____ Horas / día _____ días / semana																																									
Nivel medido del agua _____ m Tiempo de bombeo _____ Horas Tiempo desde el apagado de la bomba _____ minutos																																									
H (CABEZA DEL POZO) _____ m																																									
Método de medida del nivel del agua <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Sonda eléctrica</td><td>Cinta métrica</td><td>Estimado</td><td>Trasductor de presión-diver</td></tr></table>						Sonda eléctrica	Cinta métrica	Estimado	Trasductor de presión-diver																																
Sonda eléctrica	Cinta métrica	Estimado	Trasductor de presión-diver																																						
Método de medida del caudal:																																									
Volumétrico (l/s) ☐ Vertedero (l/s) ☐ Micromolinete (l/s) ☐ Estimado (l/s) ☐ Orificio (l/s) ☐ Manómetro ☐ Macromedidor ☐ Micromedidor ☐		Aforo volumétrico: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>No.</th><th>VOLUMEN (l)</th><th>TIEMPO (s)</th><th>CAUDAL (l/s)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> Caudal (l/s): _____		No.	VOLUMEN (l)	TIEMPO (s)	CAUDAL (l/s)	1				2				3				Caudal estimado: Volumen del sistema de almacenamiento _____ m3 Tiempo de llenado _____ minutos Caudal Estimado _____ l/s																					
No.	VOLUMEN (l)	TIEMPO (s)	CAUDAL (l/s)																																						
1																																									
2																																									
3																																									
6 CONSTRUCCIONES ADICIONALES DE LA CAPTACION																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>Tipo de construcción</th><th>Diámetro (m)</th><th>Largo (m)</th><th>Ancho (m)</th><th>Profundidad (m)</th><th>Capacidad (m3)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Embalse</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Tanque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Alberca</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Tubería</td><td></td><td>pulg</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Otro-Cuál?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>						Tipo de construcción	Diámetro (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m3)	Embalse						Tanque						Alberca						Tubería		pulg				Otro-Cuál?					
Tipo de construcción	Diámetro (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m3)																																				
Embalse																																									
Tanque																																									
Alberca																																									
Tubería		pulg																																							
Otro-Cuál?																																									
7. CARACTERÍSTICAS DE LOS MANANTIALES																																									
Tipo de manantial Goteo ☐ Filtración ☐ Otro-Cuál? _____		Permanencia Perenne ☐ Estacional ☐ Intermitente ☐ Sin información ☐		Medio de surgencia Rasgo kárstico ☐ Diaclasas o Fracturas ☐ Contacto ☐ Otro-Cuál? _____																																					
Observaciones: _____ _____ _____																																									
8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA																																									
Método de muestreo Manual ☐ Bombeo ☐ Otro-Cuál? _____		Propiedades físico químicas: pH: _____ Conductividad Eléctrica (µS/cm): _____ Temperatura (°C): _____ SDT (mg/l): _____ Redox -Eh: _____		Propiedades Organolépticas: Color: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Incoloro</td><td>Amarillo</td><td>Café</td><td>Otro</td></tr></table> Cuál? _____ Apariencia: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Clara</td><td>Turbia</td><td>Otra</td></tr></table> Olor: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Inolora</td><td>Fetida</td><td>Otra</td></tr></table>		Incoloro	Amarillo	Café	Otro	Clara	Turbia	Otra	Inolora	Fetida	Otra																										
Incoloro	Amarillo	Café	Otro																																						
Clara	Turbia	Otra																																							
Inolora	Fetida	Otra																																							
Muestra para laboratorio <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr></table>		SI	NO																																						
SI	NO																																								
Tipo de análisis <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Físico-químico</td><td>Microbiológico</td><td>Isotópico</td></tr></table>		Físico-químico	Microbiológico	Isotópico																																					
Físico-químico	Microbiológico	Isotópico																																							
Lugar de muestreo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td>Boca de pozo</td><td>Tanque</td><td>Llave</td><td>Nacimiento</td><td>Otro</td></tr></table>		Boca de pozo	Tanque	Llave	Nacimiento	Otro																																			
Boca de pozo	Tanque	Llave	Nacimiento	Otro																																					
Problemas de calidad _____ _____ _____ _____																																									

9. USOS DEL AGUA

Actividad económica:

Uso del agua

Abastecimiento público

Uso doméstico

Agrícola

Pecuario

Recreativo

Industrial

Transporte

Otro

Descripción del uso del agua:

No. de usuarios

No. de usuarios

Area regada, ha

Tipo de Cultivo

Tipo de animales:

Número de animales:

Usuarios / año

¿Cuál?

¿Cuál?

Fuentes de abastecimiento

Fuente principal de abastecimiento

Fuentes secundarias de abastecimiento

Frecuencia de abastecimiento (racionamiento)

10. DIAGNOSTICO SANITARIO DE LA CAPTACION

Existe una letrina

Charco de agua estancada

Basura, criaderos o estiércol de ganado a su alrededor?

Borde o grieta que permita el ingreso de agua superficial al mismo?

SI

NO

Distancia

m

SI

NO

m

SI

NO

m

SI

NO

m

Condición del punto

Tiene cubierta adecuada

Tiene sello sanitario

Piso de cemento alrededor de la captación

Cerco alrededor de la instalación adecuado

SI

NO

SI

NO

SI

NO

SI

NO

Fuentes puntuales de contaminación:

Cementerio

Estación de servicio

Lavadero de carros y motos

Pozo abandonado

Residuos sólidos

Residuos peligrosos

Campo de infiltración

Plantas de sacrificio

Lagunas de oxidación

Otro- Cuál?

Residuos sólidos:

Origen

Doméstico

Industrial

Agrícola

Ganadería

Hospitalario

Minero

Otro-Cuál?

Disposición

Residuos especiales

Incineración

Compostaje

Botadero cielo abierto

Reciclaje

Otro-Cuál?

Observaciones

11. DATOS GRAFICOS

Fotos:

Fecha:

Croquis - Acceso al pozo

Acceso al predio

12.OBSERVACIONES GENERALES