



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

DIRECCIÓN GENERAL  
DE PLANIFICACIÓN



NB 173001

**REGLAMENTO  
NACIONAL DE  
PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS  
PARA LA CONSTRUCCION DE POZOS  
DE AGUA**

**Depósito Legal 4-1-448-2023 P.O.**

Titulo:

Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua  
Reglamento de la NB173001

Elaboración:

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)  
Dirección General de Planificación (DGP)/ Unidad de Estudios Especiales

Esta publicación fue posible con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) a través del Experto de JICA, Asesor en Manejo de Aguas Subterráneas para la Adaptación al Cambio Climático.

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente reglamento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

Noviembre, 2023  
La Paz, Bolivia

---

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA  
DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN**

**REGLAMENTO NACIONAL DE  
PROCEDIMIENTOS  
TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCION DE  
POZOS DE AGUA**

**Primera Edición  
Octubre 2023**





**LUIS ALBERTO ARCE CATACORA**

PRESIDENTE CONSTITUCIONAL  
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA





**DAVID CHOQUEHUANCA CÉSPEDES**

VICEPRESIDENTE CONSTITUCIONAL  
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



## PRESENTACIÓN



El Ministerio de Medio Ambiente y Agua a través de la Unidad de Estudios Especiales de la Dirección General de Planificación, pone a disposición el presente Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua.

Este Reglamento Nacional de la Norma Boliviana NB173001, se constituye en instrumento de ordenamiento técnico, orientado a aplicar criterios de calidad, condiciones mínimas, que se deben cumplir antes, durante y después de la construcción de pozos para la extracción de agua para su uso en actividades antrópicas de forma adecuada, sin modificar las condiciones de los acuíferos y su calidad de agua. Su utilización es de carácter obligatorio y un compromiso y responsabilidad de las instituciones y profesionales que trabajan en el Sector; dirigido a instituciones públicas y privadas, Gobiernos Autónomos Municipales, Gobiernos Autónomos Indígenas Originarios Campesinos, Gobiernos Autónomos Departamentales, Empresas Consultoras y Constructoras, Consultores unipersonales, Profesionales y Técnicos del sector.

Ing. Rubén Alejandro Méndez Estrada  
**MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA**



## PREFACIO

La elaboración, complementación, ajuste y revisión del "**Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua**" (de la NB 173001), en su primera edición, estuvo a cargo de la Unidad de Estudios Especiales de la Dirección General de Planificación, del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y contó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, a través del Experto de JICA, Asesor en Manejo de Aguas Subterráneas para la Adaptación al Cambio Climático.

**Rubén Alejandro Méndez Estrada**

MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

**Danilo Ariel Chambi Camacho**

DIRECTOR GENERAL DE PLANIFICACIÓN

**Yerson Carballo Montiel**

VICEMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

**Eduardo Toromayo Terán**

VICEMINISTRO DE RECURSOS HIDRICOS Y RIEGO

**Franz Álvaro Quispe Olivera**

VICEMINISTRO DE MEDIO AMBIENTE, BIODIVERSIDAD, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE GESTIÓN Y DESARROLLO FORESTAL

**Oscar Meave Silva**

JEFE DE LA UNIDAD DE ESTUDIOS ESPECIALES

Las siguientes instituciones y personas participaron en la revisión en reuniones y emisión de criterio técnico durante periodo (agosto 2022 a junio 2023)

Beatriz Canaviri	DGP/UEE
Bladimir Barrientos Chinou	VAPSB
Rafael Clavel Morales	VAPSB
Alina Manríquez	VAPSB/UEDESGI
Marcela Joffre	VAPSB/DGGIR
Vladimir Colque Mejía	VRHR/DGR
Ángel Mercado	VRHR/DGR
Teresa Coaquira Siñani	VMABCCDGDF/DGMACC
Alfonso Cosme Huanca	VMABCCDGDF/DGMACC
Jaime Condori	AAPS
Freddy Bustinza G.	AAPS
Luis Andrés Rasguido Arraya	AAPS
Jaime Sucasaca Corina	SENARI
José Luis Patzi	SENARI
Rilamar León Gutiérrez	SENARI
Elizabeth Chino Nicolas	SENARI

Raúl Milton Rojas Segales	SENARI
David Villalobos H	MDRyT/UEP
Orlando Quenta M.	MDRyT/UEP
Tito Ovidio Mamani Ticona	MDRyT/UEP
Roldan Yupa	MDRyT/UEP
Wilfredo Calizaya A.	MDRyT/UEP
Ronald Suxo Chigua	MDRyT/UEP
Wilfredo Paco Mamani	MDRyT/UEP

La Elaboración del presente Reglamento, estuvo a cargo del experto de JICA:

Yoshinori Fukushima	Experto de JICA
Karen Sanjinés Jiménez	Coordinación Nacional para Aguas Subterráneas y Cambio Climático -JICA

## RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 474 La Paz, 12 de octubre de 2023

### VISTOS:

La Nota Interna NI/MMAYA/DGP/UEE/UTP N° 0171/2023 de 07 de septiembre de 2023, por la cual el Director General de Planificación, remite el Reglamento "Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua", para su aprobación mediante Resolución Ministerial, con la finalidad de regular la sostenibilidad del recurso hídrico, y todo lo que convino ver y se tuvo presente:

### CONSIDERANDO:

Que, el numeral 5, Parágrafo II del Artículo 298 de la Constitución Política del Estado define como competencia exclusiva del nivel central del Estado el régimen general de recursos hídricos y sus servicios.

Que, el Artículo 342 de la Norma Fundamental establece que: *"Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente"*.

Que, el Parágrafo I del Artículo 373, del Texto Constitucional dispone: *"El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad"*.

Que, el parágrafo III del Artículo 374 del Texto Constitucional estipula: *"Las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras son prioritarias para el Estado, que deberá garantizar su conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral; son inalienables, inembargables e imprescriptibles"*.

Que, el Artículo 25 de Ley N° 1333 de 27 de abril de 1992, "Ley de Medio Ambiente", refiere que todas las obras, actividades públicas o privadas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la categoría de evaluación de impacto ambiental que deberá ser realizada de acuerdo a los siguientes niveles

Que, el Artículo 36 de la Ley N° 1333, determina que: *"Las aguas en todos sus estados son de dominio originario del Estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Su utilización tiene relación e impacto en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del Estado y la sociedad"*.

Que, el Artículo 37 de la misma disposición normativa, señala que la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas, constituyen prioridad nacional.

Que, el numeral 3) del Artículo 27 de la Ley N° 300 de 15 de octubre de 2012, "Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien", prevé que, el agua en todos sus ciclos hídricos y estados, superficiales y subterráneos, así como sus servicios, no podrán ser objeto de apropiaciones privadas ni ser mercantilizados. El acceso al agua estará sujeto a un régimen de licencia, registros y autorizaciones conforme a Ley del Agua específica.

Que, el numeral 12, del Artículo previamente citado establece la necesidad de *"Desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran afectados por el cambio climático, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados y otros"*.

Que, los incisos d) y f), del numeral 1, Parágrafo I del Artículo 89 de la Ley N° 031 de 19 de julio de 2010, "Ley marco de Autonomías y Descentralización "Andrés Báñez", en el marco

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



de lo prevista en el Numeral 5, Parágrafo II del Artículo 298 de la Constitución Política del Estado, es competencia exclusiva del nivel central del Estado, establecer mediante ley el régimen de recursos hídricos y sus servicios que comprende las: *d) Condiciones y restricciones para sus usos y servicios en sus diferentes estados, f) La regulación respecto al uso y aprovechamiento*.

Que, el inciso d) del Artículo 8 de la Ley N° 2066 de 11 de abril de 2000, Ley de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, señala entre las definiciones para la aplicación de la presente Ley: Autorización para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico para el servicio de agua potable: Acto administrativo por el cual la Autoridad competente del Recurso Hídrico, a nombre del Estado Boliviano, otorga el derecho de uso y aprovechamiento de este recurso para la prestación de servicios de agua potable.

Que, el Artículo 80 de la norma previamente referida prohíbe la perforación de pozos y otras formas de captación de aguas que no cuenten con autorización de la autoridad competente del recurso agua o de la institución delegada por la misma.

Que, la Ley N° 2878 de 08 de octubre de 2004, "Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal", establece las normas generales que regulan el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en las actividades del riego para la producción agropecuaria y forestal, su política, el marco institucional, regulación y de gestión de riego, para otorgar y reconocer derechos, establecer obligaciones y garantizar la seguridad de las inversiones comunitarias, familiares, públicas y privadas".

Que, el Decreto Supremo N° 28817 de 02 de agosto de 2006, tiene por objeto Reglamentar la Ley N° 2878 de 8 de octubre de 2004, estableciendo el marco general e institucional de la Promoción y Apoyo al Sector Riego, para la Producción Agropecuaria y Forestal, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las normas que regulan el aprovechamiento sostenible, armónico y respetuoso de la naturaleza, desde el uso de los recursos hídricos en actividades de riego, reconociendo y otorgando derechos de uso y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios y forestales.

Que, el Artículo 3 de la Norma previamente citada, define los siguientes conceptos: *"ACUIFERO SUBTERRANEO (AGUAS SUBTERRANEAS).- Agua estática o en movimiento existente bajo la superficie del suelo. Se encuentra saturando completamente el volumen de los poros y fisuras de estructuras geológicas sedimentarias. // CICLO HIDROLOGICO.- Sucesión de estados físicos del agua que se repiten cíclicamente de forma natural: evaporación, condensación, precipitación pluvial, escorrentía superficial, infiltración subterránea, depósitos en cuerpos superficiales y nuevamente evaporados. // TURNOS DE RIEGO.- Forma de expresión del derecho o del acceso al agua en los sistemas de riego para su uso y aprovechamiento con fines productivos. Se expresa a nivel individual, familiar o colectivo. Por ejemplo: turnos de mita, turnos de pozo, rol de turnos y otros".*

Que, el inciso a) del Artículo 5 del mismo cuerpo normativo, señala entre los fundamentos de la política del uso y aprovechamiento del agua que el Estado y Pueblo bolivianos tienen el dominio originario y la propiedad sobre los recursos hídricos en todos sus estados y manifestaciones; en ese entendido, el inciso c) refiere que el agua es un recurso natural vital, estratégico, finito, vulnerable y sus usos cumplen una función vital, social, ambiental, cultural y económica.

Que, el Decreto Supremo N° 071 de 09 de abril de 2009, con el cual se crea la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básicos - AAPS, entre otras; entidad con atribuciones de fiscalización, control, supervisión y regulación de las actividades de Agua Potable y Saneamiento Básico, considerando la Ley N° 2066 de 11 de abril de 2000 y Ley N° 2878 de 08 de octubre de 2004.

Que, los incisos d. y e., del Artículo 24 del Decreto Supremo N° 071, señala entre las atribuciones de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y

2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO



Saneamiento Básico, "d. Regular el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos para el consumo humano y servicios de agua potable y saneamiento básico, respetando usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de organizaciones sociales, en el marco de la CPE. // e. Precautelar, en el marco de la CPE y en coordinación con la Autoridad Ambiental Competente y el Servicio Nacional de Riego, que los titulares de derechos de uso y aprovechamiento de fuentes de agua actúen dentro de las políticas de conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciares, subterráneas, minerales, medicinales; evitando acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos, que ocasionen daños a los ecosistemas y disminución de caudales para el consumo humano".

Que la Norma Básica Boliviana 173001 "Proceso Técnico para la Construcción de Pozos de Agua", tiene por objeto establecer los criterios técnicos y condiciones mínimas, que se deben cumplir antes, durante y después de la construcción de pozos para la extracción de agua, para su uso en actividades antrópicas de forma adecuada, sin modificar las condiciones de los acuíferos y su calidad de agua. La información generada y reportada debe alimentar el Sistema de Información de Agua Subterránea de Bolivia (SIASBO).

Que, el inciso w) del Artículo 14 del Decreto Supremo N° 4857 de 06 de enero de 2023, de Organización del Órgano Ejecutivo, señala entre las atribuciones de los Ministros del Órgano Ejecutivo "Emitir Resoluciones Ministeriales, así como Biministeriales y Multiministeriales en coordinación con las Ministras(os) que correspondan, en el marco de sus competencias".

Que, el inciso b) del Artículo 90 del Decreto previamente citado, establece entre las atribuciones de la Ministra(o) de Medio Ambiente y Agua, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, "b) Proponer políticas y normas, establecer y estructurar mecanismos para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, agua, conservación y protección del medio ambiente..." (sic).

Que, el inciso d) del Artículo 93 del Decreto Supremo N° 4857 de 06 de enero de 2023, establece que el Viceministro de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, ejerce las funciones de Autoridad Ambiental Competente Nacional - AACN, en el marco de las atribuciones establecidas en la legislación ambiental.

#### CONSIDERANDO:

Que, el Acta de Aprobación del Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua, de 21 de julio de 2023, suscrita por la Dirección General de Planificación (DGP), Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Viceministerio de Recursos Hídricos y Riegos (VRHR), Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF), Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento (AAPS), Servicio Nacional de Riego (SENARI) y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT).

Que, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), en coordinación con la Dirección General de Planificación - Unidad de Estudios Especiales (DGP-UEE) y con el apoyo de JICA, ha trabajado en la elaboración de la Norma Boliviana 173001 "Proceso Técnico para la Construcción de Pozos de Agua", en la Unidad Sectorial de Normalización, Comité Técnico de Normalización N° 17.13 "Saneamiento Básico", aprobada en fecha 31 de agosto de 2019 y ratificada por la Directiva del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) en fecha 04 de mayo de 2020, para proseguir con su reglamentación.

Que, el Informe Técnico INF/MMAyA/DGP/UEE/UTP N° 0095/2023 de 08 de agosto de 2023, elaborado por el Experto de JICA - Asesor en Manejo de Aguas Subterráneas para la Adaptación al Cambio Climático y la Profesional en Sensores Remotos, dependiente de la Unidad de Estudios Especial de la DGP, establece entre sus conclusiones: "Debido a la necesidad de contar con la reglamentación citada, en fecha 21 de julio de 2023, se aprobó



mediante acta el "Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua" con todas las instituciones involucradas que emitieron los criterios técnicos respectivos para completar y alimentar este reglamento, los tres Viceministerios del MMAyA (VAPSB – VRHR – VMABCCGDF), a través de sus direcciones designadas, asimismo la participación de la AAPS, SENARI, MDRyT... (sic). // Este Reglamento se constituye en un instrumento de ordenamiento técnico, orientado a aplicar criterios de calidad... (sic); en ese entendido, se ha establecido la necesidad de aprobar mediante Resolución Ministerial el Reglamento, para regular el uso de agua subterránea y la construcción de pozos.

Que, el Informe Legal INF/MMAyA/DGAJ/UAJ N° 0510/2023 de 12 de octubre de 2023, de la Dirección General de Asuntos Jurídicos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, previa descripción de antecedentes, y análisis legal concluye que: "que el "Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua", no contraviene el marco normativo vigente, y más bien se ajusta a la normativa desarrollada en el acápite II del presente Informe, por lo que corresponde su aprobación mediante Resolución Ministerial..." (sic).

#### POR TANTO:

El Ministro de Medio Ambiente y Agua, designado mediante Decreto Presidencial N° 4941 de 17 de mayo de 2023, en ejercicio de las facultades establecidas en el numeral 4, Parágrafo I del Artículo 175 de la Constitución Política del Estado y el numeral w), Parágrafo I del Artículo 14 del Decreto Supremo N° 4857 de 06 de enero de 2023 de Organización del Órgano Ejecutivo del Estado Plurinacional.

#### RESUELVE:

**PRIMERO:** APROBAR el REGLAMENTO NACIONAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE AGUA, que consta de cuatro (4) Capítulos, y 3 Anexos, los cuales forman parte indivisible de la presente Resolución Ministerial.

**SEGUNDO:** La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), el Servicio Nacional de Riego (SENARI), y la Autoridad Ambiental Competente Nacional (AACN) en el marco de sus atribuciones, quedan encargadas de la ejecución y cumplimiento del REGLAMENTO NACIONAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE AGUA.

**TERCERO:** El Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) y el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF), de conformidad con sus atribuciones, quedan encargadas de seguimiento y control al cumplimiento del REGLAMENTO NACIONAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE AGUA.

**Regístrese, comuníquese, cúmplase y archívese.**



Rubén A. Estrada  
MINISTRO  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA  
Estado Plurinacional de Bolivia

C.C. RAMBACHO/GEMV/br  
HR. MMAyA/2023-35504

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
<b>DISPOSICIONES GENERALES</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.1.- OBJETO</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- CAMPO DE APLICACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.3.- NORMAS TÉCNICAS DE REFERENCIAS</b>	<b>2</b>
<b>1.4.- DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA</b>	<b>3</b>
<b>1.5.- MARCO NORMATIVO DE REFERENCIA</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>10</b>
<b>PROCESO ADMINISTRATIVO</b>	<b>10</b>
<b>2.1. OBTENCIÓN DE AUTORIZACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS DE AGUA</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO III</b>	<b>11</b>
<b>PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS</b>	<b>11</b>
<b>3.1. PROCESO TÉCNICO ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO</b>	<b>11</b>
3.1.1.- Consideraciones Previas	11
3.1.2.- Prospección Geofísica	11
3.1.3.- Ubicación de nuevos pozos	12
<b>3.2.- PROCESO TÉCNICO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO</b>	<b>14</b>
3.2.1.- Consideraciones Previas	15
3.2.2.- Método de perforación	15
3.2.3.- Proceso de construcción de pozos de agua	15
3.2.3.1.- Equipos, herramientas y materiales requeridos	15
3.2.3.2.- Personal requerido	16
3.2.3.3.- Cronograma de trabajo	16
3.2.3.4.- Instalación de faenas	16
3.2.3.5.- Medición de la viscosidad y densidad del lodo de perforación	17
3.2.4.- Toma de muestras litológicas	17
3.2.5.- Cambio y adición de tallos de perforación	17
3.2.6.-Terminación de la perforación	17
3.2.7.- Retiro de herramientas	17
3.2.8.- Preparativos de la grava para empaque	18
3.2.8.1.-Selección de la granulometría de la grava y porcentajes	18
3.2.8.2.- Volumen de empaque de grava	19
3.2.8.3.- Preparativos y almacenamiento de la grava definida	19
3.2.9.- Terminación del Pozo piloto y/o pozo definitivo	19
3.2.10.- Perfilaje de pozo	19
3.2.11.- Diseño de pozo	20
3.2.12.- Preparativos de tubería de ademe (tuberías ciegas y ranuradas)	22
3.2.12.1.- Tubería ciega, encamisado o ademe	22
3.2.12.2.- Tuberías ranuradas, rejilla o filtros	22
3.2.12.3.- Entubado del pozo	22
3.2.13.- Empaque de grava	24
3.2.13.1.- Uso de tubo engravador	24
3.2.14.- Monitoreo durante el desarrollo de pozos de agua	25
3.2.14.1.- Limpieza y Desarrollo del pozo	26
3.2.15.- Prueba de bombeo escalonado, continuo y recuperación	27
3.2.15.1.- Prueba de bombeo escalonado	27

3.2.15.2.- Prueba de bombeo constante o de larga duración	28
3.2.15.3.- Prueba de recuperación	28
3.2.16.- Prueba de verticalidad y alineación	28
3.2.17.- Protección del Pozo	28
3.2.17.1.- Sello sanitario - Protector de tubería y base soporte de bomba - Losa de Hormigón	28
3.2.17.2.- Protección del pozo, caseta de control de bombeo y cerco perimetral	31
3.2.18.- Toma de muestra de agua para el análisis de calidad de agua	34
3.2.19.- Desinfección de pozos	34
3.2.20.- Producción del pozo (vida útil)	35
3.2.21.- Presentación de Informe Final y Planillas de reporte	36
3.2.22.-Cierre definitivo del pozo	36
<b>3.3.- PROCESO TÉCNICO DESPUES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO</b>	<b>36</b>
3.3.1.- Consideraciones Previas	36
3.3.2.- Proceso de instalación del sistema de bombeo	36
3.3.3.- Proceso de diagnóstico de pozo mediante video inspección (endoscopia de pozos)	37
3.3.3.1.- Monitoreo de datos	38
3.3.3.2.- Diagnóstico de un pozo	39
3.3.3.3.- Diagnóstico del Volumen de bombeo y el descenso de Niveles de agua	39
3.3.3.4.- Diagnóstico de escorrentía de arena fina	40
3.3.3.5.- Preparativos de los equipos, herramientas e instalaciones requeridas incluyendo el personal capacitado	40
3.3.3.6.- Preparativos del pozo (libre de bomba y espacio necesario)	41
3.3.3.7.- Instalación del equipo	41
3.3.3.8.- Grabación	41
3.3.3.9.- Toma de imágenes	41
3.3.3.10.- Verificación de puntos	41
3.3.3.11.- Análisis y evaluación	41
3.3.3.12.- Análisis del estado de los filtros y tubería ciega, uniones y puntos críticos	41
3.3.3.13.- Evaluación del estado del pozo	41
3.3.3.14.- Determinación de la factibilidad de rehabilitación del pozo	41
3.3.4.- Rehabilitación y/o mantenimiento del pozo	42
3.3.4.1.- Métodos de rehabilitación y/o mantenimiento	42
3.3.4.2.- Pasos para elaborar un Plan de rehabilitación y/o mantenimiento	43
3.3.5.- Sellado definitivo del pozo	43
3.3.5.1.- Requisitos del sellado	43
<b>CAPITULO IV</b>	<b>45</b>
<b>GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>45</b>
<b>4.1.- GENERALIDADES</b>	<b>45</b>
<b>4.2.- ALCANCES</b>	<b>45</b>
<b>4.3.- RESPONSABILIDAD</b>	<b>45</b>
<b>4.4.- AUTORIDAD COMPETENTE NACIONAL Y/O DEPARTAMENTAL</b>	<b>45</b>
<b>5.- ANEXOS</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 1 (NB Anexo C (NORMATIVO))</b>	<b>47</b>
<b>Contenido Mínimo del Informe de Estudio Geofísico</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 2 (NB Anexo H (NORMATIVO))</b>	<b>48</b>
<b>Planillas de Reporte de Perforación de Pozo</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 3 (NB Anexo J (NORMATIVO))</b>	<b>62</b>
<b>Contenido Mínimo del Informe de Perforación de Pozos</b>	<b>62</b>

## CAPITULO I

### DISPOSICIONES GENERALES

#### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Se identifico la necesidad de contar con una Normativa técnica para el uso del agua subterránea buscando que se cumpla el rol del Estado expresado en la Constitución Política del Estado respecto al agua como derecho fundamental y recurso no renovable; proponiendo también, generar información para la soberanía del líquido elemento cuya explotación, uso y preservación debe estar respaldada por una norma jurídica que regule y controle la actividad dentro de la filosofía del Vivir Bien y del respeto a la madre Tierra, tal como corresponde en un Estado de Derecho y al Estado Plurinacional de Bolivia, concluyendo con las etapas reglamentarias establecidas conforme a los procedimientos de elaboración de Normas, se trabajó en el Comité Técnico de Normalización No17.3 "Saneamiento Básico", como resultado se cuenta con la Norma NB 173001 "Proceso Técnico para la Construcción de Pozos de Agua", aprobada y ratificada por la Directiva del IBNORCA en fecha 2020-05-04.

