



**GUÍA TÉCNICA PARA ESTABLECER LOS
PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA
ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBA
DE BOMBEO PARA LA OBTENCIÓN DEL
CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA
SUBTERRÁNEA**

AGOSTO, 2024





CONTENIDO

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	4
ANTECEDENTES	4
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
DEFINICIONES	5
ABREVIATURAS	8
MARCO LEGAL	9
CAPÍTULO II: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBAS DE BOMBEO	11
LINEAMIENTOS GENERALES	12
TITULO I: CONSIDERACIONES TÉCNICAS	13
CARACTERIZACIÓN DEL POZO Y TIPO DE ACUÍFERO	13
TIPO Y METODOLOGÍA DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBA DE BOMBEO	14
RESPALDOS DE DATOS TÉCNICOS	15
TITULO II: PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO PARA POZOS	17
TITULO III: PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO PARA POZOS CON PIEZÓMETRO O POZO DE OBSERVACIÓN	19
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXOS	21
ANEXO 1: ESTRUCTURA DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO	21
ANEXO 2: FORMULARIO DE FUENTES SUBTERRÁNEAS	23

RESPONSABLES DEL CONTENIDO

Elaborado por:	Mgs. María Elisa Vaca Analista Técnico de Información para Regulación y Control del Agua 2	
Elaborado por:	Mgs. Sindy Tenelema Analista Técnico de Regulación y Control Técnico de Recursos Hídricos2	
Revisado por:	Ing. Luis De Mora Director Dirección de Regulación y Gestión de la Información Hídrica, (S)	
Aprobado por:	Mgs. Kevin Santana Director Dirección de Control de Recursos Hídricos	
Validado por:	Mgs. Pablo Regalado Coordinador General Técnico	

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

ANTECEDENTES

El presente documento se sustenta en el marco legal establecido en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, en la cual se establecen las competencias de la Agencia de Regulación y Control del Agua:

Artículo 23.- Competencias de la Agencia de Regulación y Control. La Agencia de Control y Regulación tendrá las siguientes competencias: b) Certificar la disponibilidad del agua a petición de parte sobre la base de la información registrada sobre inventarios, balances hídricos, autorizaciones y permisos otorgados y c) Recopilar, procesar, administrar y gestionar la información hídrica de carácter técnico y administrativo.

Artículo 117.- Uso y aprovechamiento. Para la exploración y afloración de aguas subterráneas, se deberá contar con la respectiva licencia otorgada por la Autoridad Única del Agua. En caso de encontrarlas, se requerirá la autorización para su uso o aprovechamiento productivo sujeto a los siguientes requisitos: a) Que su alumbramiento no perjudique las condiciones del acuífero ni la calidad del agua ni al área superficial comprendida en el radio de influencia del pozo o galería; y, b) Que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y en general, con otras afloraciones preexistentes.

Para el efecto, la Autoridad Única del Agua requerirá de quien solicita su uso o aprovechamiento, la presentación de los estudios pertinentes que justifiquen el cumplimiento de las indicadas condiciones cuyo detalle y parámetro se establecerán en el Reglamento de esta Ley.

Artículo 118.- Corresponsabilidad en la conservación del agua subterránea. Los sistemas comunitarios, juntas de agua potable, juntas de riego y los usuarios del agua son corresponsables con el Estado en la protección, conservación y manejo del agua subterránea.

Artículo 121.- Obligación de información. Las personas naturales o jurídicas, que durante sus actividades productivas perforen el suelo y alumbreren aguas subterráneas, estarán obligadas a notificar de manera inmediata a la Autoridad Única del Agua y a proporcionar la ubicación, estudios y datos técnicos que obtengan sobre las mismas y aplicar las medidas precautorias y preventivas que dicte tal autoridad.

El Manual de Procesos Análisis y Certificación de Disponibilidad del Agua con código ARCA-DRH-PS- P02-MP versión 4.2, en el apartado 1, respecto a los requisitos por

tipo de fuente hídrica subterránea, menciona el Informe de prueba de bombeo como un requisito obligatorio.

Además, en el Anexo Técnico para la elaboración del informe y certificado de disponibilidad del agua, con código ARCA-DRH-CN-02-FR, versión 3.0. Los parámetros hidráulicos y demás consideraciones, estarán sujetos de ajuste y modificación de acuerdo a lo contenido en el instrumento regulatorio de parámetros de prueba de bombeo de agua subterránea. Por lo tanto, de acuerdo a los nuevos lineamientos, se ejecutarán los análisis correspondientes.

Actualmente dentro de los informes de las pruebas de bombeo remitidas a la ARCA se describen los parámetros del pozo y su acuífero a discreción del profesional que las ejecuta, lo que permite evidenciar que no se cuentan con los parámetros mínimos para efectuar los análisis de disponibilidad de agua y que se requiera realizar solicitudes de subsanación de información faltante que pueden llevar al desistimiento del trámite, esto ocasiona que los tiempos de la emisión del certificado de disponibilidad del agua se extiendan y con ello las emisiones de autorizaciones de uso y/o aprovechamiento del agua.