Para proseguir con su respectiva Reglamentación, que contiene disposiciones para establecer criterios técnicos y condiciones mínimas que se deben cumplir. La finalidad principal del presente reglamento, es asegurar la sostenibilidad de las fuentes de agua, a partir de acuíferos, su manejo y preservación en un marco ambiental adecuado debido a la existencia de extensas zonas de vulnerabilidad.

*"El agua constituye un derecho fundamental para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso de acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, Art. 373.I diversidad y sustentabilidad."*

*III. "Las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras, son prioritarias para el Estado, que deberá garantizar su conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral; son inalienables, inembargables e imprescriptibles."*

Dentro la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, entre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) uno específico sobre el manejo del agua, el número 6, que pide: "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos".

En Bolivia ya se están viviendo experiencias negativas, como la contaminación de acuíferos, el descenso de niveles freáticos, disminución de la calidad del agua, desconocimiento de la situación ambiental, disponibilidad de agua de los acuíferos en todo el país incluyendo aquellos acuíferos transfronterizos y sobrebombados.

Para la identificación y entendimiento del agua subterránea se complementa con investigaciones geofísicas, hidrogeológicas e hidrológicas, así como fundamentos químicos, isotópicos, de vegetación y suelo. Es fundamental tener una visión holística sobre el agua subterránea, que va más allá de conocer la cantidad del recurso en una cuenca. Asimismo, es fundamental para las naciones basar su política económica-social en una política hídrica integral, basada en la continua generación de información sobre su agua subterránea, como es su calidad y cantidad.

Para evitar la perforación indiscriminada e incontrolada de pozos de agua, asimismo de la mala construcción de los pozos, operación y mantenimiento de estos.

El sobrebombeo de un pozo puede provocar que los costos económicos, sociales y ambientales derivados de su utilización intensiva sean mayores, más que los beneficios que genera, prever factores negativos y/o remediar a tiempo con normas y reglamentos claros, precisos y de cumplimiento obligatorio.

## 1.1.- OBJETO

Establecer los criterios técnicos y condiciones mínimas que se deben cumplir antes, durante y después de la construcción de pozos para la extracción de agua en todo el territorio Nacional, sin modificar las condiciones de los acuíferos y su calidad de agua. La información generada debe ser reportada para alimentar el Sistema de Información de Agua Subterránea de Bolivia (SIASBO).

## 1.2.- CAMPO DE APLICACIÓN

(1) El presente reglamento será aplicado, en los procesos antes, durante y después de la construcción de pozos, para la extracción de agua destinados a todos los usos en actividades antrópicas en todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia.

(2) Es obligatorio el conocimiento del presente Reglamento Técnico para la construcción de pozos para la extracción de agua para diferentes usos, para su cumplimiento en cuanto a la obtención de autorización ante la Autoridad Competente Nacional y/o Departamental de la perforación en todos los niveles, evitando la contaminación ambiental y sobre bombeo de los acuíferos.

(3) La responsabilidad en la aplicación y cumplimiento del presente Reglamento corresponde a la Persona Natural y/o Jurídica, pública o privada que requiere la construcción de pozos para extracción de agua (Contratante).

(4) La información generada Antes, Durante y Después de la construcción de pozos, debe ser reportada a la Autoridad competente involucrada a Nivel Municipal, Departamental y/o Nacional correspondiente, lo que alimentará y generará información valiosa que permitirá ampliar el conocimiento de los acuíferos y principalmente del recurso hídrico, de manera integral.

A su vez, dichos estudios contribuirán a la implementación de políticas de protección, planificación y gestión eficiente del recurso hídrico subterráneo. Por tanto, es de vital importancia que dicha información sea reportada, para su registro y procesamiento; para lo cual, el MMAyA cuenta con el Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia (SIASBO), sistema que tiene la finalidad de aglutinar la información hidrogeológica del país, y ponerla a disposición de las instituciones involucradas en la temática.

(5) Según los requerimientos a nivel nacional, departamental y municipal, deben elaborar un reglamento y guías en detalle para la mejor aplicación y coherencia con los acuíferos que cuentan, siempre en el marco de la Normativa "NB173001", para la preservación y aprovechamiento de las aguas subterráneas.

*"Este Reglamento se constituye en instrumento de ordenamiento técnico, orientado a aplicar criterios de calidad, su utilización es de carácter obligatorio y un compromiso y responsabilidad de las instituciones y profesionales que trabajan en el Sector".*

## 1.3.- NORMAS TÉCNICAS DE REFERENCIAS

"Las normas bolivianas contienen disposiciones que, al ser citadas en el texto, constituyen requisitos del reglamento. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas bolivianas citadas".

- NB 689, Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable.
- NB 689, Reglamento Nacional - "Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable". Volumen 1
- NB 496 Agua Potable - Toma de Muestras.
- NB 512 Agua potable - Requisitos.
- NB 512 Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- NB 173001 Proceso Técnico para la Construcción de Pozos de Agua.

## 1.4.- DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

- 1.4.1 Abatimiento.** Diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico, que es función y consecuencia del proceso de bombeo.<sup>1</sup>
- 1.4.2 Acuífero.** Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento. Estructura geológica estratigráfica sedimentaria, cuyo volumen de poros está ocupado por agua en movimiento o estática.<sup>2</sup>
- 1.4.3 Acuíferos confinados.** Acuíferos que se encuentran separados de la superficie por un material impermeable.
- 1.4.4 Acuíferos libres.** Acuíferos cuya capa de almacenamiento se encuentra en contacto directo con la superficie. El agua se encuentra a presión atmosférica y su descarga se produce en función a la época del año y los regímenes de lluvias.
- 1.4.5 Ademe.** Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.
- 1.4.6 Aguas Naturales.** Aquellas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se clasifican en:
- a) superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares;
  - b) subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloran de forma natural o por efecto de métodos artificiales.
  - c) meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación natural o artificial. Las aguas naturales según su salinidad se clasifican como sigue 1.4.61.<sup>3</sup>
- 1.4.7 Alineación.** La desviación horizontal entre la línea central real del pozo y una línea recta representando la línea central vertical deseada.
- 1.4.8 Área de recarga.** Zona en la que se infiltra agua que alimenta el flujo subterráneo de un sistema acuífero. El agua puede proceder de la lluvia, o de un lago o de un curso de agua, o tener un origen antrópico (p. ej., fugas de depósitos y conducciones, fosas sépticas, retornos de riego o pozos de infiltración) <sup>4</sup>
- 1.4.9 Autoridad Ambiental Competente Nacional (AACN).** El Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF) ejerce las funciones de Autoridad Ambiental Competente Nacional.
- 1.4.10 Autoridad Ambiental Competente Departamental (AACD).** La (el) Gobernadora (dor) del Gobierno Autónomo Departamental a través de las instancias ambientales de su dependencia.
- 1.4.11 Autoridad Competente Nacional (ACN):** Se define a la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico - AAPS (Agua Potable), Servicio Nacional de Riego -SENARI (Riego) o cualquier otra autoridad que por mandato de ley otorgue la autorización y/o registro para la perforación de pozos a nivel Nacional, para efectos del presente Reglamento.

### NOTA

<sup>1</sup> De acuerdo con la norma NB-689 Glosario

<sup>2</sup> De acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. Artículo 3 (b) Definiciones,

<sup>3</sup> De acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH. Artículo 3 (b) Definiciones

<sup>4</sup> Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales, (Glosario de Geología).

- 1.4.13 Autoridad Competente Departamental (ACD):** Servicio Departamental de Riego -SEDERI (Riego) o cualquier otra autoridad que por mandato de ley otorgue la autorización y/o registro para la perforación de pozos a nivel Departamental, para efectos del presente Reglamento.
- 1.4.13 Autorización.** - Acto Administrativo mediante el cual el SENARI y los SEDERI, otorgan derecho de uso y aprovechamiento de fuentes de agua para riego en el sector agropecuario y forestal a toda persona jurídica o individual que no esté contemplada como sujeto de registro, en los términos establecidos en el Artículo 21 de la Ley N.º 2878, de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal.<sup>5</sup>
- 1.4.14 Bentonita.** Arcilla plástica que contiene principalmente sílice coloidal, caracterizada por la propiedad de aumentar varias veces su volumen al ponerse en contacto con el agua, que se utiliza en la preparación de lodo.
- 1.4.15 Capacidad Específica.** Definida como la tasa de descarga por unidad de reducción del nivel estático (expresada en "lpm" litros por minuto por metro), este parámetro es un indicador valioso del desempeño del pozo. La capacidad específica se calcula dividiendo la tasa de descarga del pozo (en lpm) por la reducción del nivel estático (en m), o La razón entre la tasa de descarga y la unidad de abatimiento que ésta produce, medida dentro del pozo (litros por segundo por metro o litros por minuto por metro de abatimiento).
- 1.4.16 Caño Conductor.** Es un encamisado provisional que se instala en la parte superior para permitir la perforación en suelos inestables en formaciones de arena. En Bolivia la profundidad se estima entre 9 m a 15 m, hasta el primer estrato arcilloso y rocoso consolidado en caso de perforación con martillo de fondo.
- 1.4.17 Caudal.** Volumen por unidad de tiempo  $Q=V/t$ , expresado en litros por segundo, litros por minuto o metros cúbicos por hora (o derivaciones).
- 1.4.18 Caudal Autorizado.** Se refiere al caudal permitido por la autoridad competente.
- 1.4.19 Caudal de Producción.** Se refiere al caudal real explotado, debe estar dentro del caudal seguro.
- 1.4.20 Caudal máximo de bombeo.** Es el caudal límite donde el nivel dinámico tiene un quiebre y no se estabiliza.
- 1.4.21 Caudal óptimo de bombeo.** Es el caudal donde el nivel dinámico es estable por tiempo indeterminado (normalmente igual o mayor a 72 h).  
En la prueba de bombeo se obtiene un caudal máximo de bombeo, se toma el 80% para el caudal óptimo de bombeo.
- 1.4.22 Caudal Seguro.** Se refiere normalmente al 80% del caudal óptimo. Sin embargo, prevé el descenso de nivel a largo plazo, variación del nivel por estación, no permite el bombeo de limo ni arena y considera el medio ambiente.<sup>6</sup>  
Dicho de otra forma: el caudal seguro está previsto el descenso del nivel estático a largo plazo, la variación del nivel estático en las épocas de lluvia y estiaje, evita el bombeo de limo o arena fina y es amigable al medio ambiente, siendo mayor la recarga que la descarga.
- 1.4.23 Cierre de pozos (sellado).** Conjunto de trabajos que se ejecutan para clausurar pozos, ya sea de manera temporal o definitiva. Su finalidad es evitar la contaminación del agua subterránea, eliminar el riesgo físico, preservar el rendimiento del acuífero y evitar posibles contaminaciones entre acuíferos.

**NOTA**

<sup>5</sup>De acuerdo a Art. 3 (DEFINICIONES) del Reglamento, Decreto Supremo No 28817 de la Ley de Riego No2878.

<sup>6</sup>Informe de Diagnóstico y rehabilitación de pozo, MMAY-A-JICA-2018. Fuente Raax Co., Ltd. Fabricante cámaras de Video Inspección, ETE (Earth Trust Engineering Co., Ltd., empresa especializada en perforación de pozos hasta más de 1500m e inventor del equipo de rehabilitación de pozos con el método Jetting (inyección de agua a alta presión), patentado a nivel internacional.

- 1.4.24 Ciclo Hidrológico.** Sucesión de estados físicos de las aguas naturales: evaporación, condensación, precipitación pluvial, escorrentía superficial, infiltración subterránea, depósito en cuerpos superficiales y nuevamente evaporación.<sup>7</sup>
- 1.4.25 Contratante.** Persona Natural y/o Jurídica, pública o privada que requiere la construcción del pozo.
- 1.4.26 Contratista.** Persona Natural y/o Jurídica que suministra el trabajo y materiales para la perforación e instalación del pozo.
- 1.4.27 Cuenca.** Zona geográfica que contribuye con la escorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural.<sup>8</sup>
- 1.4.28 Derechos de Uso y Aprovechamiento de Agua para Riego.** -Reconocimiento otorgado a personas naturales, jurídicas y comunitarias en las modalidades de registro y autorización, para el uso y aprovechamiento de fuentes de agua con fines productivos agropecuarios y forestales.<sup>9</sup>
- 1.4.29 Detritos de perforación.** Todos los materiales originados por la acción de la perforación, que se desprenden al taladrar ya sea por rotación, rotopercusión o percusión.
- 1.4.30 Empaque de grava.** Se refiere al material de arena y grava de diferentes tamaños (según análisis granulométrico de cada pozo), que se introduce al espacio anular del pozo hasta por encima de la última rejilla superior.
- 1.4.31 Espacio anular.** El espacio entre dos estructuras cilíndricas generalmente concéntricas, o el espacio entre el hoyo perforado y el encamisado exterior del pozo.
- 1.4.32 Filtro del pozo (ademe ranurado).** Ademe con aberturas de forma, tamaño y espaciamiento diseñados en función de las características granulométricas del acuífero, que permite el paso del agua al interior del pozo.
- 1.4.33 Fuentes de Agua.** Se consideran fuentes de agua a los cursos de agua superficial, agua subterránea y agua de lluvia que son utilizados para abastecimiento público y privado<sup>10</sup>. También son fuentes de agua, las utilizadas y aprovechadas por las personas naturales y/o jurídicas, públicas o privadas, a través de Sistemas de Autoabastecimiento de Recurso Hídrico (SARH).
- 1.4.34 Geofísico.** Es la medición científica de las propiedades físicas de la corteza terrestre para la investigación de depósitos minerales o estructura geológica.
- 1.4.35 Geología.** Ciencia que estudia la composición y la estructura interna de la Tierra y los procesos que la modifican.
- 1.4.36 Geoquímica.** Estudio de la distribución, proporción y asociación de los elementos químicos de la corteza terrestre y de las leyes que las condicionan.
- 1.4.37 Lechada.** Una mezcla fluida de cemento Portland y agua, de una consistencia capaz de fluir por una tubería y depositar en el lugar y cantidad adecuada, o una mezcla fluida de bentonita de alto contenido de sólidos y agua mezclada siguiendo las instrucciones del fabricante.
- 1.4.38 Litología.** Parte de la geología que trata sobre las rocas. Estudia, por tanto, sus características y los diferentes tipos de rocas existentes. Desde el punto de vista litológico los materiales se clasifican de acuerdo a su génesis o formación<sup>11</sup>, diferenciándose dos grupos de materiales diversos que son: la roca y el suelo. Las rocas a su vez se clasifican de acuerdo a su origen.

**NOTA**

<sup>7</sup> De acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH. Artículo 3 (b) Definiciones

<sup>8</sup> De acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH. Artículo 3 (b) Definiciones

<sup>9</sup> De acuerdo a Art. 3 (DEFINICIONES) del Reglamento, Decreto Supremo No 28817 de la Ley de Riego N° 2878.

<sup>10</sup> De acuerdo con el Cap. 3, según (3.1) de la norma NB-689.

<sup>11</sup> Abramson L.W. (1996) "Engineering geology Principles". Slope stability and stabilization methods. Wileyinterscience.pp. 60-106.

- 1.4.39 Mantenimiento de Pozos.** Conjunto de actividades cuyo objetivo es mantener la eficiencia de la captación dentro de un intervalo aceptable y que prolongue la vida útil de los pozos.
- 1.4.40 Monitoreo.** Evaluación sistemática cualitativa y cuantitativa de la calidad del agua.
- 1.4.41 Nivel Dinámico.** Distancia medida desde la superficie del terreno hasta el nivel de agua en el pozo producido por el bombeo.<sup>12</sup>
- 1.4.42 Nivel Estático.** Distancia desde la superficie del terreno hasta el nivel de agua en el pozo, no afectado por el bombeo. El nivel estático o hidrostático se refiere al nivel de agua (nivel de agua natural) en estado natural antes de bombear usando una bomba sumergible en un pozo.
- 1.4.43 Nivel Freático.** Nivel superior de la zona saturada, en el cual el agua contenida en los poros se encuentra sometida a la presión atmosférica
- 1.4.44 Perfilaje eléctrico de pozo.** Se refiere al registro eléctrico del hoyo perforado. Manera de obtener un registro detallado (perfil de pozo) de las formaciones geológicas, a través de las propiedades eléctricas del suelo.
- 1.4.45 Perforación exploratoria.** Sondeo mecánico utilizado para obtener información sobre las condiciones geológicas e hidrogeológicas.
- 1.4.46 Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (K).** Capacidad de un material para transmitir un fluido. Se expresa cuantitativamente por medio del coeficiente de permeabilidad, específicamente está ligado a la Ley de Darcy que se refiere al flujo de fluidos a través de los suelos. El coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica generalmente representado por la letra k.
- 1.4.47 Piezómetro o medidor de nivel de agua en pozo.** Equipo que sirve para medir el nivel del agua en un pozo en forma manual. Existen piezómetros eléctricos que miden el nivel del agua por variaciones de presiones, que son utilizados para monitoreo de pozos piezométricos.
- 1.4.48 Portamecha.** Son cuerpos de acero más pesados que la tubería de perforación y se utilizan en la parte más profunda del hoyo para darle peso a la broca y permitir que este avance y se perfore un hoyo lo más vertical posible, bajo el principio del péndulo.
- 1.4.49 Pozo abandonado.** Un pozo que está inactivo y que, ya sea por razones técnicas o económicas, no se explotará más.
- 1.4.50 Pozo artesiano.** Un pozo en un acuífero en el que el agua subterránea se confina bajo presión de tal manera que el nivel del agua en el pozo se ubique por encima de la parte superior del acuífero.
- 1.4.51 Pozo con empaque de grava.** Pozo en el cual se coloca material del filtro de grava en el espacio anular del pozo adyacente a la sección de filtros (también conocido como empaque filtrante).
- 1.4.52 Pozo Perforado.** Obra de ingeniería, en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción, para permitir extraer agua del subsuelo.
- 1.4.53 Pozo Piloto.** Pozo que se perfora para confirmar las condiciones geológicas o geofísicas de una formación, ya sean previas o durante la perforación, a fin de evaluar o confirmar las condiciones inicialmente proyectadas en los estudios realizados, o bien, para obtener núcleos
- 1.4.54 Pozo profundo.** Es una obra hidráulica que se construye con maquinaria especial, a diámetro reducido, basado en estudios previos, para captar y extraer agua subterránea para un uso específico.

<sup>12</sup>De acuerdo con la norma NB -689 Glosario.