Por lo antes expuesto, se determinó la necesidad de normar a través de una Guía los “Parámetros mínimos para la elaboración del informe de prueba de bombeo, entregado por el peticionario de autorizaciones de uso y/o aprovechamiento del agua para el análisis de disponibilidad de agua subterránea, dentro del marco de la competencia de la ARCA establecida en el Art.23, literal b) de la LORHUyA.”

OBJETIVO GENERAL

Establecer los parámetros mínimos para la elaboración del informe de prueba de bombeo que deberá ser entregado por el peticionario para el análisis de disponibilidad de agua subterránea, dentro del marco de la competencia de la ARCA establecida en el Art.23, literal b) de la LORHUyA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir la estructura del informe de prueba de bombeo.
2. Realizar una revisión bibliográfica de los rangos de los parámetros a establecer dentro de la presente guía.

DEFINICIONES

A continuación, se detallan los principales términos y su respectiva definición, que han sido utilizados en la presente guía:



Tabla 1: Definiciones

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Abatimiento	Es la diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico durante el bombeo (Bohórquez, 2010).
Acuífero	Formación geológica o conjunto de formaciones geológicas que tienen la suficiente porosidad y conductiva hidráulica para permitir el flujo y el almacenamiento de agua subterráneas que pueden ser extraídas para uso y aprovechamiento (DIR- ARCA-RG-004-2016).
Acuífero confinado	Son formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua a presión, confinadas entre capas o estratos impermeables o prácticamente impermeables (una inferior y otra superior). (Bohórquez, 2010).
Acuífero semi confinado	Acuífero que está totalmente saturado de agua siendo su límite superior una capa semipermeable y el inferior o bien una capa impermeable o una semipermeable (Donezar, 1975).
Acuífero no confinado o libre	En los acuíferos freáticos el agua satura los poros y fracturas de la formación y es liberada por drenaje (espontáneo o forzado por el hombre), y, por lo tanto, se produce una simple de saturación. Los acuíferos libres se encuentran en contacto directo con la superficie del terreno y la superficie freática se encuentra sometida a la presión atmosférica. Buenos ejemplos son las terrazas y llanuras aluviales (Villarroya, Fermín, 2009)
Caudal	Es la cantidad de agua que fluye a través de una sección y se expresa en volumen por unidad de tiempo. (Manzano, 2008).
Capacidad Específica	Es el caudal o la cantidad de agua que se produce en el bombeo de un pozo, en un acuífero, por cada metro (o unidad de longitud) que desciende el nivel del agua dentro de él. Este es el parámetro más importante a medir y controlar durante la operación de un pozo ya que indica su verdadero estado de rendimiento. En la medida que el valor de este parámetro sea menor la eficiencia del pozo se reduce en la misma proporción. (Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 1999).
Caudal recomendado de explotación u óptimo	Es el caudal que se debe extraer de un campo de pozos sin que se afecten las reservas del acuífero, es ligeramente menor que el crítico. (Bohórquez, 2010)
Caudal máximo de explotación o crítico	Caudal a partir del cual un pequeño incremento de caudal produce un gran aumento del descenso También denominado caudal máximo de producción o explotación. (Manzano, 2008).
Caudal de producción	Caudal que permite observar la aceleración potencial de un pozo, y permite conocer acerca del rendimiento del pozo. (Tapia, 2019).
Coeficiente de almacenamiento	Definido como el volumen de agua que entra o sale de un prisma de acuífero de base la unidad y altura la unidad cuando varía una unidad el potencial. (Tapia, 2019).
Conductividad hidráulica	Es el flujo de agua que atraviesa una sección unitaria de acuífero bajo la influencia de un gradiente unitario, a temperatura de campo. Representa la facilidad con que el medio deja pasar agua a través de él por unidad de área. (Tapia, 2019)
Diámetro de pozo	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. (Corporación Regional del César, 2009).
Ensayo de descensos o aforos	Ensayo de bombeo para estudiar las características de un pozo, no involucra la observación de los niveles del agua en pozos o piezómetros próximos. (Manzano, 2008).