- 1.4.55 Pozos de Monitoreo y de Control.** Perforaciones construidas y equipadas explícitamente para el registro, monitoreo y control de los datos de la calidad, cantidad, temperatura y nivel estático, así como el control de la extracción del agua subterránea. Su profundidad deberá coincidir con aquella de los pozos de extracción.
- 1.4.56 Pozo Surgente.** Es aquel cuya superficie piezométrica se encuentra por encima del nivel topográfico.
- 1.4.57 Prueba de bombeo.** La prueba de bombeo es aquella cuyos datos conciernen al pozo como la capacidad específica y la ecuación de producción del pozo, datos necesarios para la selección del sistema y equipo de bombeo que se instalará en el pozo.
- 1.4.58 Punto de Extracción.** Es el lugar geo-referenciado en el que se localizan las actividades de exploración, perforación, diseño, construcción, bombeo, derivación, canalización, u otro tipo de conducción, con el fin de extraer y aprovechar el agua subterránea, y que se determina en los títulos, autorizaciones, permisos y concesiones;
- 1.4.59 Recarga Efectiva.** Recarga que permite un rendimiento del acuífero sostenible y sustentable.
- 1.4.60 Recarga.** Corresponde al porcentaje del agua de lluvia que se infiltra en el terreno y alcanza el nivel freático.
- 1.4.61 Registro Colectivo.** - Derecho de uso y aprovechamiento de fuentes de agua, otorgado a organizaciones de usuarios y asociaciones de sistemas de riego correspondientes a pueblos y organizaciones indígenas, originarias, campesinas, colonizadores, ayllus, Organizaciones Económicas Campesinas - OECA, asociaciones de pequeños productores agropecuarios y forestales y otras formas de organización social comunitaria que usan agua para actividades agropecuarias y forestales.<sup>13</sup>
- 1.4.62 Registro Individual o Familiar.** - Derecho de uso y aprovechamiento de fuentes de agua, otorgado a pequeños productores agropecuarios o forestales o familias campesinas, indígenas u originarias que pertenecen y están afiliadas a una organización campesina, económica indígena u originaria, asociaciones, organizaciones de regantes y colonizadores, cuyo uso de la fuente de agua es de alcance exclusivamente familiar según usos y costumbres.<sup>14</sup>
- 1.4.63 Rehabilitación de pozo.** Es el proceso de mejorar las funciones y el rendimiento del pozo, es decir, mejorar la capacidad específica de bombeo, o mejorar el caudal de bombeo a una tendencia hacia al caudal inicial al momento de la construcción del pozo.
- 1.4.64 Sello sanitario.** Es la protección sanitaria que tiene el pozo contra la contaminación procedente de la superficie o de acuíferos superiores contaminados. Consiste en aislar las primeras capas atravesadas en la perforación por medio de una lechada de cemento o mortero cuya profundidad oscila entre 20 m y 50 m dependiendo de la profundidad del pozo. Adicionalmente se le puede instalar una tubería metálica de acero para garantizar la impermeabilidad del sello al máximo.
- 1.4.65 Sistema de Flujos del Agua Subterránea.** Se define como los patrones de dos o más sistemas de flujo regional que convergen en un área de descarga con sistemas flujo de menor jerarquía incorporados sobre estos. Cada sistema fluye con una velocidad, composición físico-química y edades diferentes, a través de un conjunto de unidades estratigráficas que en el subsuelo constituyen un cuerpo geométrico definido y delimitado hidrogeológicamente, tanto vertical como lateralmente. Cada flujo en su recorrido no se mezcla y viaja de acuerdo con el medio y estructura geológica. En la literatura especializada reciente, son considerados como flujos tothianos, es decir, a partir de la metodología establecida por Tóth,

**NOTA**

<sup>13</sup> De acuerdo a Art. 3 (DEFINICIONES) del Reglamento, Decreto Supremo No 28817 de la Ley de Riego No2878.

<sup>14</sup> De acuerdo a Art. 3 (DEFINICIONES) del Reglamento, Decreto Supremo No 28817 de la Ley de Riego No2878.

las condiciones iniciales son definidas numéricamente, teniendo en cuenta la anisotropía y heterogeneidad de las formaciones geológicas.

**1.4.66 Sobre descarga o sobre bombeo de agua del pozo.** Se refiere al caudal de bombeo mayor a la capacidad de recarga de agua que tiene el pozo, es decir un bombeo superior a la tasa de recarga del acuífero, o bombeo superior al caudal de producción del pozo.

**1.4.67 Sobreexplotación de fuentes de agua subterránea.** Dada la dificultad de definir el concepto en términos hidrogeológicos, una posibilidad es definir como acuífero sobreexplotado, aquél en que los costos económicos, sociales y ambientales derivados de su utilización intensiva son mayores que los beneficios que genera.<sup>15</sup>

**1.4.68 Tallos de Perforación (tubería de perforación o barreno).** Tubo de acero largo, generalmente cilíndrico, con un orificio perforado en el centro para proveer un trayecto de fluido. Desempeña las funciones de suspender todas las herramientas de perforación (trépano, portamechas y centralizador entre otros) con el movimiento rotatorio se perfora y conduce el fluido de perforación.

**1.4.69 Tipo de Agua. Sólidos Disueltos Totales en mg/l<sup>16</sup>**

Dulce	menor a 1.500
Salobre	desde 1.500 hasta 10.000
Salina	desde 10.000 hasta 34.000
Marina	desde 34.000 hasta 36.000
Hiperhalina	desde 36.000 hasta 70.000

**1.4.70 Transmisividad (T).** La transmisividad hidráulica de un acuífero es la tasa de flujo bajo un determinado gradiente hidráulico a través de una unidad de anchura de acuífero de espesor dado, y saturado. Es el producto del espesor saturado de dicho acuífero y permeabilidad o conductividad hidráulica (K). Se mide en una unidad de superficie dividida en una unidad de tiempo.

**1.4.71 Tratamiento.** Proceso físico, químico y/o biológico que modifica alguna propiedad física, química y/o biológica del agua residual cruda.<sup>17</sup>

**1.4.72 Trépano, Broca, Taladro.** Broca de perforación es un dispositivo conectado al extremo de la sarta de perforación que rompe, corta o aplasta las formaciones rocosas al perforar un pozo. La broca de perforación es hueca y posee boquillas para permitir la expulsión del fluido de perforación, o "lodo", a gran velocidad y a alta presión para ayudar a limpiar y lubricar la broca. Existen brocas tricónicas o normalmente llamado "Trícono" posee tres rodillos cónicos con dientes fabricados de un material duro, como el carburo de tungsteno.

**1.4.73 Trícono.** Es una broca que posee tres rodillos cónicos.

**1.4.74 Tubería de revestimiento (ademe, encamisado o Casing).** Estructura tubular retenedora y selladora que se instala en la perforación para mantener la abertura del pozo.

**1.4.75 Verticalidad.** La desviación horizontal de la línea central del pozo con respecto a una línea central vertical imaginaria.

#### Abreviaciones

AAPS	= Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
AOPs	= Actividades, Obras o Proyectos
E.M.	= Electro Magnéticos
EPSA`s	= Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
EPSAS	= Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento
IBNORCA	= Instituto Boliviano de Normalización y Calidad

<sup>15</sup> El uso sostenible de las aguas subterráneas", M. Ramón Llamas (et. al.), enero 2000

<sup>16</sup> Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH. Artículo 3o, diciembre 1995.

<sup>17</sup> Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica RMCH. Artículo 3o, diciembre 1995

ODS	= Objetivos de Desarrollo Sostenible
SARH	= Sistemas de Autoabastecimiento de Recurso hídrico
SEB	= Sondeo Eléctrico Bidimensional
SEDERI	= Servicio Departamental de Riego
SENARI	= Servicio Nacional de Riego
SEV	= Sondeo Eléctrico Vertical
SIASBO	= Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia
T.E.	= Tomografías Eléctricas
VMABCCGDF	= Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal.

### 1.5.- MARCO NORMATIVO DE REFERENCIA

El Presente Reglamento Nacional de Procedimientos Técnicos para la Construcción de Pozos de Agua se enmarca en los preceptos establecidos en los siguientes instrumentos legales:

- Constitución Política del Estado promulgada el 7 de febrero de 2009.
- Ley No 1333 del Medio Ambiente y su Reglamento en materia de contaminación hídrica 27 de abril de 1992.
- Ley No 2066 de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario del 11 de abril de 2000.
- Ley No 2341 de Procedimiento Administrativo para el Sistema de Regulación Sectorial del 23 de abril de 2002.
- Ley No 031 Marco de Autonomías y Descentralización del 19 de julio de 2010.
- Ley No300, Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien del 15 de octubre de 2012.
- Ley No 602 de Gestión de Riesgos del 14 de noviembre de 2014.
- Ley No2878 del 8 de octubre de 2004 de Promoción y Apoyo al Sector de Riego; y sus reglamentos.
- Decreto Supremo No 28817 del Reglamento a la Ley 2878- Marco Institucional del 2 de agosto de 2006.
- Decreto Supremo No 28818 del Reglamento a la Ley 2878- Otorgación de derechos del 2 de agosto de 2006.
- Decreto Supremo No 27172 que aprueba el Reglamento de la Ley 2341 del 15 de septiembre de 2003.
- Decreto Supremo No 071 de creación de las Autoridades de Fiscalización y Control Social para sectores regulados del 09 de abril de 2009.
- Resolución Administrativa Regulatoria (RAR) AAPS No356/2018 del 12 de diciembre de 2018.
- Decreto Supremo No 3549 del 2 de mayo de 2018 de modificación, complementación e incorporación de nuevas disposiciones al Reglamento de Prevención y Control Ambiental-RPCA aprobado por Decreto Supremo No28592 del 17 de enero de 2006.
- Decreto Supremo No 3856 del 3 de abril de 2019, modificar el Reglamento de Prevención y Control Ambiental - RPCA, aprobado por Decreto Supremo N° 24176, de 8 de diciembre de 1995, modificado por el Decreto Supremo N° 3549, de 2 de mayo de 2018.
- Decreto Supremo No429 de Modificación de estructuras de Ministerios del 10 febrero de 2010.
- Resolución Administrativa del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF) No007 del 8 de marzo de 2013.
- Resolución Administrativa del VMABCCGDF No23 listado modificado y complementado de las Actividades, Obras o Proyectos (AOPs) de las Categoría 1,2,3 del 15 de junio de 2018.
- Resolución Administrativa del VMABCCGDF No24 listado modificado y complementado de las Actividades, Obras o Proyectos (AOPs) de la Categoría 4 del 15 de junio de 2018.
- Resolución Ministerial No211 del 19 de mayo de 2017, creación del "Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia", denominado SIASBO.

## CAPITULO II

### PROCESO ADMINISTRATIVO

#### 2.1. Obtención de Autorización para la Perforación de Pozos de Agua

Para perforar un pozo de agua en el territorio Nacional, es obligatoria la obtención de una autorización y/o permisos requeridos por las autoridades competentes involucradas, a nivel Nacional, nivel Departamental y/o Municipal, según el uso.

**Autoridad Ambiental Competente Nacional (AACN).** El Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF) ejerce las funciones de Autoridad Ambiental Competente Nacional.

**Autoridad Ambiental Competente Departamental (AACD).** La (el) Gobernadora (dor) del Gobierno Autónomo Departamental a través de las instancias ambientales de su dependencia.

**Autoridad Competente Nacional (ACN):** Se define a la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico - AAPS (Agua Potable), Servicio Nacional de Riego -SENARI (Riego), para efectos del presente Reglamento.

**Autoridad Competente Departamental (ACD):** Servicio Departamental de Riego -SEDERI (Riego) para efectos del presente Reglamento.

Esta disposición es general para todos los interesados: Persona Natural y/o Jurídica, pública o privada que requiere la construcción del pozo (EPSA's, comunidades, OTB, entidades públicas, entidades privadas, empresas industriales y comerciales, cooperativas de agua entre otras.). Esta disposición incluye a todos los que llevan adelante programas de perforación de pozos.

## CAPITULO III PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS

### 3.1. PROCESO TÉCNICO ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO

#### 3.1.1.- Consideraciones Previas

Verificación de todas las fuentes de agua para un análisis de calidad y volumen disponible para su aprovechamiento, como la existencia de pozos perforados con el diagnóstico de pozos existentes en explotación o abandonados, a través de su informe técnico.

- a) La persona natural y/o jurídica pública o privada debe contar con el derecho propietario o la autorización correspondiente para la ejecución de una obra.
- b) Certificación de existencia o no de derechos otorgados por parte de SENARI o SEDERI según corresponda, a fin de resguardar y hacer respetar los derechos otorgados conforme las normativas vigentes.
- c) Se debe cumplir con todos los requerimientos para la obtención de las Licencias Ambientales o permisos requeridos por la Autoridad Ambiental Competente Nacional y/o Departamental (si corresponde), de acuerdo con normativa vigente con el objeto de preservar la integridad ambiental de los sitios, así como ejercer una visión ecológica en la comunidad.
- d) Se debe considerar si el terreno está en una zona o área protegida.
- e) Se debe tener en cuenta la calidad de agua del área antes de la perforación, con la finalidad de verificar y resguardar el acuífero según el uso de agua previsto.
- f) La prospección geofísica debe realizarse antes de la preparación del Documento Base de Contratación "D.B.C." o según la modalidad de contratación de bienes, obras y servicios generales, para poder indicar una profundidad estimada del pozo a construir.
- g) No se debe construir la infraestructura del sistema de agua, hasta no contar con una fuente de agua segura.

#### 3.1.2.- Prospección Geofísica

Como exigencias técnicas mínimas para la prospección geofísica se debe aplicar alguno de los siguientes métodos, utilizados en Bolivia:

- Métodos eléctricos: Sondeo Eléctrico Vertical "S.E.V." y Tomografías Eléctricas "T.E." o Sondeo Eléctrico Bidimensional "S.E.B.", aplicadas para investigaciones en sedimentos sueltos y afloramientos rocosos.
- Métodos Electro Magnéticos "E.M.": aplicados principalmente para determinar fracturas en las rocas y zonas con influencia de salinidad; se debe tener un área de medición de una hectárea por lo menos.
- Métodos sísmicos: sísmica de refracción, aplicado en sedimentos sueltos y afloramientos rocosos a través de perfiles tomográficos.

Se debe realizar los estudios en la cantidad necesaria que garantice la existencia de acuíferos potenciales.

- a) En zonas urbanas o limitantes de espacio físico, dependerá de la disponibilidad del área. Se debe complementar con información de estudios de pozos cercanos (enmarcados en la sub cuenca, dentro del mismo acuífero en la parte superior).
- b) El solicitante de la construcción del pozo debe garantizar el acceso libre del tendido de líneas, para ejecutar la prospección geofísica y las mediciones.
- c) La ejecución de la prospección geofísica debe ser realizada por personal técnico titulado en geología, hidrogeología, geofísica o ingenieros con especialidad en geofísica que acrediten registro en la Sociedad de Ingenieros de Bolivia "S.I.B.", con excepción de profesionales que no formen parte de la S.I.B., los cuales deberán estar inscritos en su colegio respectivo; y cuenten con experiencia específica certificada de tres años en trabajos similares en instituciones públicas o privadas.

- d) En la ejecución de prospección geofísica se debe usar equipos apropiados para los métodos descritos arriba. Se debe tener preferencia por tecnología original de fabricante reconocidos, con la respectiva certificación de la entidad del rubro.
- e) El informe técnico de prospección geofísica, debe estar firmado por el profesional responsable que ha realizado el estudio que será considerado como declaración jurada y entregar ejemplares impresos y en formato digital editable (incluyendo datos crudos), en ejemplares requeridos a la Autoridad Competente; quien en un plazo según los Términos de Referencia debe aprobar el informe o emitir revisiones y observaciones, tomando en cuenta el formato descrito (**Anexo 1 (NB-Anexo C Normativo)**); Contenido Mínimo del Informe de Estudio Geofísico), el técnico responsable de la revisión de los informes geofísicos debe certificar su experiencia en el rubro.

### 3.1.3.- Ubicación de nuevos pozos

La ubicación del pozo es definida por las recomendaciones del informe de prospección geofísica complementado con estudios geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos del área a perforar. También se debe considerar el aprovechamiento del recurso hídrico extraído del pozo y el tipo de acuífero.

Entre la información hidrogeológica recopilada para el área de estudio se requieren datos de columnas estratigráficas, profundidad de perforación, espesores, descripciones de las unidades hidrogeológicas referenciado, rocas consolidadas o no consolidadas, variación del nivel de agua, caudal de pozo, y resultado de las pruebas de bombeo de pozos perforados cercanos al sitio de evaluación. El profesional especializado debe determinar la distancia mínima entre pozos realizando un estudio detallado de las características hidrogeológicas, geológicas y topográficas de la zona además de considerar las características hidráulicas, la localización y uso de los pozos perforados en el lugar.

El profesional especializado debe determinar la distancia mínima entre pozos en función del radio de influencia del pozo, el cual es determinado a partir de la prueba de bombeo en el pozo de producción y su respectivo control de niveles en el pozo de observación conforme a la profundidad de los mismos. Otra opción es usar los datos de pruebas de bombeo de un pozo existente para evaluar la interferencia entre cada uno de los pozos de manera preliminar, lo primordial es cuidar los acuíferos y aclarar la dirección del flujo.

Mientras no se cuente con ninguna información sobre pruebas de bombeo que determine el radio de influencia en la zona de estudio, la distancia mínima a considerar debe ser de al menos 500 m, si el pozo a perforar va en sentido transversal (con respecto al pozo cercano existente) a la dirección de flujo en el acuífero; y de 1000 m si va en el sentido de flujo con respecto al pozo cercano existente. En el área de construcción de un campo de pozos se recomienda la construcción de dos o más pozos piezométricos o de medición para el monitoreo.

Se debe analizar, evaluar y considerar todos los estudios y criterios vertidos para tener una determinación final de la etapa o proceso previo de la perforación del pozo. En la evaluación final se debe determinar:

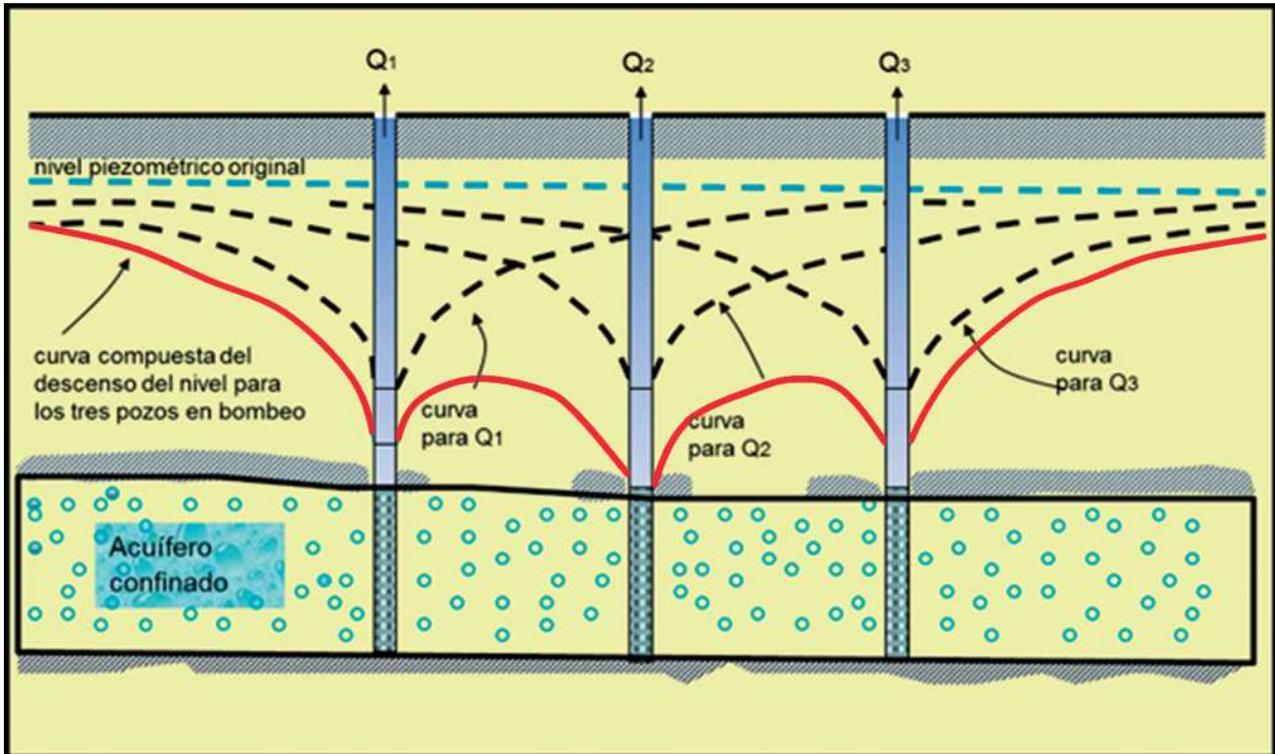
- Determinar si es indispensable la perforación de un pozo.
- Si existen pozos perforados, según el resultado del diagnóstico y evaluación, determinar si estos son aptos para rehabilitar o se deben reutilizar como pozos de monitoreo o en definitiva se deben sellar.
- Definir el punto de perforación con todas sus características técnicas e hidráulicas estimadas.

Se debe considerar que en pozos ya construidos donde existe interferencia de pozos, es decir si el nivel del agua subterránea se reduce no solo en el pozo objetivo sino también en los pozos cercanos, existe la posibilidad de que el nivel de agua en toda el área haya disminuido. Particularmente

cuando los pozos están cerca uno del otro, es concebible que el nivel de agua disminuya por interferencia mutua. Incluso si no es una interferencia mutua directa de los pozos, es posible que el balance entre la recarga de aguas subterráneas y la cantidad de agua bombeada en toda el área se colapse, el volumen de agua subterránea almacenada en toda la cuenca de agua subterránea disminuye, el balance de agua disminuye y el nivel de agua baja.

Por lo tanto, el bombeo excesivo (sobre bombeo) de pozos profundos no solo induce a la caída del nivel dinámico del agua, sino varios perjuicios, por lo que es indispensable desde el punto de vista de conservación de pozos profundos operar por debajo del caudal óptimo de bombeo diseñado, por lo que la autoridad competente debe regular y autorizar en estos casos y solo bombear el caudal autorizado y no así el óptimo.