Ensayo de interferencia	Bombeos en los que se observan los descensos producidos en otros pozos o en piezómetros próximos, se mide también el pozo de bombeo o de estudio. (Manzano, 2008).
Ensayo de recuperación	Metodología mediante la cual se interpreta la evolución de los niveles en el propio pozo de bombeo y en pozos de observación durante la recuperación de éstos tras un ensayo de bombeo. Medición de los niveles del agua, después del cese de bombeo. (Manzano, 2008).
Espesor del acuífero	Es una medida de longitud que está limitada por el techo de acuífero y la base del mismo, que permite el paso del agua desde y a través del medio poroso hacia el pozo. (Bohórquez, 2010)
Hidrograma o variograma	Gráfica de la variación del nivel del agua subterránea o de otro parámetro o característica del agua del acuífero que representa su variación con respecto al tiempo, esta gráfica puede incluir datos de uno o varios pozos (Comisión Federal de Electricidad 2012).
Nivel dinámico (Nd)	Posición que ocupa el agua subterránea, generalmente en un pozo, cuando se encuentra en funcionamiento el respectivo equipo de bombeo (Villalobos, 2013).
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 (Villalobos, 2013).
Pozo	Es una perforación vertical que se hace en el terreno de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que su profundidad. Una vez hecha la perforación se instala un tubo vertical dentro de ella, el cual tiene unas secciones de tubería llamadas filtros que se instalan en frente de los acuíferos para que el agua penetre y pueda ser bombeada a la superficie del terreno. (Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 1999).
Pozo de observación o piezómetro	Es cada uno de los pozos en los cuales se toman las medidas de niveles estáticos y/o dinámicos durante una prueba de bombeo con el fin de determinar la curva de abatimiento del acuífero (Bohórquez, 2010).
Profundidad	Distancia desde la parte superior del pozo hasta el fondo de la perforación o del entubado (tubo instalado dentro del pozo) (Villalobos, 2013).
Prueba de aforo	Prueba hidráulica a caudal variable que permite determinar las condiciones hidráulicas de un pozo, su eficiencia operativa y el caudal recomendado de operación (Comisión Federal de Electricidad, 2012).
Prueba de bombeo	Prueba hidráulica que permite determinar las condiciones hidráulicas del acuífero en el entorno del pozo: la permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento. Así como los fenómenos asociados a la operación constante de uno o varios pozos: radio de influencia, barreras hidráulicas, zonas de recarga, entre otras. Es una herramienta común utilizada en hidrogeología para caracterizar un sistema de acuíferos. (Comisión Federal de Electricidad, 2012). Las pruebas de bombeo se realizan para determinar las propiedades hidráulicas de los acuíferos y las pruebas de interferencia; proporcionan información relacionada con el movimiento del agua en el suelo. determina el caudal específico, relación entre el caudal alumbrado y el abatimiento dinámico en el pozo; relación que es indicativa del rendimiento del pozo. (MAATE, 2024).



Prueba de bombeo a caudal constante	Ensayo que consiste bombear agua en una captación en la que los niveles en el pozo de bombeo se estabilizan a partir de un tiempo y ya no varían con el bombeo. Esto implica que el acuífero actúa como mero transmisor de la recarga y que el bombeo no toma agua del almacenamiento. Se interpreta la evolución de los descensos de nivel en puntos de observación cercanos, no el descenso total (Manzano, 2008).
Prueba de bombeo a caudal variable	Denominada también escalonada, ensayo que permite estimar el rendimiento del pozo, el caudal de explotación del pozo, ecuación del pozo, curva característica del pozo y eficiencia del pozo. Debe realizarse antes de la prueba caudal constante. (Manzano, 2008).
Prueba de interferencia	Las pruebas de interferencia perforan un pozo, en la zona del acuífero a estudiar, y se bombea un caudal dado durante un tiempo. En el pozo y piezómetros próximos a él, se mide: efecto del bombeo en el nivel del agua. Las propiedades hidráulicas del acuífero, se determinan los valores del abatimiento medido en los piezómetros, las distancias de éstos al pozo y el caudal de bombeo. (MAATE, 2024).
Radio de influencia	Es la distancia horizontal que hay desde el centro del pozo hasta el límite del cono de abatimiento. (Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 1999).
Transmisividad	La transmisividad, es el caudal de agua subterránea que circula por una sección de acuífero de altura el espesor saturado y anchura la unidad cuando el gradiente hidráulico es la unidad. (Tapia, 2019)

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

ABREVIATURAS

Para la correcta aplicación del presente anexo técnico es necesario conocer la siguiente terminología:

Tabla 2: Abreviaturas

ABREVIATURA	DEFINICIÓN
ARCA	Agencia de Regulación y Control del Agua
AUA	Autoridad Única del Agua
CDA	Certificado de Disponibilidad del Agua
LORHuyA	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
SIG	Sistema de Información Geográfica
UTM	Universal Transversal de Mercator
DCRH	Dirección de Control de Recursos Hídricos
DZ	Dirección Zonal del MAATE
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024



MARCO LEGAL

El presente instrumento regulatorio se sustenta en el marco legal establecido en la Legislación vigente, en los siguientes artículos:

Tabla 3: Normativa y Base Legal

TEMÁTICA	ARTÍCULOS	NORMATIVA
Agua	12, 313, 318	Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial N° 449, 20 de octubre de 2008.
Autoridad de la gestión del agua	412	Constitución del Ecuador. Registro Oficial N° 449, 20 de octubre de 2008.
Agencia de Regulación y Control del Agua	21	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Competencias de la ARCA	23	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Dominio hídrico público	11	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Condiciones para el otorgamiento de autorizaciones de uso del agua.	90	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
La autorización para el aprovechamiento productivo de agua	95	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Uso y aprovechamiento. Para la exploración y afloración de aguas subterráneas	117	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.