Se explica brevemente con las figuras siguientes, algunos ejemplos de interferencia hidráulica entre pozos (véase **figura 1**). Cuando existe 3 pozos con sus respectivas interferencias se considera que el nivel baja a la línea roja desde el nivel piezométrico original.

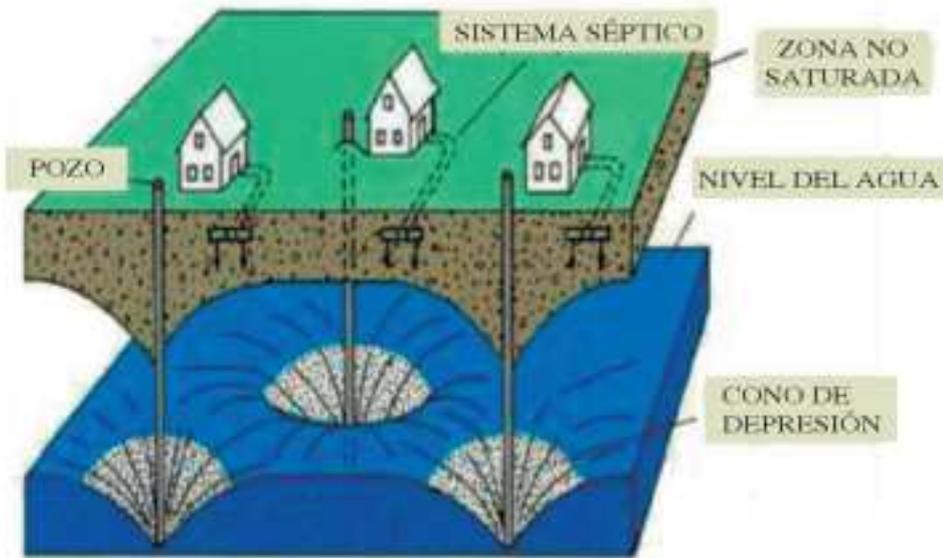


Fuente: Oscar Escolero  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM MÉXICO

Figura 1

Se puede observar (véase **figura 2**) otro ejemplo de las interferencias entre 3 pozos, el cono de depresión interfiere entre sí, bajando considerablemente el nivel del agua causando efectos en los acuíferos que se bombean, además se muestra la posible contaminación de los sistemas sépticos en la zona saturada que se debe tener cuidado en la no extracción de estos niveles.

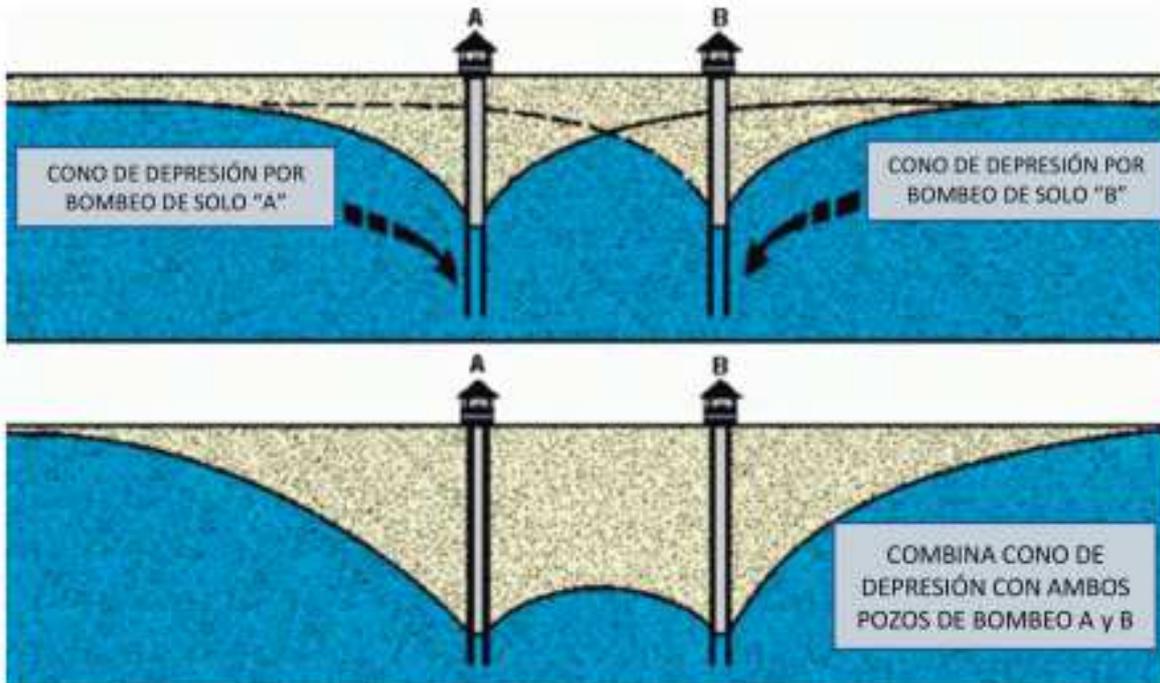
INTERFERENCIA HIDRÁULICA ENTRE POZOS



Fuente: OSCAR ESCOLERO  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM  
MÉXICO

Figura 2

En (véase **figura 3**) se puede apreciar la depresión de los pozos A y B cuando se extraen independientemente y abajo combina el cono de depresión con ambos pozos de bombeo A y B por lo que el nivel de depresión aumenta considerablemente



Fuente: Oscar Escolero  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM MÉXICO

FIGURA 3

3.2.- PROCESO TÉCNICO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO

Considerando el conjunto de todos los trabajos para la perforación de un pozo desde los equipos, maquinarias, herramientas y materiales requeridos, personal operativo, supervisión y documentos (cronograma); que coadyuven al buen desarrollo del mismo.

### 3.2.1.- Consideraciones Previas

- a) El contratante de la construcción del pozo debe garantizar el acceso libre de la maquinaria y personal técnico y de fiscalización para la construcción del mismo.
- b) Para la perforación de pozos la persona natural y/o jurídica que solicite, debe contar con la Licencia Ambiental otorgada por la AACN y/o AACD (si corresponde).
- c) Dependiendo de la categoría de la Licencia Ambiental otorgada por la AACN y/o AACD (Ley 1333), considerar que se debe presentar el Programa de Prevención y Mitigación- Plan de Aplicación de Seguimiento Ambiental (PPM-PASA).  
Una vez se obtenga la categorización del EEIA mediante la presentación de la Ficha Ambiental, antes de iniciar la etapa de Ejecución del proyecto
- d) Las actividades de perforación; desde la construcción pasando por la perforación hasta la implementación (seguir informe de geofísica, pozo piloto, control de lodo, registro eléctrico, diseño del pozo (ubicación de filtros), ensanche de pozo o pozo definitivo, entubado de pozo, desarrollo de pozo, sello sanitario, prueba de bombeo, toma de muestra de agua e informe técnico) deben realizarse según especificaciones técnicas elaboradas en la pre inversión.
- e) El residente y el supervisor de obras deben ser personas capacitadas en perforación y construcción de pozos y con una experiencia mínima de 3 años en el rubro de la perforación de pozos.  
Se considera que, durante todo el proceso de construcción de pozos profundos para la extracción de agua, se deben realizar los estudios, análisis, evaluaciones y consideraciones descritos a continuación.  
El Supervisor designado por la persona natural y/o jurídica que cuente con la autorización, debe hacer el seguimiento continuo y detallado de las labores de la construcción del pozo realizadas por el Contratista en sujeción estricta a los términos de referencia y del Contrato firmado.

### 3.2.2.- Método de perforación

- a) El método de perforación debe ser seleccionado basándose en las condiciones geológicas y tipo de pozo que se pretenda construir. Éste debe ser definido según la litología a perforar; pudiendo ser con el método a percusión, rotación, roto percusión, entre otros.
- b) La maquinaria que se usará para la perforación debe depender del tipo de material a perforar (sedimentos sueltos o roca), considerando la potencia necesaria de la máquina para atravesar el suelo. Se debe tener preferencia por tecnología original de fabricantes reconocidos con la respectiva certificación de la entidad del rubro.
- c) El operador del equipo debe tener como mínimo 2 años de experiencia en perforación de pozos.
- d) En caso de que el propietario sea una persona natural, debe contratar un supervisor con la experiencia necesaria; quien será el encargado de la buena ejecución.
- e) En caso de ser una persona jurídica (Empresa, Municipio o Mancomunidad), debe existir un supervisor y fiscal de obra titulado con conocimientos técnicos (Geólogo o Hidrogeólogo), nombrado por la unidad técnica responsable. El residente de obra asignado por la empresa perforadora debe estar afiliado a la Sociedad de Ingenieros de Bolivia, o en caso excepcional quienes pertenezcan a carreras diferentes de ingeniería tendrán que estar afiliados a su Colegio de Profesionales respectivo y demostrar experiencia en perforación y construcción de pozos.

### 3.2.3.- Proceso de construcción de pozos de agua

Inicialmente dentro del proceso se debe considerar todos los preparativos para iniciar la construcción de un pozo profundo.

#### 3.2.3.1.- Equipos, herramientas y materiales requeridos

Para la perforación del pozo se requieren principalmente los siguientes equipos:

- Equipo de perforación de pozo (máquina perforadora)
- Compresor de aire

- Grúa de brazo largo
- Cisterna de agua
- Herramientas para apoyo en la perforación
- Materiales: trépanos, triconos, portamechas, martillo de fondo, barras de perforación, tuberías caño conductor y otros.

### 3.2.3.2.- Personal requerido

El personal mínimo requerido debe ser; el supervisor (externo) y/o ingeniero de obra, especialistas como técnico perforista, ayudantes de perforación, operador de compresor, soldador, mecánico, electricista y personal de apoyo.

### 3.2.3.3.- Cronograma de trabajo

Plan de trabajo con fechas y contenido.

Según la modalidad de contratación de bienes, obras y servicios generales y/o en su caso el Documento Base de Contratación "D.B.C.", se debe tener impreso el cronograma de trabajo para el seguimiento y supervisión.

### 3.2.3.4.- Instalación de faenas

Comprende la construcción de instalaciones provisionales que sean necesarias para el buen desarrollo de las actividades de construcción del pozo.

El supervisor debe hacer el seguimiento al traslado de equipos y materiales al sitio de perforación.

- Instalación de equipos y preparativos previos antes del inicio de la perforación
- Instalación del equipo de perforación, nivelación y prueba de funcionamiento
- Instalación de piscinas de agua
- Herramientas, tallos, triconos, entre otros.
- Construcción de fosas de lodo
- Preparativo de la bentonita (fluido de perforación) en la fosa de lodo o espuma.

#### a) Requerimientos de Fluido

Los requerimientos del fluido dependen del tamaño, peso, naturaleza de los detritos y velocidad de circulación. La velocidad depende de la capacidad y condición del bombeo de lodo, el área anular de la perforación, la estabilidad y coeficiente hidráulico de la formación. Para calcular el bombeo de salida de lodo, requerimientos de velocidad y tamaño del detrito de perforación, se tiene la siguiente fórmula.

$$V=Q / A$$

$$A= (D^2-d^2) \pi / 4$$

Donde:

V= Velocidad del espacio anular (m/min)

Q= Volumen de descarga del bombeo de lodo (m<sup>3</sup>/min)

A= Área del corte transversal de espacio anular (m<sup>2</sup>)

D= Diámetro de la perforación o tamaño de la broca (m)

d= Diámetro de Broca (tricono, aleta) o diámetro de la abrazadera de broca (m)

#### b) Instalación de caño conductor

Si el hoyo de perforación tiene tendencia a derrumbarse durante la perforación, se debe instalar un caño conductor (revestimiento provisional), antes de alcanzar la profundidad deseada (use este procedimiento cuando este perforando en materiales sueltos no consolidados). Al instalar el caño conductor desde la boca del hoyo hasta una profundidad estable (primera capa arcillosa), debe ser de mayor diámetro que la broca de perforación. La decisión para usar un caño conductor se debe realizar antes de la movilización, basada en la información geológica sobre el sitio.

Luego de haber instalado la broca, portamecha y tallo se debe dar inicio a la perforación del pozo.

En el caso de perforación con martillo de fondo, se debe instalar si no existe rocas en afloramiento, especialmente en el estrato suelto hasta llegar al estrato rocoso.

### 3.2.3.5.- Medición de la viscosidad y densidad del lodo de perforación

La medición y registro de la viscosidad y densidad es importante para tener un buen desarrollo de la perforación y resultados en el desarrollo del pozo.

Rutinariamente se usa el embudo Marsh para dar una indicación de la viscosidad aparente del fluido de perforación. La consistencia deseada del lodo depende de muchos factores, como la naturaleza de las formaciones, que establecerá la calidad del lodo.

La viscosidad adecuada del lodo debe contener de 7 % a 10% de bentonita, el tiempo que debe fluir el lodo debe estar en un rango de 22 s a 26 s (por el método con embudo Marsh de 500 cc), para la calibración del embudo iniciar con agua, este debe fluir en un rango de 18,5 s  $\pm$  0,5 s.

Los fluidos de perforación son aptos para desempeñar varias funciones, dependiendo de las condiciones físicas y químicas que se encuentren en la perforación de los pozos. Uno de los propósitos fundamentales de los fluidos de perforación es remover los fragmentos o detritos del fondo del pozo durante la perforación. La cantidad y características de los detritos que son capaces de removerlos dependen de la viscosidad, densidad y velocidad de ascenso del fluido de perforación, así como del tamaño, peso y rugosidad de los fragmentos rocosos. El fluido de perforación al moverse hacia arriba y afuera del pozo, eleva los detritos hasta la superficie.

La densidad del lodo bentonítico debe ser de 1,05 kg/l a 1,08 kg/l, de modo que intente mantener este rango. Conociendo los datos de densidad de ingreso y salida en la perforación, es posible evaluar la eficiencia de la fosa de lodo y determinar cuándo realizar la limpieza de la fosa. Existe la posibilidad de determinar la densidad del lodo de perforación con la balanza de lodo.

Cuando se observa durante el proceso de perforación un contenido excesivo de arena, se debe medir el contenido (%) de arena para poder realizar una limpieza del lodo, ya sea con el zarandeado (por vibración) o un preparado nuevo de lodo.

### 3.2.4.- Toma de muestras litológicas

Se deben tomar las muestras de las formaciones a un intervalo máximo de 1,0 m y en cada cambio de formación. Con mayor precisión cuando se tomen muestras en acuíferos potenciales.

Seguir las siguientes recomendaciones para la recolección de las muestras en cada metro:

- ✓ Cada muestra debe tener un peso de 0,5 kg aproximadamente, o lo que requiera el supervisor.
- ✓ Se deberá quitar el exceso de lodo y material fino después de la verificación del supervisor con un lavado.
- ✓ Serán depositadas de forma ordenada en cajas de muestreo de acuerdo con el orden de extracción y profundidad.
- ✓ Las muestras serán almacenadas en bolsas de polietileno o frascos.
- ✓ Cada bolsa o frasco debe llevar su respectiva identificación: número de muestra, peso determinado, profundidad que corresponde la muestra, y todos los datos necesarios.

### 3.2.5.- Cambio y adición de tallos de perforación

A medida que se profundiza el hoyo de perforación se van adicionando los tallos de perforación hasta alcanzar la profundidad planificada.

### 3.2.6.-Terminación de la perforación

Cuando el hoyo de perforación alcanza la profundidad planificada o según la instrucción del supervisor en todo el proceso, se concluye la perforación.

Se debe elevar la herramienta por lo menos un metro y hacer circular el lodo (en caso de perforar con lodo) hasta extraer en lo posible todos los detritos perforados.

### 3.2.7.- Retiro de herramientas

Posterior a la extracción de los detritos de perforación se procede a; apagar el equipo y retirar todas las herramientas (tallos de perforación, portamechas, brocas; martillo de fondo (si fuera el caso)), dejando libre el hoyo para proceder al registro eléctrico del pozo.

### 3.2.8.- Preparativos de la grava para empaque

#### 3.2.8.1.-Selección de la granulometría de la grava y porcentajes

El criterio principal para el empaque de grava (filtros artificiales de arena), debe ser de tamaño de grano correcto y apertura de ranura del filtro. La granulometría debe ser de una relación apropiada a la granulometría de la arena del acuífero, (véase **figura 4**). El tamaño del grano del empaque de grava debe ser similar que la granulometría de las muestras litológicas del acuífero perforado, cuando las dimensiones sean menores el porcentaje (%) de granos pequeños será mayor.

El filtro debe ser ligeramente menor a la granulometría de las muestras, que pueda retener por lo menos un 90%.



**FIGURA 4**

Es posible tener problemas si se utiliza grava demasiado gruesa. Lo grueso y la uniformidad de la granulometría de la grava-arena para filtro (aproximadamente 1 mm a 5 mm) hacen el empaque de grava óptimo para los acuíferos de arena más fina. Debe usarse grava fina (5 mm como tamaño máximo) para empaque de acuífero, que consiste en arena de media a gruesa. Debe usar un filtro con aperturas que cubren un 90 % del empaque de grava aproximadamente.

El espacio anular del pozo se debe llenar con grava hasta por encima del filtro superior. El trabajo de empaque de grava se extiende hacia abajo para remover la arena y limo de la formación alrededor del filtro de empaque de grava, por el desarrollo de pozo subsecuente.

Los porcentajes de grava menuda a gruesa deben ser de acuerdo al requerimiento del resultado del análisis granulométrico.

Los componentes para el filtro de grava natural seleccionada, deben estar constituidos por partículas consistentes, duras y redondeadas. El material que la componga es silíceo y no contiene más de un 5 % en volumen de materiales solubles (carbonato de calcio) en ácido clorhídrico al 10 %.

Los granos se han formado y redondeado mediante procesos naturales de erosión y desgaste, de ninguna manera como resultado de la trituración de rocas (chancados).

Para ser colocada la grava seleccionada debe estar totalmente limpia, bien lavada, y exenta de arcilla, micas, limo, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales; y debe tener, en principio, la siguiente relación granulométrica con los porcentajes en volumen (véase **tabla 1**), que se definan en la curva granulométrica de las muestras extraídas, este porcentaje, puede variar, de acuerdo a la granulometría de las muestras de arena de la formación que se obtengan en la perforación del pozo piloto.

En el caso de perforación de pozos en roca, el supervisor debe definir la necesidad o no de colocar el empaque de grava y que sector se debe colocar los ademes.

**Tabla 1 - Clasificación granulométrica.**

Clasificación		Diámetro de los granos en mm	
Gravas, piedras, bloques		Superior a 16	
Grava Gravilla		2 a 16	
Tamices	Arena	Grueso	0.50 a 2.0
		Media	0.25 a 0.5
		Fina	0.06 a 0.25
Limo		0.06 a 0.002	
Arcilla		<0.002	

Fuente: Hidráulica de Aguas Subterráneas. Universidad Nacional de Colombia. 1999. Pág.58

### 3.2.8.2.- Volumen de empaque de grava

El volumen de grava requerido; se obtiene calculando el área anular de la perforación (área de perforación menos el área del ademe o tubería), por (la profundidad total del pozo menos la longitud del sellado del pozo).

La grava debe ser calculada para que esta sobrepase por lo menos en 3 m el primer filtro hacia la boca del pozo.

### 3.2.8.3.- Preparativos y almacenamiento de la grava definida

La grava no debe contener materiales orgánicos ni contaminantes, se debe desinfectar la grava con un baño con cloro y almacenarla en una superficie limpia sobre una carpa de vinilo para no contaminarla.

### 3.2.9.- Terminación del Pozo piloto y/o pozo definitivo

- a) Pozo Piloto: el inicio de la construcción de un pozo se realizará con la perforación de un pozo piloto con un trepano mayor a 8 ¼ pulgadas de diámetro en caso de optar por el método de rotación.

El tiempo de perforación de los sedimentos atravesados es controlado por el perforista.

- b) Ensanche de pozo (pozo definitivo): posterior a la perforación del pozo piloto y haber realizado todas las pruebas de perfilaje eléctrico y el diseño del pozo con un resultado positivo de encontrar acuíferos potenciales, se debe proceder al ensanche del pozo según el diámetro de ademe final (encamisado del pozo).

### 3.2.10.- Perfilaje de pozo

Una vez perforado el pozo piloto es indispensable realizar el registro eléctrico del pozo con parámetros básicos: resistividad larga 64 pulgadas, resistividad corta 16 pulgadas, rayos gamma "G.R.", potencial espontáneo "S.P." y viscosidad del fluido. Este estudio permite determinar las características físicas del pozo y diseño de entubado.

Los parámetros básicos a ser considerados en un pozo:

Resistividad corta 16 pulgadas y larga 64 pulgadas: el registro de resistividad mide la resistencia eléctrica de un volumen de material bajo la aplicación directa o inducida de una corriente eléctrica.

De acuerdo con el dispositivo empleado, los registros son usados para determinar la resistividad de la formación, la resistividad del lodo, la resistividad de la zona invadida, saturación de agua, resistividad de fluido, factor de formación y porosidad de la formación.

Rayos gamma natural: este registro mide la radiación natural de las formaciones, que es proporcional al contenido de arcilla. Esto debido a que los materiales altamente radiactivos tienden a concentrarse en las arcillas, las cuales responden con un alto nivel sobre las herramientas de rayos gamma, a diferencia de formaciones limpias o libres de arcilla, donde la respuesta es muy

baja, excepto en los casos donde exista contaminación por agua con sales de potasio disueltas o ceniza volcánica.