Corresponsabilidad en la conservación del agua subterránea.	118	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Licencias de exploración y alumbramiento	119	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Obligación de información	121	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305, de fecha 6 de agosto de 2014.
Zonas de Restricción: Establecimiento y Finalidades	66	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Disposiciones Generales. - Las actividades de exploración de aguas subterráneas están sometidas a la existencia de previa licencia.	93	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Procedimiento de otorgamiento de la licencia de exploración	94	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Contenido de la licencia de exploración	95	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Obligaciones y derechos del titular de la licencia de exploración	97	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.

Extinción de la licencia de exploración	98	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Autorizaciones para uso y aprovechamiento de aguas subterráneas	99	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Interferencia	99 literal b)	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.
Inspección de los aprovechamientos	100	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483, de fecha 20 de abril de 2015.

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

CAPÍTULO II: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBAS DE BOMBEO

La prueba de bombeo y su respectivo informe constituyen documentos indispensables para la emisión de Certificados de Disponibilidad de Agua (CDA) por parte de la ARCA, para el caso de fuentes hídricas subterráneas.

Si bien en todos los pozos se pueden realizar pruebas de bombeo, este instrumento en particular permite definir los parámetros mínimos en los informes de pruebas de bombeo para pozos, los cuales facilitarán el adecuado análisis de disponibilidad del agua subterránea.

Una vez terminada la evaluación de los datos obtenidos en el ensayo por bombeo, resulta necesario elaborar un informe con los resultados obtenidos, por lo tanto, es necesario definir los parámetros mínimos que el profesional encargado de realizar la prueba de bombeo deberá considerar dentro de la estructura de su informe.

LINEAMIENTOS GENERALES

A continuación, se presentan los principales lineamientos técnicos a considerarse por parte del solicitante de certificación de disponibilidad del agua de fuentes subterráneas:

1. Cabe recalcar que, debe existir concordancia de datos entre los documentos emitidos por la AUA y los documentos entregados por el peticionario, mismos que serán revisados por los técnicos de la ARCA.
2. El peticionario deberá caracterizar el pozo y el acuífero y determinará la metodología aplicable para cada caso.
3. El informe de la prueba de bombeo será realizado por un profesional de la rama de ingeniería, por ejemplo: hidrogeólogos, ingenieros civiles, hidráulicos, hidrólogos, geólogos, agrónomos y otros profesionales que demuestren experiencia en aguas subterráneas, y contará con su firma de responsabilidad añadiendo el número de registro SENESCYT (anexar el documento). La información presentada por el profesional técnico con firma de responsabilidad en el informe de prueba de bombeo, estará sujeta a posterior revisión por parte de los técnicos de la ARCA. De comprobarse que en el informe de prueba de bombeo presenta irregularidades, será causal de solicitud de subsanación de información.
4. El peticionario podrá presentar el informe de la prueba de bombeo suscrito de manera física o digital y deberá ser íntegro; en caso de identificar irregularidades, inconsistencias, adulteración, entre otros, la Agencia de Regulación y Control del Agua, solicitará la remisión de los documentos originales y comprobará la validez de los mismos. Se especifica que la prueba de bombeo debe ser firmada por el técnico responsable de la prueba, más no por el Gerente o Representante Legal de la consultora dedicada a esa actividad, en los casos que aplique.
5. El profesional responsable del informe de la prueba de bombeo, respecto al radio de influencia, deberá considerar lo establecido en el artículo 99 del Reglamento a la LORHUyA “*Autorizaciones para uso y aprovechamiento de aguas subterráneas. Contenido. - El otorgamiento de autorizaciones para el uso y aprovechamiento de aguas subterráneas se sujetará a las siguientes condiciones generales:*” (...) literal b) “*Que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y, en general, con otras afloraciones preexistentes. A estos efectos y si los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos de Cuencas no fijan otra distancia, no podrá*

autorizarse la apertura de un pozo a menos de 100 metros de otro o de cauce público"; con la finalidad de que una fuente subterránea no produzca interferencia con otros pozos.

6. Cabe mencionar que la Agencia aceptará el informe de las pruebas de bombeo realizadas en los últimos 10 años, siempre y cuando cuenten con la información indicada y con la firma de responsabilidad del profesional encargado de ejecutar la prueba de bombeo.

TITULO I: CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Las siguientes consideraciones técnicas sirven como una guía para la caracterización, metodología e interpretación de la prueba de bombeo presentada por el profesional competente. No obstante, queda a criterio del profesional que elabora y suscribe el informe de la prueba de bombeo seleccionar la metodología que mejor se ajuste a su estudio, siempre y cuando su análisis esté debidamente justificado técnicamente. En caso de encontrarse incongruencias, la ARCA procederá a solicitar la subsanación correspondiente.

CARACTERIZACIÓN DEL POZO Y TIPO DE ACUÍFERO

a) Nombre de la fuente, coordenadas y profundidad del pozo

El informe de las pruebas de bombeo puede contener uno o más puntos de análisis, se deberá presentar una breve descripción del proyecto, dando un nombre corto y claro que permita identificar donde se realizó la prueba de bombeo, cada punto debe contar con su localización (provincia, cantón, parroquia), nombre de la fuente de agua, coordenadas geográficas en sistema UTM WGS84 georreferenciadas en la zona correspondiente, "X" -"Y" en metros, con su respectiva altitud en metros sobre el nivel del mar y la profundidad del pozo en metros.

b) Tipo de acuífero

Se deberá indicar el tipo de acuífero considerando las características litológicas de lugar de emplazamiento del pozo; para lo cual se podrán clasificarse en:

- Acuíferos confinados
- Acuíferos semiconfinados
- Acuífero no confinado o libre

Conocer esta información permitirá establecer la metodología para el cálculo de los parámetros del acuífero de una mejor manera.

TIPO Y METODOLOGÍA DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBA DE BOMBEO

De manera general se detallan los tipos de prueba de bombeo que deben ser considerados por los profesionales responsables de la prueba de bombeo y que suscriban los respectivos informes; estos puedan sustentar y justificar técnicamente el tipo de prueba de bombeo seleccionado.

Es importante justificar el tipo de prueba seleccionado, ya que este permitirá elegir la metodología para la interpretación de la prueba de bombeo y para conocer las características del pozo.

En general, los métodos más utilizados son las pruebas a caudal constante, que son adecuados para analizar el comportamiento de acuíferos confinados, semiconfinados y libres. En la Tabla 4 se presenta la metodología de interpretación, basados en las soluciones matemáticas clásicas de la hidrogeología. No obstante, queda a criterio del profesional que elabora y suscribe el informe de la prueba de bombeo seleccionar la metodología que mejor se ajuste a su estudio, siempre y cuando el análisis esté debidamente justificado técnicamente.

Tabla 4: Tipo y metodología de interpretación de prueba de bombeo

TIPO DE ACUÍFERO	TIPO DE PRUEBA DE BOMBEO		MÉTODOLOGÍA DE INTERPRETACIÓN
Confinado	Régimen permanente		Fórmula de Thiem
	Régimen variable	Interpretación de descensos	Fórmula de Theis
		Interpretación de recuperación	Aproximación logarítmica de Jacob
	Régimen permanente		Fórmula de recuperación de Theis
Semiconfinado	Régimen permanente		Fórmula de De Glee o de Jacob-Hantush
	Régimen variable	Interpretación descensos	Fórmula de Hantush
		Interpretación recuperación	Análisis ascensos teóricos
No confinado o libre	Régimen permanente		Fórmula de Thiem (1) y corrección de Jacob
	Régimen variable	Interpretación descensos	
		Fórmula de Dupuit (2)	
		Fórmula de Theis (3)	
		Aproximación logarítmica de Jacob (3)	
		Corrección de Dupuit	
		Fórmula de Boulton	
		Fórmula de Neuman	
		Interpretación recuperación	Fórmula de recuperación de Theis (1)

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

Fuente: Marisol Manzano Arellano, Práctica 6: Interpretación de un ensayo de bombeo en un acuífero cautivo en régimen variable, 2000

(1) Para descensos pequeños en comparación con el espesor saturado.

(2) Si es admisible la aproximación de Dupuit-Forcheimer.

- (3) Si los descensos son pequeños en comparación con el espesor saturado y no existe drenaje diferido (es instantáneo).

RESPALDOS DE DATOS TÉCNICOS

En el informe de la prueba de bombeo se deberá de realizar los cálculos de los parámetros conforme a la metodología establecida en la tabla 4. Se deberá incluir el registro de aforos, las curvas de interpretación (descensos vs. tiempo, recuperación vs. tiempo en escala logarítmica), ecuaciones y resultados obtenidos.

Del producto de los cálculos que se hayan realizado en el informe de la prueba de bombeo, se espera obtener los parámetros hidrogeológicos del pozo en estudio, para los cuales se deberán consideran como mínimo los siguientes criterios:

a) Transmisividad

Uno de los datos técnicos calculados muy importante es la transmisividad, cuyos valores de manera referencial, acorde a la revisión bibliográfica realizada (Pozos y Acuíferos, M. Villanueva y A. Iglesias, 1984), se presentan en la tabla 5.

Tabla 5: Valores de la transmisividad

TRANSMISIVIDAD	CALIFICACIÓN	POSIBILIDADES DEL ACUÍFERO
$T < 10$	Muy baja	Menos de 1 l/s con 10 metros de depresión
$10 < T < 100$	Baja	Entre 1 y 10 l/s con 10 metros de depresión
$100 < T < 500$	Media a alta	Entre 10 y 50 l/s con 10 metros de depresión
$500 < T < 1000$	Alta	Entre 50 y 100 l/s con 10 metros de depresión
$T > 1000$	Muy alta	Más de 100 l/s con 10 metros de depresión

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

Fuente: Pozos y Acuíferos, M. Villanueva y A. Iglesias, 1984

Los valores de transmisividad presentados en la Tabla 5 son referenciales, el técnico encargado de la elaboración del informe de la prueba de bombeo deberá justificar el cálculo y el rango de transmisividad acorde al tipo de metodología que se haya adoptado.

b) Coeficiente de almacenamiento

De más de 500 ensayos de bombeo ejecutados por el Instituto Geológico y Minero de España, los valores más significativos de coeficientes de almacenamiento, a efectos prácticos y según los datos obtenidos, se resumen en la tabla 6.