Potencial espontáneo: la curva o registro de potencial espontáneo es una medida de las corrientes eléctricas (potenciales espontáneos naturales) que se producen dentro del pozo, debido al contacto entre fluidos de diferente concentración salina, como son el fluido de perforación (lodo), el filtrado de lodo y el agua de la formación, por lo tanto, sólo es posible obtenerse en pozos libres (sin ademe) y llenos de un fluido conductor.

Viscosidad del fluido: mide la viscosidad del lodo con el método de embudo Marsh de 500 cc.

### **3.2.11.- Diseño de pozo**

Teniendo los resultados de perfilaje eléctrico, tiempos de perforación y muestras litológicas se debe proceder al diseño del pozo, como se muestra (véase **figura 5**).

Considerando las muestras litológicas obtenidas en el proceso de perforación y los resultados con las interpretaciones realizadas del perfilaje eléctrico (registro eléctrico del hoyo) se debe realizar una interpretación de la litología considerando las partes más permeables (estratos de arena, grava y otros) para la colocación de filtros.

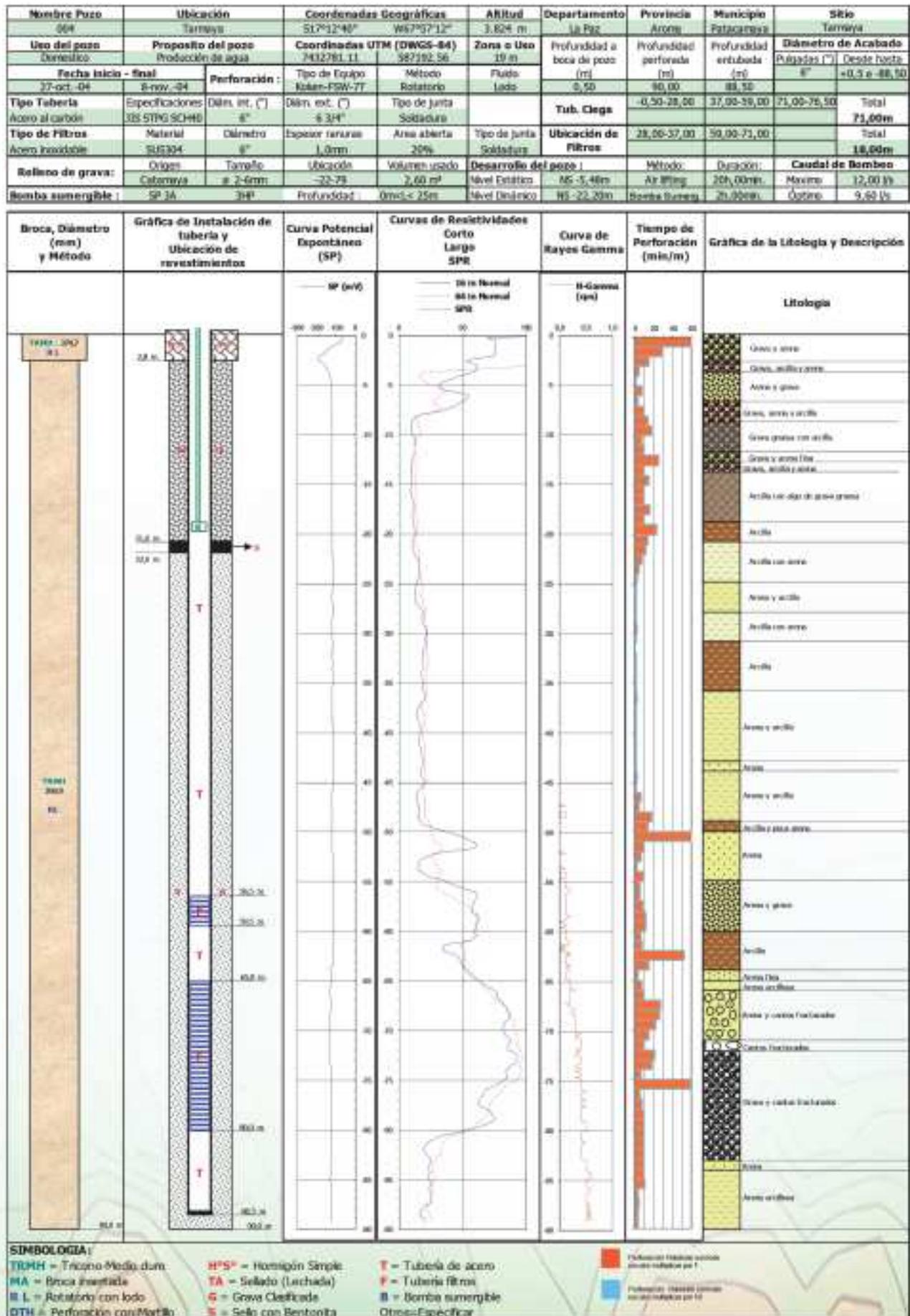


Figura 5 - Diseño de Pozo (ejemplo)

### 3.2.12.- Preparativos de tubería de ademe (tuberías ciegas y ranuradas)

De acuerdo al diseño del pozo aprobado por el supervisor, se deben colocar las tuberías ciegas y filtros en orden y enumeradas para ser instaladas al hoyo perforado, desde el fondo hasta la boca del pozo.

#### 3.2.12.1.- Tubería ciega, encamisado o ademe

El material de revestimiento del pozo es posible que sea de: plástico, hierro forjado o con aleación, acero puro o en lingote, (véase **tabla 2**).

Para determinar el tipo de material de ademe debe estar en función a la calidad del agua, que sea resistente a los parámetros resultantes.

Se debe conocer las propiedades de otros materiales de revestimiento para analizar la posibilidad de utilizarlos. Al seleccionar el revestimiento, considere el factor de tensión durante el proceso de instalación, elemento corrosivo del agua y la formación del subsuelo.

Si se utilizan revestimientos, se debe especificar el peso por pie de tubería que quiere utilizarse. Las uniones de los revestimientos permanentes, deben tener enhebrados los acoplamientos, ser soldados o cementados para la impermeabilización del fondo del revestimiento hasta el punto sobre la tierra.

**Tabla 2 - Materiales de tubería para pozos**

Material	Composición	Factor de Costo	Norma y Uso recomendado
Acero Inoxidable	74 % acero 18 % cromo 8 % níquel	1	Sulfuro de hidrogeno, Oxígeno disuelto, Dioxido de carbono, Bacterias ferruginosas.
Acero al carbón	99,35/99,72 % hierro 0,08/0,015 % Carbón 0,2/0,5 % Manganeso Doble galvanizado	0,5	No es resistente a la corrosión. Usado mayormente para pozos temporales (pozos de prueba o de drenaje)
Hierro Galvanizado	99,35/99,72 % hierro 0,08/0,015 % Carbón 0,2/0,5 % Manganeso Doble galvanizado	0,5	No es resistente a la corrosión. Usado mayormente para pozos temporales (pozos de prueba o de drenaje)
PVC roscada	Cloruro de polivinilo	Bajo costo	ASTM F 480. Resistencia a la corrosión
CPVC roscada	Cloruro de poliviniloclorado	Bajo costo	CPVC, compuesto

Fuente: Adaptado del Reglamento NB689

#### 3.2.12.2.- Tuberías ranuradas, rejilla o filtros

Una rejilla de pozo es un tubo ranurado que permite que el agua ingrese al pozo desde el acuífero saturado a través del empaque de grava, evitando el ingreso de sedimentos a los pozos y estructuralmente sirve para sostener el material del acuífero sin consolidar. La importancia de una rejilla de pozo apropiada no es posible sobre estimarla, cuando se considera la eficacia hidráulica de un pozo y el costo a largo plazo.

#### 3.2.12.3.- Entubado del pozo

Es el proceso de instalación de tubos acoplados entre sí. La selección del tipo de material (Acero, PVC, galvanizado, geomecánico, entre otros), del entubado debe ser elegida tomando en cuenta:

- Resistencia al colapso
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a esfuerzos mecánicos
- Calidad de agua

- Facilidad de transporte
- Consideraciones económicas
- Métodos de perforación
- Consistencia con el diseño de filtros

Los filtros a instalarse, deben ser seleccionados según las características litológicas del subsuelo y la cantidad de acuíferos encontrados. Existen varios tipos de filtros en el mercado nacional e internacional, entre los más usados están los filtros continuos (tipo Johnson), tipo persiana (Roscoe-Moss), ranurados y otros. **"No se deben utilizar filtros ranurados manualmente"**.

No se debe utilizar tubería de ademe ciego ni filtros, que no estén fabricados exclusivamente para pozos de agua, el uso de otro tipo de tuberías y filtros que no sean elaborados en fábricas para ese fin, corren el riesgo de que el pozo colapse o no tenga la vida útil estimada, como PVC E-40, E-80, E-19, de desagüe, FG de baja calidad, entre otros, debido a que en las uniones de campana colocan tirafondos metálicos, estos se corroen rápidamente quedando el agujero del tirafondo, asimismo, los filtros elaborados de manera artesanal con amoladora y/o taladro de forma irregular y ranuras de más de 1mm (algunos alcanzan hasta 5mm o más), no son los adecuados por lo tanto **no serán permitidos**.

Los filtros tienen ranuras homogéneas que permiten una gran captación de agua.

El uso de tubería y filtros geomecánicos PVC tienen muchas ventajas en la construcción de pozos por ser durable, liviano, fuerte, fácil de instalar, más barato que tuberías de acero y filtros, no se necesita máquinas de soldar para las juntas, las uniones entre los tubos y filtros son roscadas del tipo trapezoidal diseñados para tener una buena sustentación vertical, sistema de unión macho y hembra, la vida útil del pozo es mayor que la tubería metálica, no altera la calidad del agua, no desarrolla ferro bacterias.

Como ejemplo, filtros de PVC especializados para pozos de agua, elaborados en fabrica ya sea esquema 80 y Geomecánico (azul), simple y reforzado (véase **figura 6**) y filtros de acero inoxidable. (véase **figura 7**).



Figura 6 - Filtros para pozos de PVC Geomecánico (ejemplo)



**Figura 7 - Tubería de acero inoxidable Rosscoe Moss y Tipo Jhonson/Jhonson (ejemplo)**

Existen métodos para la selección de la abertura del filtro, de modo que el profesional hidrogeólogo podrá utilizar el método que considere necesario.

Entre sus funciones, la abertura del filtro debe permitir estabilizar el empaque de grava.

Para pozos que no requieran empaque de grava, la abertura del filtro se debe determinar mediante ensayos granulométricos.

### **3.2.13.- Empaque de grava**

El empaque de grava se debe introducir en el espacio anular entre la tubería de revestimiento (incluye filtro) y el hoyo perforado, con el propósito de estabilizar la formación.

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones al momento del empaque de grava:

- El material que conformará el empaque de grava debe ser estable, tanto física como químicamente en el agua.
- El tamaño de grava se seleccionará considerando los resultados del estudio granulométrico; comprendido entre 1 mm-5 mm y la proporción deberá estar de acuerdo al estudio.
- Se debe considerar la relación entre el tamaño de grava y la abertura del filtro a utilizar, debido a que la selección de la abertura del filtro deberá ser realizada para retener grava y ésta a su vez retener el material del acuífero.
- El material debe ser introducido cuidadosamente y de manera continua para evitar la presencia de vacíos en el empaque, utilizando tubos engravadores.
- La grava seleccionada a ser utilizada, debe estar limpia y estar constituida por partículas bien redondeadas y lisas; no debe contener arcillas y materias orgánicas. No se aceptará grava seleccionada constituida de partículas no esféricas del tipo prismático o anguloso.
- Cuando el material granular existente en la formación acuífera es lo suficientemente grueso o atraviese roca compacta fracturada, no se debe considerar la colocación de empaque de grava por ser innecesario y antieconómico, salvo alguna justificación.

#### **3.2.13.1.- Uso de tubo engravador**

La grava se debe introducir utilizando tubos engravadores, que se colocan en el espacio anular hasta que su extremo inferior quede bajo los estratos más erosionables por el paso de la grava. Esta se introduce en los tubos por medio de un embudo, y se debe llevar un control de su nivel para levantar gradualmente los tubos alimentadores. Se debe llenar con agua la tubería de grava para evitar puenteo del material en la tubería. El sistema de engravador es práctico, para poner la grava en pozos relativamente profundos (mayores a 120 m) a profundos (mayores a 300 m).

### 3.2.14.- Monitoreo durante el desarrollo de pozos de agua

Recopilación de datos pertinentes y evaluación de los resultados.

La mayoría de las veces, se monitorean y registran uno o más parámetros (por ej. contenido de areniscas, turbidez y capacidad específica); con el fin de evaluar la respuesta del pozo.

(4) Parámetros de monitoreo habituales (Extraído del Anexo E (Informativo); NB 173001)

- **Contenido de areniscas:** la producción de areniscas es capaz de medir distintas formas. El bombeo en el desarrollo inicial de un pozo nuevo, generalmente produce cantidades considerables de arenas finas y lodos. Es posible realizar el monitoreo de estas descargas con un cono Imhoff (recipiente graduado con paredes transparentes de forma cónica, con capacidad para 1 l) o con algún otro dispositivo similar cuando el contenido de areniscas excede las 50 ppm. Para mediciones de materiales finos en cantidades inferiores a los 50 ppm se recomienda el empleo de un medidor de arenas del tipo Rossum. Este dispositivo registra contenidos de arenas de apenas 0.5 ppm cuando opera durante un período de aproximadamente 10 min.

- **Turbidez:** se refiere a la cristalinidad del agua y se asocia con partículas de arcilla coloidal, algas en suspensión, vegetación en descomposición y otros elementos. La turbidez tiene la posibilidad de provocar olores y sabores desagradables y a veces favorece el desarrollo de babazas y otros organismos. Durante el desarrollo, la turbidez se puede medir en campo (y en laboratorio) con un turbidímetro que tenga distintos niveles de medición y en un rango de 0.1 NTU a 400 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) unidad que se mide la turbidez.

- **Evaluación de los resultados**

El contenido de arena y la capacidad específica son los principales parámetros empleados para evaluar las respuestas del pozo al desarrollo (o mantenimiento) mecánico, muestra (véase la **figura 8 - E.1**) es un ejemplo de un trazado de estos parámetros a través del tiempo. Se muestra que el pozo fue desarrollado hasta:

1) El contenido de areniscas se redujo a menos de 1 ppm, y 2 ppm la tendencia en la curva de capacidad específica no indicó cambios significativos.

#### RESUMEN

El monitoreo durante el desarrollo es una tarea necesaria, si se pretende evaluar correctamente el progreso del desarrollo y sus costos en mano de obra y equipo. Tal como se muestra (véase **figura 8 - E.1**), cuando se registran y evalúan los parámetros básicos.

Este método elimina la necesidad de adivinar, porque la decisión se toma con base a los resultados, en vez de apoyarse simplemente en una cantidad predeterminada de horas de trabajo en el pozo.

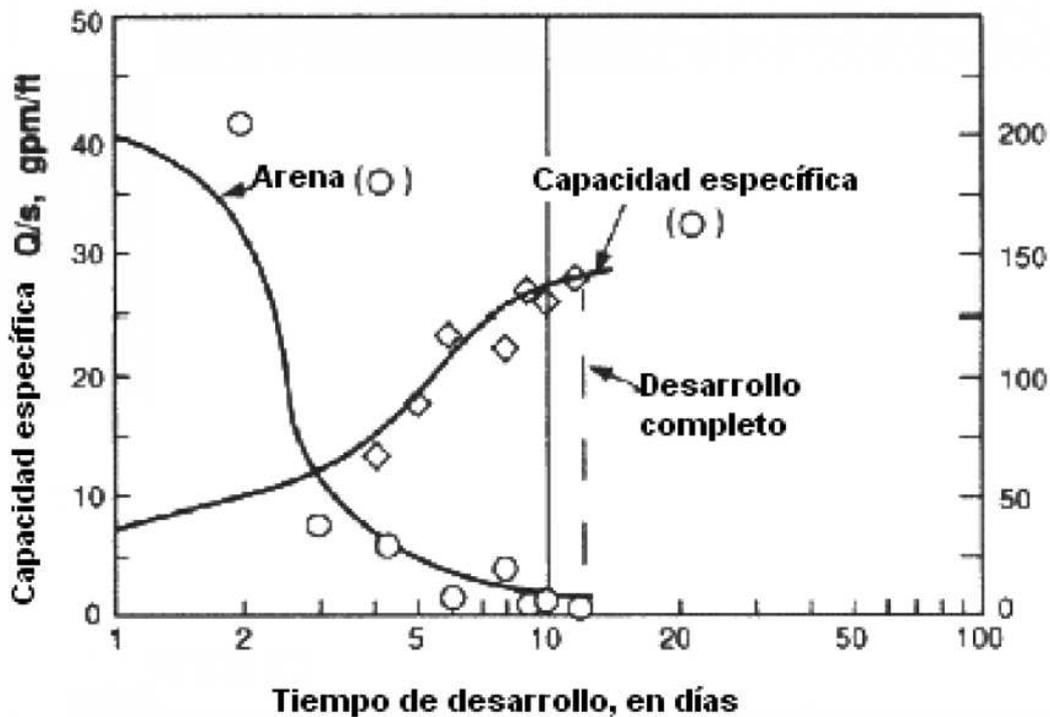


Figura 8. E.1 - Trazado de parámetros de contenido de arena y capacidad específica  
Roscoe Moss: Company Memorándum Técnico 006-3

### 3.2.14.1.- Limpieza y Desarrollo del pozo

Durante la perforación se debe utilizar la menor cantidad de bentonita para evitar que se dañe el acuífero y de esta manera contribuir a una limpieza y desarrollo más efectivo.

La limpieza del pozo tiene como fin eliminar cualquier residuo de lodo u otros materiales utilizados en el proceso de perforación hasta lograr obtener agua de buena calidad y en cantidad suficiente.

El desarrollo del pozo tiene la finalidad de incrementar la conductividad hidráulica del acuífero y asegurar la eliminación de partículas finas que puedan dañar el equipo de bombeo o interferir el normal funcionamiento del pozo, éste debe desarrollarse cuidadosamente hasta lograr remover y extraer todo el material fino, arena, limo, lodo, y otros que hubiesen quedado alrededor de las rejillas del pozo.

La limpieza del pozo debe realizarse al finalizar el engravado, donde se realizará un lavado prolongado de las paredes del pozo con inyección de agua limpia con el objetivo de eliminar los posibles puentes de arena que quedaron atrapados entre la grava seleccionada y la disminución de la carga del lodo bentonítico en el acuífero. El agua utilizada no debe ser recirculada dentro del pozo profundo durante el lavado de las paredes.

Posterior a la limpieza, se debe realizar el desarrollo del pozo mediante inyección de aire comprimido por el método de retro lavado o de agitación. El objetivo es alcanzar una combinación de vaivén del agua y bombeo, al soltar repentinamente grandes volúmenes de aire se produce una poderosa agitación merced a la resistencia de la carga de agua, la fricción y la inercia, el bombeo se efectúa luego con un equipo ordinario de elevación con aire comprimido. Así mismo, en el curso del desarrollo de estos trabajos se deben calcular los datos hidrogeológicos del pozo de agua; tales como aforos, para determinar el caudal aproximado del mismo. Después que el pozo se encuentre con agua sin color, turbidez y sin la presencia de arena, se debe seguir bombeando por 2 horas consecutivas.

El desarrollo apropiado, combinado con el mantenimiento rutinario en un intervalo aceptable o rehabilitación, son esenciales para asegurar que un pozo produzca a su máxima eficiencia.

Los medios más efectivos de desarrollo de un pozo son el pistoneo mecánico con doble pistón (swabbing) combinado con bombeo y limpieza con aire comprimido (pumping/air lifting).

### 3.2.15.- Prueba de bombeo escalonado, continuo y recuperación

Una vez construido el pozo se deben realizar las pruebas hidráulicas considerando un bombeo de 24 horas a 72 horas, variación que depende del uso y propósito del pozo (doméstico, riego o industrial). Se debe utilizar el método de bombeo escalonado y caudal constante.

La prueba de bombeo tiene como finalidad determinar los parámetros hidráulicos, la transmisividad (T), permeabilidad o conductividad hidráulica (K) y la eficiencia del pozo.

Además, en la Prueba de bombeo se determina el caudal máximo de bombeo, caudal óptimo de bombeo (caudal de prueba de bombeo constante) y el caudal seguro de bombeo que es el 80 % del caudal óptimo.

En las descargas de agua de la prueba de bombeo, deben estar canalizadas desde el punto de perforación hasta una distancia donde el agua depositada no afecte el pozo bombeado o causar algún daño al terreno y evitar crear perjuicio o incomodidad para el propietario de terrenos vecinos o propietario aguas abajo.

#### 3.2.15.1.- Prueba de bombeo escalonado

Iniciar con la prueba de bombeo escalonada con el fin de conocer los descensos máximos de nivel y caudal de bombeo. El rango establecido comprende entre el máximo caudal que tiene la capacidad de proporcionar el pozo y la mitad del mismo; se inicia la etapa de bombeo con el menor caudal hasta el máximo.