Tabla 6: Valores de coeficiente de almacenamiento

MATERIAL PERMEABLE	ACUÍFERO	S (valores medios)
Kárstico: calizas y dolomitas jurásicas	Libre	2×10^{-2}



MATERIAL PERMEABLE	ACUÍFERO	S (valores medios)
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Calizas y dolomitas cretácicas y terciarias	Libre Semiconfinado Confinado	$2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$ $10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$ $10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
Poroso intergranular: gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Kársticos y porosos: Calcareitas marinas terciarias	Libre	$5 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Fuente: Pozos y Acuíferos, M. Villanueva y A. Iglesias, 1984

c) Radio de influencia

En el caso que no se tengan pozos de observación y se desee estimar el radio de influencia, los valores pueden estimarse a efectos prácticos; se sugiere ampararse en las cifras que se exponen en la Tabla 7.

Tabla 7: Valores del radio de influencia

TIPO DE MATERIAL PERMEABLE	FORMA DE FUNCIONAMIENTO DEL ACUÍFERO	VALORES POSIBLES DE RADIO DE INFLUENCIA (R)
Kárstico	Confinado Semiconfinado No confinado o libre	1.500 m - 2.000 m 1.000 m - 1.500 m 700 m - 1.000 m
Poroso intergranular	Confinado Semiconfinado No confinado o libre	900 m - 1.200 m 700 m - 900 m 400m - 700m
Kárstico y poroso	No confinado o libre	500 m - 1.000 m

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

Fuente: Pozos y Acuíferos, M. Villanueva y A. Iglesias, 1984

d) Prueba de interferencia

Para las pruebas de interferencia es recomendable considerar lo siguiente: Estudios preliminares existentes, elección del lugar adecuado de la prueba de bombeo, características del pozo, piezómetros de observación, interpretación de la variación del abatimiento en el tiempo. (MAATE, 2024).



e) Capacidad específica

Es el caudal o la cantidad de agua que se produce en el bombeo de un pozo, en un acuífero, por cada metro (o unidad de longitud) que desciende el nivel del agua dentro de él. Es el cociente entre el caudal bombeado y el abatimiento producido:

$$\text{Capacidad específica} = \frac{Q}{S} = \frac{\frac{lts}{seg}}{m}$$

$$\text{Se mide en } = \frac{lts/seg}{m} = LPS/m$$

Este es el parámetro más importante a medir y controlar durante la operación de un pozo ya que indica su verdadero estado de rendimiento. En la medida que el valor de este parámetro sea menor la eficiencia del pozo se reduce en la misma proporción. (Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 1999).

TITULO II: PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO PARA POZOS

Los parámetros mínimos que deben ser incluidos en el informe de la prueba de bombeo, sin pozo de observación son:

Tabla 8: Parámetros mínimos para la elaboración del informe

PARÁMETROS	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
Metodología	-	Es fundamental describir el método utilizado para obtener los parámetros a partir de la prueba de bombeo, ya que existen diversos enfoques para la interpretación de estas pruebas. Dichos métodos pueden variar significativamente en función de cómo se ajustan los datos de campo a las particularidades específicas de los acuíferos estudiados (Revisar tabla 4).
Nombre de la fuente hídrica subterránea, Coordenadas y profundidad (Caracterización)	-	Cada punto debe contar con su localización (provincia, cantón, parroquia), nombre de la fuente de agua, coordenadas geográficas, altitud, profundidad del pozo, características litológicas y tipo de acuífero.
Tiempo de la prueba de bombeo	t	El tiempo de la prueba de bombeo será en horas; en el caso de gráficas en escala logarítmica, será en minutos.
Nivel Estático Nivel Dinámico Abatimiento	Ne Nd s	Valores obtenidos durante la prueba de bombeo en metros.



PARÁMETROS		ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
Transmisividad		T	Valor obtenido de la prueba de bombeo según el tipo de ensayo y metodología de interpretación aplicada en m ² /día.
Capacidad Específica o Caudal Específico		CE	Parámetro fundamental para evaluar la productividad de un pozo, indica cuánta agua se puede extraer del pozo por cada metro de descenso en el nivel del agua en l/s/m.
Caudal Bombeo		Qb	Describe la cantidad de agua que se extrae desde el pozo de explotación durante la prueba de bombeo, se designará con la nomenclatura Qb en l/s.
Caudal Recomendado		Qr	Describe el caudal de explotación óptimo en función de los resultados de la prueba de bombeo, con el cual no se afectará al acuífero en l/s.
Caudal Máximo de explotación		Qmax	Describe el caudal máximo que pueda obtenerse del pozo de explotación en l/s.
Radio de influencia		R	Describe la distancia desde el centro del pozo hasta el punto en el acuífero donde el efecto del bombeo (el descenso del nivel del agua) se vuelve insignificante o nulo en metros.
Anexo	Registro de aforos y niveles de abatimiento	-	Son los respaldos de los registros obtenidos de la prueba de bombeo realizada.
	Cálculos	-	Son los procedimientos desarrollados para la obtención de los parámetros hidráulico tanto del pozo como del acuífero, en base a los datos obtenidos de la prueba de bombeo. Por lo tanto, se colocará como mínimo la fórmula principal, datos generales y específicos que intervienen, así como el valor obtenido del parámetro.
	Curvas de interpretación (Graficas de datos)	-	Serán todos los gráficos donde intervengan los datos obtenidos de la prueba de bombeo, mismos que en algunos casos pueden servir para obtener otros parámetros hidráulicos. Ejemplo: Curva tiempo vs descenso, Curva distancia vs descenso, curva de recuperación.
	Registro Fotográfico	-	Serán las fotografías al proceso de la prueba de bombeo realizadas previo, durante, y posterior a su ejecución en la cual deberán de llevar una leyenda con al menos ubicación, localización (sistema UTM WGS84 y zona que corresponda), fecha y hora.