Esta prueba debe ser establecida con el previo conocimiento de datos obtenidos en el proceso de desarrollo del pozo, teniendo en cuenta el caudal máximo extraíble.

Además, se debe tener preparado todos los equipos (bomba sumergible, piezómetro, caudalímetro o flujómetro, cronómetro, entre otros), herramientas (llaves y otros) y planillas requeridas.

- Paso 1: Determinar el máximo y mínimo valor estimado del caudal.
- Paso 2: Tener las planillas de la prueba de bombeo escalonada, establecer el caudal inicial - descarga (escalón 1), identificación del pozo (código o # de pozo), nombre de la prueba; nivel estático, fecha, hora, tiempos (min), abatimiento o descenso de nivel de agua en lo posible otros datos como la presión en Mega Pascal (MPa), observaciones como la temperatura del agua, pH, conductividad, salinidad, olor, color y turbiedad, y observar si bombea limo o arena. La tabla del intervalo de tiempo y otros datos:

De 0 min a 10 min: cada 1 min

De 10 min a 20 min: cada 2 min

De 20 min a 60 min: cada 5 min

De 60 min a 120 min: cada 10 min

- Paso 3: Seguir hasta el cuarto o quinto escalón hasta un caudal límite, donde se pueda determinar el caudal máximo de bombeo. Es importante realizar las pruebas hasta que el nivel se estabilice en una profundidad, para luego poder cambiar de escalón o caudal. Para pruebas de bombeo escalonadas dependiendo del periodo de tiempo de bombeo (variable entre 1h y 2 h), estas deben tomar el tiempo necesario para la recuperación del nivel inicial.
- Paso 4: Realizar los cálculos correspondientes para graficarlos
- Paso 5: Determinar el caudal para la prueba de bombeo constante o de larga duración. Donde se determina:

Ej.	Caudal máximo de bombeo ( $Q_{max}$ )	>10,00	(l/s)
	Caudal óptimo de bombeo ( $Q_{opt}$ )	> 8,00	(l/s)

**Nota:** Donde el Caudal Óptimo de bombeo es igual al 80% del Caudal Máximo de bombeo

$$[Q_{opt} = Q_{max} * 80\%]$$

### **3.2.15.2.- Prueba de bombeo constante o de larga duración**

Una vez verificado los diferentes caudales con la prueba escalonada, se debe realizar una prueba a caudal constante de larga duración

- Paso 1: medir el nivel estático inicial del pozo de donde se controlará el descenso del nivel para pruebas de bombeo escalonado y continuo.
- Paso 2: encender la bomba y comenzar a tomar los datos de descenso del nivel de agua con la sonda de nivel de acuerdo con periodos de tiempo definidos. En los primeros minutos de bombeo el abatimiento es más rápido por lo que las lecturas se deben realizar en intervalos más cortos.
- Paso 3: medir los caudales de extracción por lo menos cada hora.
- Paso 4: el tiempo de bombeo para pruebas de caudal constante es posible que varíe entre 24 h y 72 h.
- Paso 5: si existieran pozos piezométricos o de medición cercanos al área de pozo, también deben ser medidos los descensos de niveles.

### **3.2.15.3.- Prueba de recuperación**

Se debe medir los niveles dinámicos de recuperación con la tabla diseñada para el efecto. (Anexo H (f7)).

Una vez culminada la prueba de bombeo en el tiempo programado se procede a la medición de niveles de recuperación del pozo hasta alcanzar el nivel inicial.

Una vez finalizada la prueba de bombeo y apagada la bomba, el nivel de agua comenzará a subir nuevamente. El aumento del nivel de agua es posible medirlo con una prueba de recuperación.

Si el caudal extraído no fue constante durante la prueba de bombeo, la prueba de recuperación puede ser considerada información más congruente, dado que el nivel se recupera a una tasa constante.

Las mediciones deben ser continuas hasta que el acuífero haya recuperado el 95% de su nivel original antes de la prueba de bombeo.

### **3.2.16.- Prueba de verticalidad y alineación**

Esta prueba se realiza empleando una plomada de tipo cilíndrica con un diámetro de 10 mm o menor que el diámetro del revestimiento y se sujeta con un cable que debe pasar por el centro y a nivel de boca de pozo. Para lograr la centralización se emplea una guía ajustable que se coloca a 3 m por encima del extremo superior de la camisa. La desviación se toma haciendo descender la plomada hasta el fondo del pozo y midiendo el desplazamiento del cable cada 3 m, respecto a la pared interior del encamisado. La desviación puede obtenerse mediante el producto del desplazamiento del cable por la longitud total del mismo, dividiendo la distancia fija entre la guía ajustable y la boca del pozo.

### **3.2.17.- Protección del Pozo**

#### **3.2.17.1.- Sello sanitario - Protector de tubería y base soporte de bomba - Losa de Hormigón**

Sello sanitario, es la inyección de material impermeable en el espacio anular entre la tubería de revestimiento y el hueco de perforación hasta una profundidad que por lo menos llegue al primer horizonte de capa arcillosa; normalmente en Bolivia es mayor a 10 m (para el área rural y en zonas donde no existe contaminación de los acuíferos superficiales).

En caso de las ciudades donde se denota la contaminación de los acuíferos superficiales y en los siguientes horizontes (hasta el tercer horizonte: aprox. 80 m), deben ser sellados hasta dicha profundidad, ya que existen zonas comprometidas con la contaminación de sus acuíferos, por la falta de saneamiento básico donde la pluma de contaminación ha llegado a una profundidad de más de 80 m. En estas zonas, se debe realizar el sello sanitario por debajo de estos niveles de contaminación para garantizar la calidad del recurso agua.

En el caso que exista peligro de contaminación por aguas superficiales e infiltradas, el sello debe prolongarse en forma tal que elimine cualquier riesgo de contaminación.

Para la ejecución del sello sanitario en el espacio anular entre tubería de revestimiento y la perforación, se debe llenar con hormigón con una dosificación de cemento, arena y grava de 1:2:2, hasta la profundidad mínima de 10 m por debajo de la superficie del terreno, donde no existe peligro de contaminación por aguas superficiales e infiltraciones, con el fin de garantizar una completa impermeabilidad.

Asimismo, como material para el sello sanitario; se puede utilizar material impermeable como bentonita, "es posible también utilizar una mezcla de bentonita, cal y arcilla, empleando 1/2 bolsa de bentonita, 1 bolsa de cal, 1 m<sup>3</sup> de arcilla y agua en cantidad tal que permita obtener una elasticidad y fluidez para que pueda ser introducido por una tubería hasta la profundidad del sello, en el espacio anular comprendido entre las paredes y el ademe del pozo". Para mejor entendimiento (véase **figura 9**) del esquema del pozo terminado.

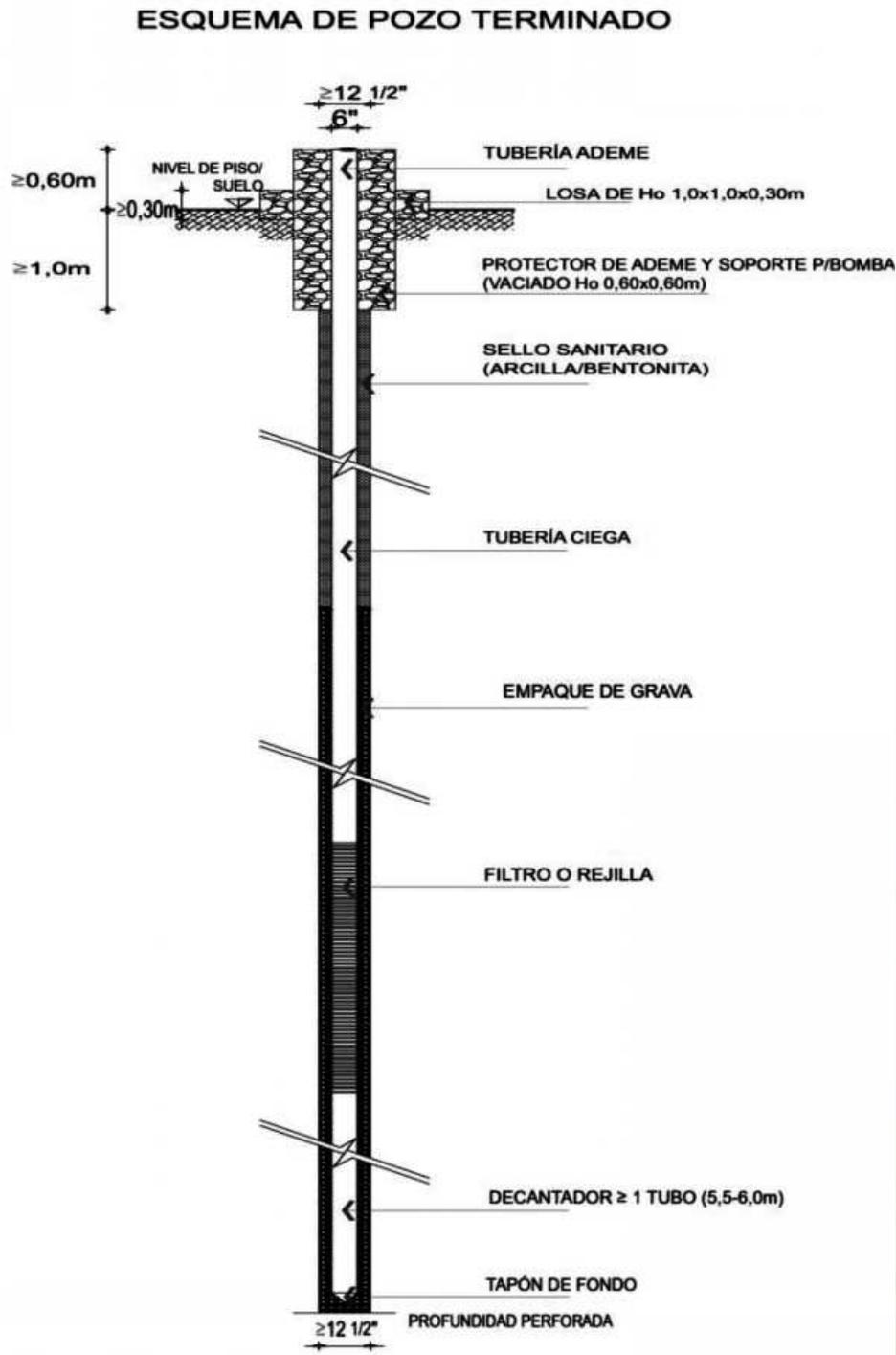


Figura 9- Protector de tubería de ademe y Base soporte de bomba

El protector de tubería de ademe y base soporte de bomba (véase **figura 10**), sirve para proteger el extremo superior del ademe y evitar daños directos a la tubería, cumple también la función de ser base para la instalación de las bombas sumergibles, sus dimensiones deben ser de 0,60 m x 0,60 m x 1 m por debajo del nivel del suelo y 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m por arriba del nivel del suelo o hasta el nivel de boca de pozo, exceptuando los lugares de inundaciones que deben ser considerados mayor a ese nivel por encima del récord del nivel de inundación en los últimos 100 años, cualquiera que sea mayor.



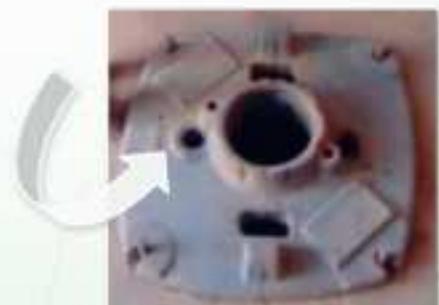
**Figura 10 - Protector de tubería de ademe y Base soporte de bomba**

La losa de Hormigón es para que no se infiltre el agua superficial. La terminación en superficie se completará mediante la construcción de una losa de hormigón con una mezcla de cemento, arena y grava en proporciones 1:2:3. La losa debe tener 1 m x 1 m de lado por 0,30 m de altura, debiendo sobresalir por encima de la superficie del terreno como mínimo 0,20 m. La losa debe tener una pendiente de 3 % desde el centro hacia los bordes, colocar un canal de drenaje alrededor de la losa de concreto, su descarga se extenderá a cierta distancia del pozo.

Al completar el pozo, el constructor debe instalar una tapa adecuada ya sea roscada, de pestaña o soldada o un sello de compresión, para prevenir la entrada de material foráneo al pozo terminado. La descarga de los pozos surgentes se debe controlar por medio de uno o varios de los siguientes sistemas con el fin de garantizar que no se presenten pérdidas o desperdicio de agua:

- Válvulas de control
- Conexiones herméticas o de sellado
- Cementación para evitar la descarga de agua por el espacio anular
- Adaptador de flujo o regulador de descarga de agua

**Nota:** Los pozos de producción deben ser equipados con un tubo PVC de 19,05 mm - 25,4 mm (3/4 pulgada - 1 pulgada) de diámetro interno para las mediciones del nivel de agua. Este tubo se debe instalar conjuntamente con la instalación de la bomba sumergible.



### 3.2.17.2.- Protección del pozo, caseta de control de bombeo y cerco perimetral

En caso de que el pozo no esté ubicado dentro de una caseta (véase **figura 11**), se debe construir una caja de ladrillo y/o cualquier material sólido con dimensiones mínimas de 1,50 m x 1 m, provisto por una tapa desmontable. Todos los pozos deben tener tapas protectoras en boca de pozo para evitar el ingreso de objetos, líquidos, polvos y otros, externos al interior del pozo (material metálico o plástico resistente), mayor a 60 cm sobre el nivel del piso y los que tengan problemas de inundaciones deben tener más del nivel límite establecido principalmente en zonas inundables.

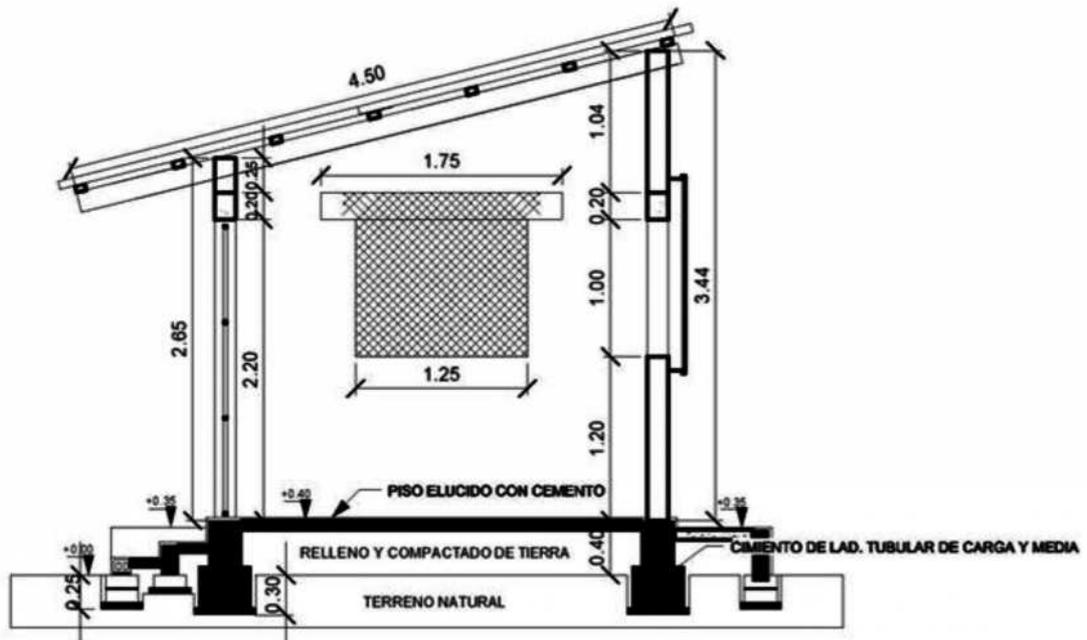
La dimensión geométrica de la caja de protección debe tomar en cuenta factores de fácil operación y mantenimiento de tuberías y accesorios de plomería, topografía del terreno, características del suelo, zonas inundables, y otras que se identifique in situ.



Figura 11 - Protector del pozo

La construcción de la caseta de control de bombeo (véase **figura 12**), debe ser edificada con sobre cimientos de hormigón con dimensiones mínimas de 2,5 m x 3,0 m, con cubierta (calamina No. 28 o losa de hormigón armado) y debe estar cercada con malla olímpica, donde estará instalado el panel de control de bombeo, juegos de llaves, generador eléctrico (si no cuentan con energía eléctrica), espacio para cajas de herramientas, accesorios y libro de registro de operación, mantenimiento y reparaciones realizadas.

## CORTE A - A'



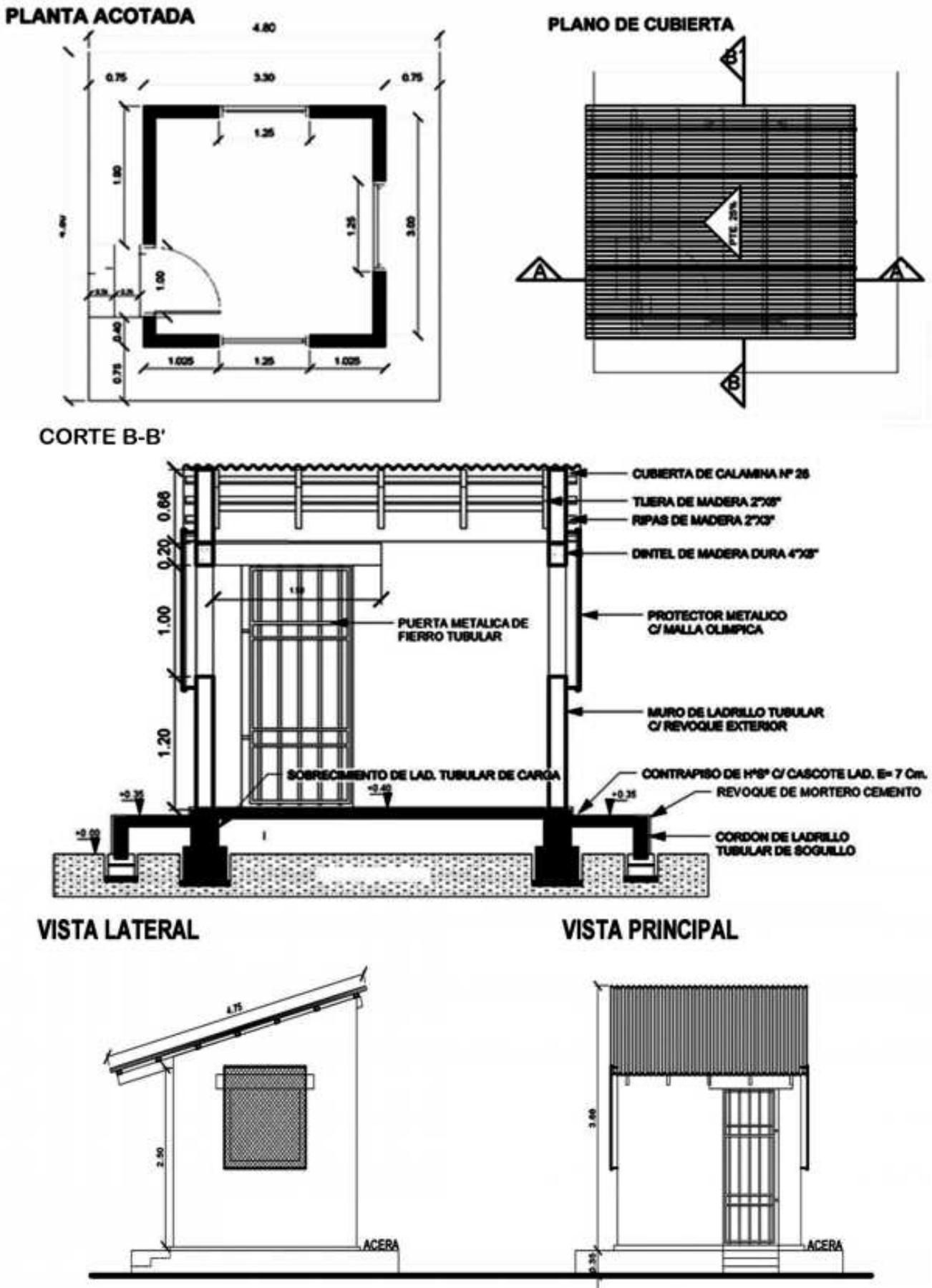


Figura 12- Planos de la Caseta de control de bombeo

Fuente: Proyecto de Suministro de Agua Potable en Áreas Rurales de los Dptos. De Beni y Pando (KYOWA ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.), 2011.

Alternativas de diseño de la caseta de bombeo con relación al pozo y el cerco perimetral y caja de protección del pozo (véase figura 13).