Nota: Se podrán añadir otros parámetros técnicos adicionales que el profesional responsable de la prueba de bombeo considere necesarias a fin de justificar sus cálculos, conclusiones y recomendaciones.

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024



TITULO III: PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO PARA POZOS CON PIEZÓMETRO O POZO DE OBSERVACIÓN

Para los casos donde existe un pozo de observación cercano al pozo de explotación o de exploración de características similares, los datos de descensos deben ser medidos desde este pozo.

Además de los parámetros definidos en el apartado anterior de la presente guía, se requieren los siguientes datos para el pozo de observación:

Tabla 9: Parámetros técnicos para el pozo de observación

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Datos técnicos	Dependiendo el método a utilizarse se puede describir al menos los siguientes datos: distancia del pozo de observación al pozo de bombeo, depresión producida en el pozo de observación, sus respectivos niveles y, caudales.
Coeficiente de almacenamiento	Describe el volumen de agua que un acuífero puede liberar o almacenar por unidad de superficie en m ² por cada unidad de cambio en el nivel piezométrico (o nivel de agua) del acuífero. Parámetro esencial para evaluar cómo un acuífero puede responder a la extracción de agua
Radio de influencia (R)	Describir la distancia existente entre el pozo de bombeo y la zona del acuífero, en la que la influencia puede considerarse nula en metros.

Nota: Se podrán añadir otros parámetros técnicos adicionales que el profesional responsable de la prueba de bombeo considere necesarias a fin de justificar sus cálculos, conclusiones y recomendaciones.

Elaborado por: Dirección de Control de Recursos Hídricos - ARCA, 2024

Se debe aclarar que, si el pozo al que se hace referencia como pozo de observación, es explotado o no, ya que se debe tener en cuenta que el radio de influencia mínimo debe ser 100 metros acorde al Reglamento de la LORHUyA en el artículo 99 literal b indica: “*b) Que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y, en general, con otras afloraciones preeexistentes. A estos efectos y si los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos de Cuencas no fijan otra distancia, no podrá autorizarse la apertura de un pozo a menos de 100 metros de otro o de cauce público.*”

BIBLIOGRAFÍA

1. POZOS Y ACUÍFEROS Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo (Villanueva Martínez & Iglesias López, 1984).
2. Corporación Federal de Hidroelectricidad, Colombia, 2012.
3. Corporación Autónoma Regional del Cesar, Colombia, 2009.
4. Trabajo de Grado: “Evaluación de las Condiciones de Abastecimiento y Utilización de Agua en la Institución Educativa Técnico Agropecuaria de Flor del Monte, Zona Rural Oriental de Ovejas Sucre”, Genny Rosa Bohórquez Petro, Sincelejo – Colombia, 2010.
5. Análisis y evaluación de los datos de ensayos por bombeo, G. P. Kruseman, N. A. DE Ridder, Traducción al castellano Miguel Donezar, INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RE CLAMATION AND IMPROVEMENT WAGENINGEN, HOLANDA 1975.
6. Práctica 6: Interpretación de un ensayo de bombeo en un acuífero cautivo en régimen variable. Marisol Manzano Arellano, 2008.
7. Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueductos, 1999.
8. Universidad Tecnológica de Panamá Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas Área de Hidráulica, Procedimiento para la Prueba de Bombeo: Escalonado y de Larga Duración, 2006.
9. Instituto Tecnológico De Buenos Aires –ITBA, Escuela De Postgrado, “Trabajo Final Presentado para la Obtención del Título de la Especialización en Terminación de Pozos en Reservorios no Convencionales”, Reinaldo Tapia, Buenos Aires, Argentina, año 2019.
10. Fermín Villarroya (2019), Tipos de acuíferos y parámetros hidrogeológicos, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense.
11. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024), Criterios técnicos emitidos mediante Oficio Nro. MAATE-SRH-2024-0070-O de 30 de julio de 2024.

ANEXOS

ANEXO 1: ESTRUCTURA DEL INFORME DE PRUEBA DE BOMBEO

Dependiendo de las características de las fuentes subterráneas, cada profesional que realice la prueba o ensayo de bombeo detallará la metodología utilizada, los parámetros obtenidos y los cálculos efectuados dentro de la estructura del informe de la prueba o ensayo. El informe deberá contener como mínimo la siguiente información, y la que el profesional considere relevante para el análisis de disponibilidad de agua:

- **Título**

Constará de un título simplificado con el nombre del proyecto.

- **Descripción**

De manera breve y clara se describa al proyecto y el entorno donde se va realizó la prueba de bombeo.

- **Caracterización del pozo - acuífero**

Se presentarán las consideraciones técnicas presentadas en el capítulo II de la presente guía técnica.

- **Metodología adoptada**

Justificar técnicamente la adaptación del tipo de bombeo seleccionado, de la metodología para la interpretación del ensayo de la prueba de bombeo, y pruebas de interferencia. Ver consideraciones técnicas.

- **Cálculos y análisis**

Se presentarán los cálculos y resultados obtenidos de los parámetros establecidos, de manera clara y ordenada dependiendo si cuenta o no con pozo de observación.

- **Observaciones**

También se pueden presentar aclaraciones, observaciones o investigaciones o estudios adicionales dependiendo de las particularidades de la fuente, en caso de existir.

- **Conclusiones**

Se debe concluir de manera obligatoria respecto a la prueba o ensayo de bombeo, sobre el caudal máximo de producción o explotación del pozo.

- **Recomendaciones**

En este ítem se recomendará de manera obligatoria el caudal recomendado de explotación del pozo, expresado en l/s. Además de las recomendaciones adicionales que el responsable de la prueba de bombeo crea convenientes.

- **Firma de responsabilidad**

El responsable del informe de prueba de bombeo debe colocar al final: abreviatura de su título profesional, nombres y apellidos, número de registro SENESCYT (anexar el documento) y su firma de responsabilidad. Obsérvese si la firma es digital y si la firma es física debe colocar de forma legible y con sello de la organización.

Además, se sugiere colocar un número de teléfono y correo de contacto del responsable del informe de prueba de bombeo en caso de requerir alguna aclaración.

- **Anexos**

En este ítem se pueden presentar los cálculos de manera más detallada, las gráficas representativas, curvas de interpretación (descensos y recuperación), registros de aforos y niveles de abatimiento, y registro fotográfico, etc. Con la debida firma de responsabilidad. ANEXO 2: FORMULARIO E INSTRUCTIVO DE FUENTES SUBTERRÁNEAS.



ANEXO 2: FORMULARIO DE FUENTES SUBTERRÁNEAS

FORMULARIO DE SOLICITUD DE CERTIFICACIÓN DE DISPONIBILIDAD DEL AGUA PARA FUENTES SUBTERRÁNEAS					
Nombre del solicitante:					
En caso de empresa especificar su representante legal:					
Teléfonos:	<input type="checkbox"/> Nueva	<input type="checkbox"/> Renovación	<input type="checkbox"/> Modificación	Correo electrónico:	
Autorización:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fecha de inicio de trámite administrativo en: SENAAGUA/MAATE:	
Número de trámite administrativo:	Tiempo de uso o aprovechamiento del agua:				
UBICACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN					
Provincia:		Cantón:		Sector:	
Parroquia:					
Referencia:					
DATOS DE LA FUENTE DE AGUA SUBTERRÁNEA					
Nro.	NOMBRE DEL POZO	CAUDAL SOLICITADO (l/s)	USO Y/O APROVECHAMIENTO	COORDENADAS WGS-1984 UTM ZONA 17S	
				X (m)	Y (m)
				Z (m s.n.m.)	
<i>Llenar los datos de cada uno de los pozos a ser certificados, indicando el caudal solicitado para cada uno de los usos y aprovechamientos del agua.</i>					
DATOS DE LA PRUEBA DE BOMBEO					
Fecha (dd/mm/aaaa)		Type de pozo:		Profundidad de pozo (m)	
Nivel de bombeo (m)		Tiempo de bombeo (h)			
Diámetro de pozo (mm)		Caudal de bombeo (l/s)			
POZO DE BOMBEO					
Nivel estático (m)		POZO DE OBSERVACIÓN			
Nivel dinámico (m)		Nivel estático (m)			
Abastimiento de la prueba (m)		Nivel dinámico (m)			
Abastimiento de la prueba (m)		Altitudimiento de la prueba (m)			
CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS DEL POZO Y DEL ACUÍFERO					
Distancia entre pozos (m)		Altitudimiento disponible (m)			
Coeficiente de almacenamiento	Método usado:	Caudal máximo de explotación (l/s)			
Transmisividad (m ² /d)	Método usado:	Caudal recomendado de explotación (l/s)			
Capacidad específica (l/s/m)		Diámetro de pozo a explotar (mm)			
Radio de influencia (m)		Diámetro de bombeo del caudal a explotar (m)			
<i>Anexar croquis y fotografías de la ubicación del pozo, además el informe de perforación del pozo e informe hidrogeológico. Anexar ensayo de bombeo de pozos cercanos, informe de perforación del pozo e informe hidrogeológico. Anexar información adicional que agilice el análisis del pozo y acuífero.</i>					