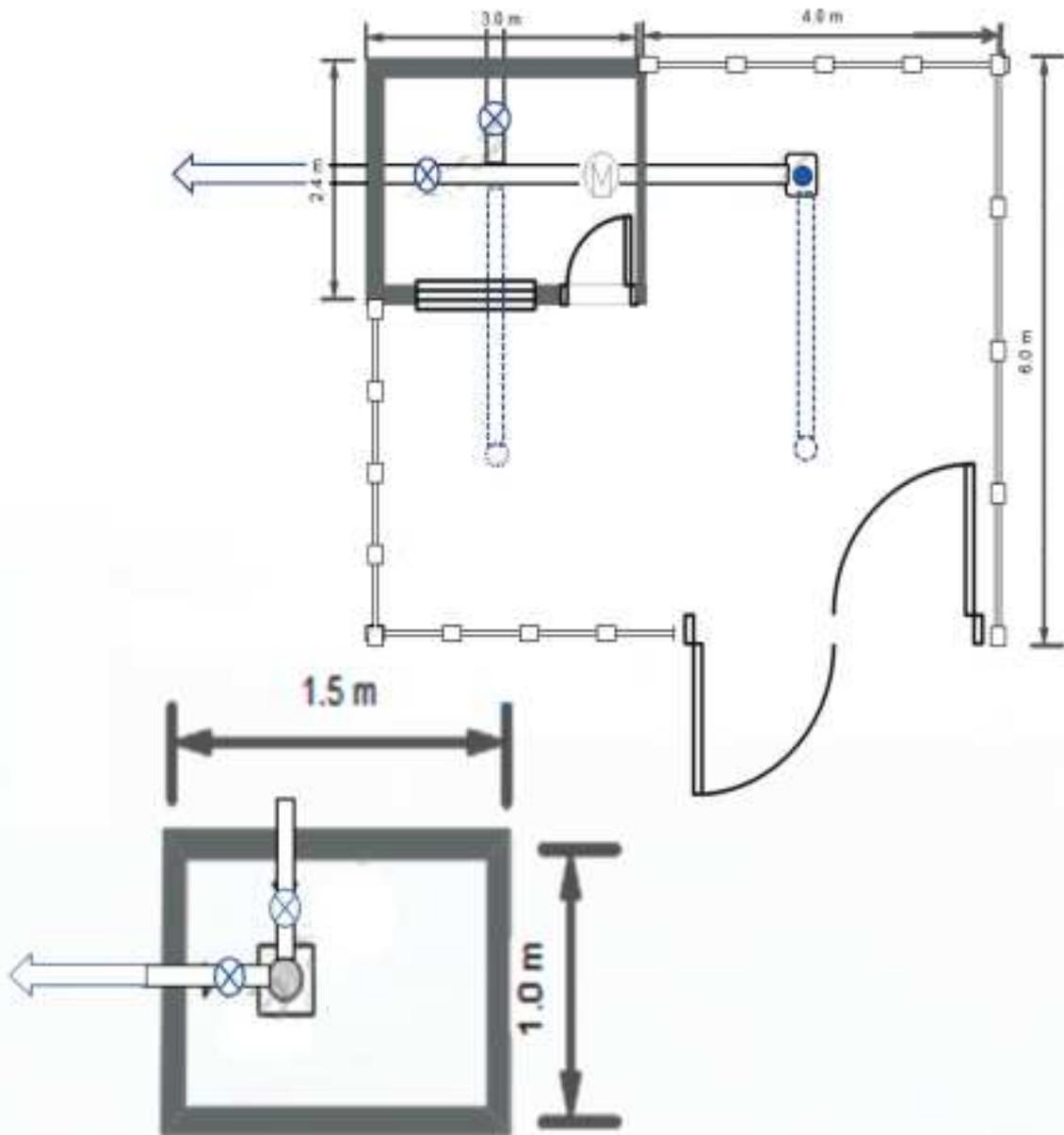


Figura 13- Alternativa de diseño, caseta de bombeo, cerco y caja de protección del pozo

**Considerando la mejor operabilidad del pozo para su mantenimiento.**

- Indistintamente se puede ubicar el Pozo.
- Lo importante es que todas las llaves y controles se encuentren dentro de la Caseta de Control.

**Caja de protección del Pozo independiente (en caso de que no cuente con cerco perimetral)**

La caja que protege el Pozo deberá tener como mínimo 1,50 x 1,0m para la manipulación de las tuberías.

Debe tener una tapa con seguro.

La tubería de impulsión que sale del pozo hacia la Caseta de Control, donde se realiza el control respectivo.

Cerco perimetral, (véase **figura 14**) se refiere a un cerco de malla olímpica que abarque el pozo y la caseta de bombeo, debiendo existir la identificación necesaria.

Para prevenir daños y accidentes en el pozo es necesaria la protección del mismo; al interior del área están prohibidas las actividades ajenas a las relacionadas a la perforación, instalaciones o depósitos de materiales u objetos que puedan contaminar el agua subterránea.



**Figura 14- Caseta de control de bombeo y Cerco perimetral**

### **3.2.18.- Toma de muestra de agua para el análisis de calidad de agua**

Las muestras tomadas (NB496) deben ser obtenidas durante la última etapa de la prueba de bombeo para realizar los análisis físicos, químicos y bacteriológicos.

El análisis del agua subterránea debe contemplar mínimamente un análisis físico-químico y bacteriológico para determinar la calidad del agua (NB512), y deben ser realizadas por un laboratorio certificado; tal información debe adjuntarse al informe final donde indicarán el uso. Los parámetros recomendados a ser determinados son, sin ser limitativo: Oxígeno Disuelto, Temperatura, Conductividad y pH, mismos que deben ser medidos en campo. Adicionalmente se deberá determinar en laboratorio Hierro, Manganeso y el Índice de Saturación de Langelier "I.S.L.", para el cálculo del ISL se requiere los siguientes datos: pH, Temperatura del agua, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Alcalinidad y Dureza (en forma de CaCO<sub>3</sub>). Sirve para determinar si el agua es corrosiva o incrustante.

De acuerdo a los resultados del análisis de la calidad de agua del pozo, posteriormente se debe realizar un monitoreo, debido a que existe la posibilidad que los parámetros varíen según la ubicación del pozo.

Los parámetros para el monitoreo deben incluir, sin ser limitativos: sólidos disueltos totales "T.D.S.", temperatura, conductividad eléctrica "E.C", pH y oxígeno disuelto. Los resultados de la calidad del agua, evaluados a intervalos regulares (por ejemplo: semestral y/o anualmente), podrán posiblemente sugerir una condición diferente por debajo del suelo; por ejemplo, existe la posibilidad que la cubierta del pozo se haya corroído lo que hace que el agua degradada pueda ingresar al pozo; o, es posible que los cambios se deban a un problema de fuente puntual.

### **3.2.19.- Desinfección de pozos**

La desinfección es el paso final en la terminación de un pozo. El objetivo fundamental es la destrucción total de los organismos productores de enfermedades que pudieron ser introducidos durante la perforación (introducción de tuberías, gravas, bomba sumergible, herramientas, entre otros) y el desarrollo del pozo.

Para la desinfección se debe emplear una solución de cloro. El compuesto de cloro que más se usa para la desinfección de agua, es el hipoclorito de calcio, en su presentación de HTH-Hipoclorito para Pruebas de Precisión (High Test Hypochlorite, "H.T.H.") en polvo o granulado, el cual normalmente contiene de 50 % a 70 % de cloro.

También se debe usar el hipoclorito de sodio en forma de blanqueador líquido o en polvo. Cada compuesto de cloro tiene una cantidad diferente de cloro activo.

La cantidad de cloro requerida dependerá del volumen de agua en el pozo. Se debe añadir 1 l de solución de cloro al 0,2 % por cada 100 l de agua que encuentren en el pozo. Una vez preparada la solución se debe dejar que el agua repose por 30 min como mínimo. El proceso de desinfección debe seguir los siguientes pasos:

Para introducir la solución de cloro en el pozo, es necesario retirar la bomba y algunas de sus partes.

Para calcular la dosis apropiada de cloro para la desinfección de un pozo se debe proceder de la siguiente manera:

Cálculo de la dosis de cloro para desinfectar un pozo usando hipoclorito de calcio (HTH)

Equipo:

- Balde de 20 l
- Cloro HTH granulado o en polvo

Método:

- Calcular el volumen del agua en el pozo con la fórmula:

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

Donde:

V = volumen de agua en el pozo (m<sup>3</sup>)

D = diámetro del pozo (m)

ah = profundidad del agua (m)

$\pi$  = 3,1416

- Llenar el balde con agua clara del pozo
- Añadir 50g de HTH y remover hasta que se disuelva
- Por cada metro cúbico (m<sup>3</sup>) de agua en el pozo, se añadirán 10 l (medio balde) de la solución de cloro

Luego de agregar el cloro al pozo éste deberá permanecer durante un periodo de 12 horas a 24 horas; se debe hacer funcionar la bomba hasta que toda el agua haya sido removida. Repetir el proceso hasta que la concentración medida, mediante un equipo comparador de cloro sea menor a 0,5 mg/l de cloro residual, si la concentración llegara a ser mayor que 0,5 mg/l, extraiga nuevamente toda el agua del pozo y repita el proceso.

### 3.2.20.- Producción del pozo (vida útil)

La persona natural y/o jurídica, pública o privada debe tomar las acciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del pozo realizando el mantenimiento que dependerá de la capacidad y calidad del pozo (calidad de agua y otros).

Se debe informar a las Autoridades Competentes sobre cualquier acontecimiento relevante que suceda con el pozo y el agua.

Los pozos que disminuyan el caudal de bombeo podrán ser usados para monitoreo por parte de la Autoridad Competente, por lo que la persona natural y/o jurídica, pública o privada, deberá informar de cualquier pozo que ya no esté en uso, asimismo permitir el ingreso de técnicos para evaluación y determinación del uso.

Si existe influencia salina o contaminación se debe sellar el pozo definitivamente, para no afectar a otros acuíferos, previo al diagnóstico.

La información recopilada debe alimentar la base de datos para ser centralizados en una base de datos mayor a nivel nacional, a través del MMAyA y cuyo propósito sea la gestión de recursos hídricos y la investigación.

Se deben proteger las fuentes de agua: no solo descargas naturales de agua, sino las áreas de recargas; prohibir la construcción de infraestructuras potencialmente contaminante como son los rellenos sanitarios, botaderos, curtiembres, mataderos, estaciones de servicio entre otros.

### **3.2.21.- Presentación de Informe Final y Planillas de reporte**

Una vez concluida la construcción del pozo, se debe entregar un informe final de perforación del pozo y el llenado de las planillas de reporte de acuerdo a formato (**Anexo 2 y 3**) (**NB Anexo H y J Normativo**).

Este informe debe ser entregado en original y digital la Autoridad Competente según su uso y el nivel donde inicio la gestión.

### **3.2.22.-Cierre definitivo del pozo**

Los pozos que dejen de ser explotados por término de su vida útil, fallas técnicas, contaminación, salinidad, entre otros, deben ser reportados a la Autoridad Competente, la misma que enviará técnicos con experiencia en el rubro que verificarán el estado del pozo y determinarán el uso que se le dará en adelante.

Los pozos que sean abandonados sin ser protegidos de manera adecuada representan un posible riesgo al acuífero y/o medio ambiente. Por tanto, se debe proceder al cerco del pozo.

Los pozos que dejen de ser explotados, mientras contengan agua (bajo caudal), son muy útiles para el monitoreo de cantidad (niveles estáticos), calidad (hidro química), u otros fines de investigación. Por tanto, la Autoridad Competente debe analizar y determinar la utilidad que se le dará al pozo, y como último recurso se debe considerar el cierre definitivo del pozo.

Una vez que la Autoridad Competente autorice que es necesario el cierre definitivo de un pozo (término de la vida útil, fallas técnicas y/o contaminación); se debe realizar el relleno del pozo con material impermeable compactado (por ejemplo, arcilla) o bien con mortero de mezcla homogénea. En todos los casos, es recomendable la extracción de la parte superior del entubado de forma que el sello quede en contacto directo con la formación geológica.

## **3.3.- PROCESO TÉCNICO DESPUES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO**

### **3.3.1.- Consideraciones Previas**

El proceso técnico después de la construcción del pozo se refiere a:

1. Si corresponde por categoría y el pozo cuenta con Licencia Ambiental, el representante legal de una Actividad, Obra o Proyecto, debe realizar el Monitoreo Ambiental de manera permanente durante las etapas de ejecución, operación, mantenimiento, cierre, rehabilitación, abandono y post - cierre, a través del Instrumento de Regulación de Alcance Particular (IRAP) que permite la verificación del cumplimiento de las medidas ambientales aprobadas en el marco de una Licencia Ambiental.
2. Proceso de implementación del sistema de bombeo y del mismo sistema de agua
3. Proceso de diagnóstico y evaluación del pozo

Se considera que después (sistema de bombeo, operación, mantenimiento y rehabilitación del pozo) de la construcción de pozos profundos para la extracción de agua; se deben realizar los siguientes trabajos para la operación y mantenimiento:

### **3.3.2.- Proceso de instalación del sistema de bombeo**

- Determinación de la capacidad de la bomba sumergible/solar y/u otros requeridos.
- Tubería de impulsión
- Construcción del sistema de agua
- Control de bombeo y registro de funcionamiento
- Mantenimiento del sistema de agua

- **Determinación de la capacidad de la bomba sumergible/solar y/u otros requeridos.**

La selección adecuada de una bomba sumergible para la instalación en un pozo, se debe considerar:

- ✓ Rendimiento del pozo (no es posible extraer más agua de un pozo que la cantidad determinada por su rendimiento máximo), según la capacidad del pozo construido con los resultados de las pruebas de bombeo (escalonado, continuo o larga duración y recuperación) y parámetros hidráulicos, para poder determinar el uso del caudal óptimo de bombeo.
- ✓ Poder cubrir la demanda de agua de un grupo de personas o comunidad, en caso de que el caudal sea menor a la capacidad del pozo (caudal óptimo de bombeo), es importante que la bomba sea bien dimensionada, con base en la demanda de agua.

Tanto para el rendimiento como la demanda, se debe adicionar todas las pérdidas de aducción hasta el destino final, ya sea almacenamiento o distribución.

Además de tomar en cuenta otros criterios importantes como:

- ✓ Tipo de energía disponible. No todos los equipos de bombeo son adaptables a cualquier tipo de energía.
- ✓ Precio de compra y costo de operación.
- ✓ Disponibilidad de piezas de repuesto y servicio de mantenimiento.

- **Tubería de impulsión**

Cabe mencionar que en la tubería de impulsión deberá seleccionarse de acuerdo a la calidad de agua del pozo; debido a que se ha observado en último tiempo que tubería de FG tiene una duración mínima en aguas duras, en estos casos se recomienda utilizar tuberías de impulsión de PVC y accesorios fabricadas para ese efecto.

- **Construcción del sistema de agua**

La construcción del sistema de agua, almacenamiento, desinfección, distribución, entre otros deberá cumplir con la NB 689 y su respectiva reglamentación y sus actualizaciones.

- **Control de bombeo y registro de funcionamiento**

Para el control de bombeo se debe cumplir el acápite 3.3.3.1 Monitoreo de pozos; y otros como la planilla de funcionamiento y operación dirigirse a la NB 689 y su reglamentación.

- **Mantenimiento del sistema de agua**

Para el mantenimiento del sistema deben cumplir con las exigencias de la NB 689 y su reglamentación; sobre el mantenimiento del pozo se describe desde el punto 3.3.4.

Todos los pozos perforados por personas naturales y/o jurídicas que suministran el trabajo de instalación del pozo deberán prever la instalación de un tubo adicional (para piezómetro) de diámetro de ¾" o 1" para en el futuro realizar mediciones de variaciones de nivel de agua cuando el pozo esté en producción.

### 3.3.3.- Proceso de diagnóstico de pozo mediante video inspección (endoscopia de pozos)

El proceso de diagnóstico de pozo, comienza con la recopilación de datos, normalmente se requiere cuando se observa una disminución del nivel de agua del pozo, una reducción del caudal de bombeo, bombeo de limo y arena, entre otros; considerar que no sólo afecta al aumento del costo de energía, sino que conduce a una profundización de la ubicación de la bomba, ocasionando en el pozo profundo una variedad de anomalías tales como:

- a) Aumento de la velocidad de captación de agua
- b) Generación de flujo turbulento en la parte del filtro
- c) Obstrucción de la pantalla con partículas de arena fina y limo
- d) Obstrucción por incrustaciones e ingreso de limo alrededor de los filtros
- e) Hundimiento debido al bombeo excesivo por la presión de deshidratación de la capa de arcilla
- f) Incremento en el costo de energía
- g) Obstrucciones por incrustaciones por sobre bombeo dejando vacío los filtros.

Por lo tanto, el bombeo excesivo (sobre bombeo) de pozos profundos no solo induce a la caída del nivel dinámico del agua, sino varios perjuicios, por lo que es indispensable desde el punto de vista de conservación de pozos profundos operar por debajo del caudal óptimo de bombeo diseñado.

**3.3.3.1.- Monitoreo de datos**

Para una buena gestión de un pozo, se deben tener registrados todos los datos del pozo como:

- a) Elaborar un registro de gestión de pozos o libro mayor de control de pozos (véase **tabla 3**)
- b) Nivel estático
- c) Nivel dinámico
- d) Caudal de bombeo
- e) Tipos de bombas sumergibles
- f) Ubicación de filtros
- g) Resultados de las pruebas de bombeo
- h) Resultados de calidad del agua
- i) Trabajos de reparación
- j) Método de trabajo de reparación

**Tabla 3 – Libro Mayor de Control de Pozos (Ejemplo)**

Sitio		Fecha Perforación			Fecha		Otros													
		Día	Mes	Año	Nombre	Caudal l/s	Nivel ND-m	Caudal l/s/m	Tiempo min	Temperatura °C										
Tubería	Diámetro	pulgadas			Resultado Prueba de Bombeo	N.Estático														
	Profundidad	m				1°Escalón														
	Materiales					2°Escalón														
				3°Escalón																
				4°Escalón																
				5°Escalón																
Filtros	Tipo					Gráfico P. Bombeo	Nota													
	Materiales																			
	Ubicación																			
Bomba Sumergible	Tipo				C. Agua							*C.Totales	**C.Fecales	Nitrógeno nitrito	Nitrato, Nitrógeno nitrito	Fe y otros	Ion sodio			
	# Fabricación																			
	Diámetro	pulgadas																		
	Ubicación	m																		
	Caudal	l/s																		
	Ubicación	m																		
	Potencia	kW																		
Voltaje	V																			
Frecuencia	Hz																			
Amperaje	A					Bacterias	pH	Sabor	Olor	Color	Turbiedad									
Otros																				

\* Coliformes Totales

Fuente: Texto Rehabilitación de pozos 2018, MMAyA-JICA

\* Coliformes Fecales

Para mantener un bombeo estable de los pozos, es importante medir periódicamente los niveles de agua tanto estáticos como dinámicos, y bombear sin causar turbulencias para que la arena fina no fluya dentro del rango del caudal determinado.

1) Nivel Estático del agua de pozo

El nivel estático o hidrostático es el nivel en que se encuentra el agua cuando no se ha iniciado la extracción del agua.

La medición del Nivel Estático se debe realizar mensualmente y en cada cambio de estación (lluviosa y seca).

2) Nivel Dinámico del agua de pozo

Nivel del agua en un pozo a ser bombeado a un caudal dado.

La medición del nivel dinámico se debe realizar mensualmente y en cada cambio de estación (lluviosa y seca).

### 3) Caudal de Bombeo

El caudal de bombeo se refiere al volumen de descarga o extracción de agua, medido en (l/s) o (m<sup>3</sup>/d).

Se debe medir todos los días o cuando se opera la bomba.

### 4) Volumen de descarga específica (Capacidad Específica)

La capacidad específica es un indicador para el diagnóstico simple de la productividad del pozo. Es la relación entre el caudal extraído de un pozo y el descenso del nivel dinámico. Se expresa en unidades (l/s/m).

Si este indicador baja un 20 % de la capacidad específica del pozo es apto para realizar el diagnóstico y rehabilitación del pozo; si baja al 50 % normalmente no existe posibilidad para su recuperación. (según experiencia por más de tres décadas "Informe de Diagnóstico y rehabilitación de pozo", MMAyA-JICA. Fuente Raax, ETE.2018)<sup>18</sup>, y mantenimiento preventivo rutinario se deberá realizar cuando se observe una tendencia de bajada del caudal inicial.

#### 3.3.3.2.- Diagnóstico de un pozo

El diagnóstico del pozo se realiza si presenta anomalías en el volumen de bombeo, niveles de agua, entre otros; comparados con datos de la etapa inicial (del momento de la construcción o rehabilitación del pozo).

Descripción de las imágenes tomadas de la video inspección (endoscopia de pozos), deben ser:

Sitio: #·Pozo, Diámetro, Profundidad (m), Estado del ademe, Uniones de tuberías, Estado de los filtros, Estado del fondo del pozo.

- Si existe deformaciones, daños, describir su estado.
- Si existe deformaciones del diámetro, describirlo.

Se realizan las comparaciones de los datos iniciales y actuales registrados en el Libro Mayor de Control de Pozos (véase **Tabla 3**).

Se verifica con la endoscopia, donde estaba ubicada la bomba, filtros entre otros.

Con la evaluación teniendo estos datos e imágenes, se define la posibilidad de la rehabilitación, siendo el resultado de la endoscopia.

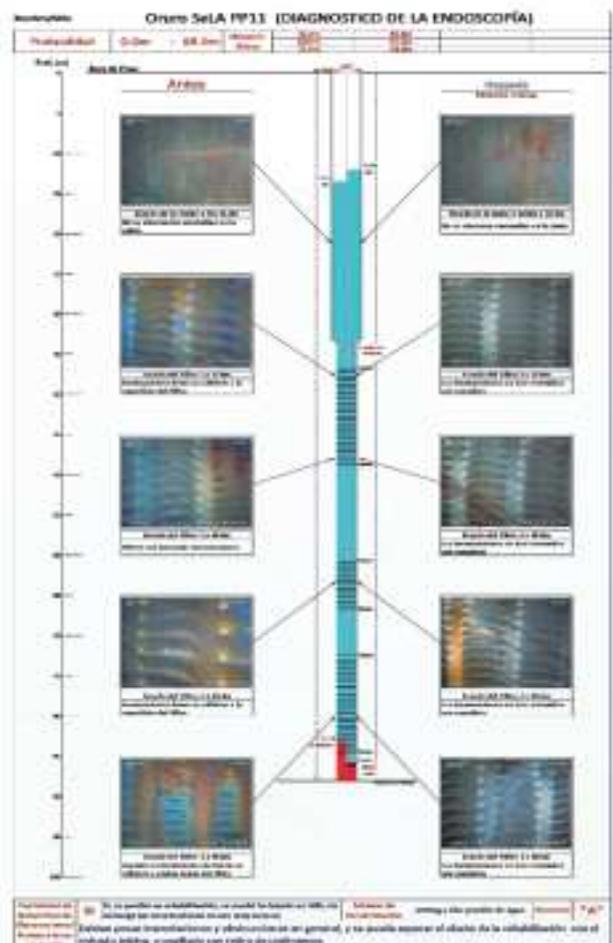


Figura 15- Diagnóstico de Video inspección (Antes y Después)

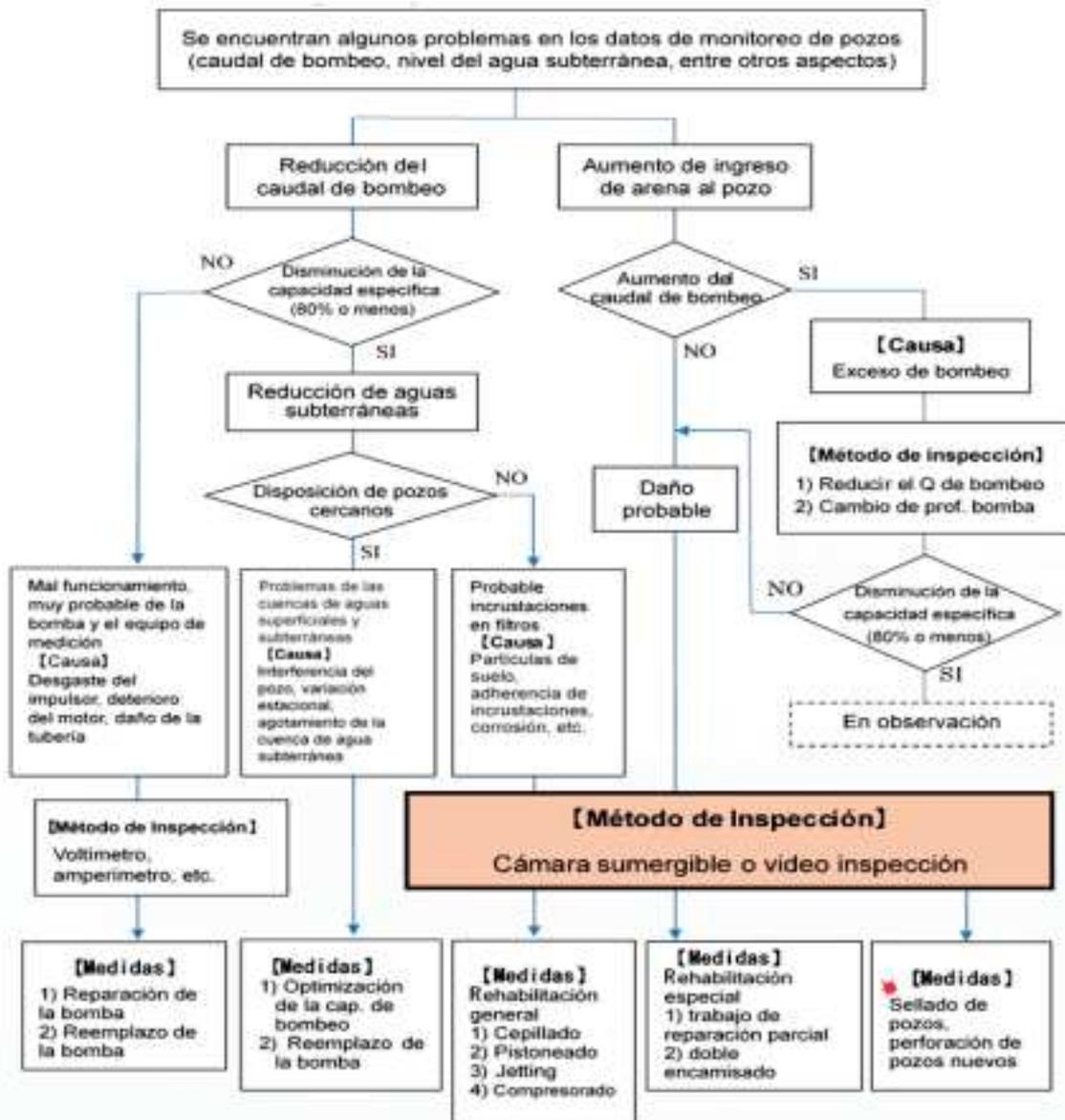
#### 3.3.3.3.- Diagnóstico del Volumen de bombeo y el descenso de Niveles de agua

Con el diagnóstico del pozo se verifica si existe una reducción de la capacidad específica mayor (al 80 %) al nivel estándar.

- 1) Cuando la capacidad específica no haya disminuido y el volumen de bombeo haya bajado: son problemas en el sistema de bombeo, se debe revisar la bomba, tubería de impulsión y si existe falla en el medidor, debe haber una previa verificación del voltímetro, amperímetro y resistencia de aislamiento en el panel de control.

<sup>18</sup> Informe de Diagnóstico y rehabilitación de pozo, MMAyA-JICA-2018. Fuente Raax Co., Ltd. Fabricante cámaras de Video Inspección, ETE (Earth Trust Engineering Co., Ltd., empresa especializada en perforación de pozos hasta más de 1500m e inventor del equipo para rehabilitación de pozos con el método Jetting (inyección de agua a alta presión), patentado a nivel internacional.

2) Cuando la capacidad específica esté disminuyendo: se debe a problemas en el pozo, incrustaciones, corrosión, roturas en el ademe entre otros; para un mejor entendimiento del problema se debe aplicar el flujograma de diagnóstico de pozo profundo (véase figura 16).



**Figura 16- Flujograma del Diagnóstico de Pozos Profundos**  
 (Fuente: "Manual técnico para la gestión de pozos", Japan Water Works Association, 1999)  
 \* Detalle sellado de pozo (véase punto 3.3.5)

**3.3.3.4.- Diagnóstico de escorrentía de arena fina**

Cuando existe el ingreso de arena fina y/o limo, los pozos se colapsan, debido al desgaste de la bomba sumergible se reduce la capacidad de bombeo; produciendo la obstrucción del acuífero y de los filtros, entre otros.

**3.3.3.5.- Preparativos de los equipos, herramientas e instalaciones requeridas incluyendo el personal capacitado**

Antes de iniciar el trabajo se deben confirmar los equipos necesarios bajo un check list (cámara, trípode, guinche, video reproductor, cables, piezómetros, caudalímetros, hojas de registro y toma de lecturas, parasol y otros necesarios).

**Nota:** Lavar la herramienta de perforación, así como el equipo que se introduzca en el pozo en las distintas operaciones de mantenimiento con permanganato de potasio o de cloro.

### **3.3.3.6.- Preparativos del pozo (libre de bomba y espacio necesario)**

Para la inspección con cámara, el pozo debe estar libre de cualquier objeto, bomba sumergible, u objetos caídos. En el sitio, se deberá tener el espacio para bajar la cámara de video inspección y área para la instalación de la cámara con su guinche y control.

### **3.3.3.7.- Instalación del equipo**

El Guinche y tablero de control deben ser debidamente nivelados y el cable debe estar centrado y ajustado para que la sonda con las cámaras (frontal y lateral) ingrese al centro del pozo.

Proceso de video inspección (endoscopia de pozo).

Para iniciar la grabación se debe configurar el Tablero de Control, con la fecha, hora, sitio y otros datos.

### **3.3.3.8.- Grabación**

Una vez verificada la profundidad inicial (0,0 m.); se procede con el bajado de la cámara, observando los puntos críticos o factibles de deterioro, como juntas, filtros.

### **3.3.3.9.- Toma de imágenes**

Cuando existen algunas anomalías se recomienda tomar también las fotografías para guardarlas como imagen que servirán para el informe del diagnóstico.

### **3.3.3.10.- Verificación de puntos**

Una vez terminada la toma de video inspección, y cuando la cámara esté en lo más profundo del pozo inspeccionado, se deben verificar los siguientes datos y archivos:

- 1) Que los datos tomados estén guardados
- 2) Que no existen errores de profundidades
- 3) Que las imágenes de cada unión o soldadura estén debidamente almacenadas
- 4) Donde no sea posible observar las uniones, se deben tomar intervalos iguales
- 5) Tomar en cuenta todas las irregularidades de los ademes y filtros.

### **3.3.3.11.- Análisis y evaluación**

Concluidos los trabajos de campo, se debe proceder en realizar el ordenamiento de las imágenes y videos, la edición se realiza en gabinete.

### **3.3.3.12.- Análisis del estado de los filtros y tubería ciega, uniones y puntos críticos**

En general se observa el estado inicial del ademe (filtros y tubería ciega), con las profundidades y la descripción del estado y forma del material instalado, posibles incrustaciones y bacterias presentes en los filtros especialmente.

### **3.3.3.13.- Evaluación del estado del pozo**

Con las observaciones realizadas anteriormente, se debe evaluar el estado del pozo en cada punto y profundidades; para tener un diagnóstico general del pozo. Además, se debe tomar en cuenta la calidad del agua del pozo.

### **3.3.3.14.- Determinación de la factibilidad de rehabilitación del pozo**

Finalmente, de acuerdo a la evaluación se determinará la factibilidad de la rehabilitación o no del pozo.

Es importante en este punto el análisis económico, si el costo beneficio es positivo.

Se debe determinar qué método de rehabilitación es recomendable, cuánto tiempo y quienes tienen la capacidad de realizarlo.

En caso de que la rehabilitación no sea posible, por razones de deterioro excesivo de los filtros y ademe, se debe realizar el sellado definitivo del pozo.

### 3.3.4.- Rehabilitación y/o mantenimiento del pozo

Para fines del presente reglamento se entiende como rehabilitación del pozo al proceso de mejorar las funciones y el rendimiento del pozo, es decir mejorar la capacidad específica de bombeo, o mejorar el caudal de bombeo a una tendencia hacia al caudal inicial del momento de la construcción del pozo.

Como regla general, si la capacidad específica se ha reducido en un 50 %, las posibilidades de restaurar completamente el pozo a su capacidad específica original son escasas. Normalmente una rehabilitación se debe realizar cuando la capacidad específica ha reducido un 20 %, a diferencia del mantenimiento preventivo que se debe realizar periódicamente cuando se observe la disminución del caudal inicial.

#### 3.3.4.1.- Métodos de rehabilitación y/o mantenimiento

Se requieren trabajos de rehabilitación: si el caudal de bombeo ha disminuido, si el nivel dinámico del agua se reduce o la calidad del agua cambia y se considera que los filtros del pozo están bloqueados. En tal caso, se debe investigar el interior del pozo con una cámara sumergible, si se confirma la obstrucción de los filtros, se deberá realizar el trabajo de rehabilitación con los métodos comunes descritos a continuación.

- 1) Método de cepillado
- 2) Método de pistoneado
- 3) Método de limpieza de tipo inverso
- 4) Método con tratamiento químico
- 5) Método de inyección de agua con alta presión (Jetting) y compresorado.

En muchos casos, estos métodos se combinan.

##### 1 Método de cepillado

Un método que consiste en mover axialmente un cepillo de alambre (u otro material) un poco más grande que el diámetro interno de la tubería, raspando y eliminando las incrustaciones en los filtros y la superficie de la tubería.

##### 2) Método de pistoneado

Considerando la tubería como un cilindro, es un método para descender una herramienta similar a un pistón, colgada con un cable o cañería, aumentando la fluctuación del agua mediante el movimiento axial para eliminar las incrustaciones y los granos de arena alrededor de los filtros. Existe peligro de rotura si los filtros y tubería ciega están corroídos o deteriorados considerablemente.

##### 3) Método de lavado inverso

Este método consiste en la inyección de agua a las formaciones acuíferas, a través de un cilindro metálico con perforaciones laterales, de una longitud de 1 m y acoplado al tallo de perforación. La presión del agua es generada por la misma bomba de lodo que en la etapa de perforación. Este proceso se inicia desde el fondo del pozo hacia arriba y en los ademes ranurados.

##### 4) Método con tratamiento químico

Es un método para el tratamiento del pozo, con productos químicos a base de ácido clorhídrico o ácido sulfámico, o algún producto que disuelva el hierro (Fe) y manganeso (Mn), precipitados, solucionando la obstrucción e incrustaciones en el ademe ranurado. Estos tratamientos proporcionan una solución, generalmente de carácter temporal, ya que después de un lapso de tiempo variable, el fenómeno se repite y el pozo requerirá de un nuevo tratamiento.

Otros productos utilizados son los polifosfatos como dispersantes de arcilla y bacterias ferruginosas. También el cloro se deposita activo al agua del pozo, con objeto de que mate las bacterias y elimine el limo orgánico asociado. La acidificación también mata las bacterias, pero no elimina el limo orgánico.

#### 5) Método de inyección de agua con alta presión (Jetting) y compresorado

Es un método que se inyecta agua con alta presión y compresorado simultáneo desde el interior hacia el exterior de los filtros para eliminar las incrustaciones, eliminando las obstrucciones, para ejecutar este método se requiere adicionalmente una bomba de agua a presión (capacidad de 30 MPa).

#### 3.3.4.2.- Pasos para elaborar un Plan de rehabilitación y/o mantenimiento.

Con los datos de monitoreo y una vez realizado los trabajos de diagnóstico y rehabilitación de los pozos, se obtiene los resultados de la prueba de bombeo antes y después de la rehabilitación, teniendo una frecuencia de obstrucciones e incrustaciones de los filtros donde están los aportes de agua en el pozo; con los cuales se determina la frecuencia de rehabilitación de pozo. Cada pozo es diferente por lo que su plan de rehabilitación debe ser particular para cada pozo.

Es de suma importancia tener lo siguiente:

- 1) Datos hidráulicos del momento de la construcción del pozo.
  - 2) Datos de monitoreo por lo menos 2 veces al año.
  - 3) Datos de rehabilitación del pozo, fechas, métodos utilizados y sus resultados
- Es aconsejable la medición de niveles (estático y dinámico) dos veces al año: al finalizar la época de lluvias y en la segunda mitad del estiaje para su evaluación correspondiente, realizada por el técnico responsable que monitorea el pozo.
  - Las bombas deben ser mantenidas regularmente.
  - El sistema eléctrico debe tener un seguimiento continuo.

#### 3.3.5.- Sellado definitivo del pozo

Una vez que la autoridad competente autorice que es necesario el cierre definitivo de un pozo (término de la vida útil, fallas técnicas y/o contaminación), se debe realizar el sellado del pozo con material impermeable (p.e. arcilla) compactado o bien con mortero de mezcla homogénea. En todos los casos es recomendable la extracción de la parte superior del ademe de forma que el sello quede en contacto directo con la formación geológica.

Las perforaciones exploratorias, pozos de prueba, pozos parcialmente terminados y pozos abandonados deben ser selladas.

El principio guía a seguir en el sellado de pozos abandonados es la restauración, hasta el punto que sea factible, de las condiciones geológicas que existían antes de realizar la perforación exploratoria o el pozo.

Se deberán sellar los pozos por las siguientes razones:

- 1) Para eliminar riesgos físicos.
- 2) Para evitar la contaminación del agua subterránea.
- 3) Para conservar el rendimiento y la cabeza hidrostática de los acuíferos.
- 4) Para evitar la mezcla de aguas.

#### 3.3.5.1.- Requisitos del sellado

En los casos en que el pozo extraiga agua de varias capas acuíferas, y se disponga de información sobre la situación de estas capas, la clausura definitiva del pozo debe realizarse en base a la columna litológica del pozo o disposición vertical de las capas acuíferas. Antes de iniciar las operaciones de sellado, se debe medir la profundidad y revisar si hay obstrucciones en el pozo.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Excepción al retiro de la tubería de revestimiento

Si la tubería de revestimiento no es posible retirarla, es necesario realizar la perforación de la tubería para asegurar el sellado apropiado requerido.

2) Retirar la tubería de revestimiento

Retirar la tubería de revestimiento de algunos pozos es necesario para asegurar la colocación de un sello efectivo.

3) Materiales de sellado y colocación

Entre los materiales de sellado de pozo se consideran: concreto, lechada de cemento, bentonita o arcilla entre otros; deben ser colocados de abajo hacia arriba con métodos que eviten la segregación o dilución del material.

Llenar el pozo con materiales sólidos inertes (agregados), desde el fondo hasta 1 m por debajo del primer estrato del acuífero, para lograr una reconstitución del terreno hasta un estado similar a las condiciones geológicas originales. Esta acción sólo se podrá llevar a cabo cuando el diámetro sea superior a 2 pulgadas. El tamaño de las partículas siempre debe ser inferior a  $\frac{1}{4}$  del diámetro del pozo. El material no tiene que estar contaminado y debe ser geoquímicamente inerte en contacto con el agua subterránea o con los materiales geológicos presentes. Es necesario hacer un seguimiento de la operación de llenado para controlar que no se produzcan puentes.

4) Registro de los procedimientos del sellado

Se deben mantener registros completos y precisos del procedimiento del sellado en su totalidad.

5) Profundidades selladas

La profundidad de cada capa de todos los materiales del sellado y de relleno debe ser registrada.

6) Cantidad de material de sellado utilizado

La cantidad de materiales de sellado que se utilizan, debe ser registrada.

## CAPITULO IV

### GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 4.1.- GENERALIDADES

El Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia (SIASBO), con Resolución Ministerial N°211 del 19 de mayo de 2017, es un módulo del Sistema de Información Ambiental y de Recursos Hídricos (SIARH), es una aplicación informática que gestiona información de la base de datos "Hídrico - Ambiental" del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), de Bolivia.

SIASBO surge ante la problemática de que la información hidrogeológica del país se encuentra dispersa en diferentes sectores públicos y privados, información valiosa que servirá de insumo para: conocer la conformación tridimensional de los acuíferos, planificar la disponibilidad y gestión adecuada del recurso, complementar los estudios de balances hídricos superficiales para que estos sean integrales (interacción agua superficial y subterránea), de manera que sea considerado el ciclo completo del recurso hídrico en la cuenca. SIASBO, se encuentra articulado a la NB 173001 "Proceso Técnico para la Construcción de Pozos de Agua", puesto que es el sistema que almacena y procesa la información generada durante los procesos antes, durante y después de la perforación de pozos, tiene la capacidad de procesar la información para generar gráficas y reportes que permiten realizar el análisis y generar nueva información.

El Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia, no solo será un repositorio de datos sino también un escenario de manejo de registros a tiempo real y una herramienta de planificación para el MMAyA; constituyéndose en un patrimonio estratégico para encarar el proceso de planificación del desarrollo a niveles de consumo humano, industrial, agropecuario y preservación del recurso hídrico subterráneo, para hacer frente a los efectos del cambio climático.

#### 4.2.- ALCANCES

- ✓ Fortalecer a la herramienta de planificación y gestión del agua subterránea en el País.
- ✓ Permitir, mediante la información existente, el diagnóstico continuo y actualizado de la situación real de los recursos hídricos subterráneos.
- ✓ Contribuir a la gestión de los recursos hídricos subterráneos a través de la generación de información.
- ✓ Ser una herramienta que ayude a los diferentes niveles del Estado; nacional, departamental y/o municipal a la gestión sostenible de las aguas subterráneas.

#### 4.3.- RESPONSABILIDAD

El Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia, se encuentra bajo la responsabilidad de la Dirección General de Planificación del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, como cabeza de sector a nivel Nacional, encargada de recopilar, registrar, procesar, consolidar, actualizar, mantener y difundir información de recursos hídricos subterráneos del estado Plurinacional de Bolivia.

#### 4.4.- AUTORIDAD COMPETENTE NACIONAL Y/O DEPARTAMENTAL

Los informes técnicos a presentar son:

- Informe técnico de geofísica basado en el contenido mínimo "**(Anexo 1)**"; **(NB-Anexo C Normativo)**.
- Informe Final y Planillas de reporte del proceso de construcción del pozo basado en el contenido mínimo "**(Anexo 2 y 3)** **(NB Anexos H y J Normativo)**".

Estos informes deben ser elaborados y presentados en 4 copias impresas y en formato digital editable, por parte del contratista responsable de los estudios geofísicos y/o de la construcción del pozo al contratante (1) y a las entidades competentes a nivel Municipal (2), Departamental (3) y Nacional (4).

Consecutivamente con la aprobación del contratante deben ser presentados en 3 copias impresas y en formato digital editable, por parte de la persona natural y/o jurídica solicitante a las autoridades competentes: municipal, departamental y nacional.

Una vez que la autoridad competente municipal reciba estos informes, debe presentarlos en 2 copias impresas y en formato digital editable, a la autoridad competente departamental y nacional.

Finalizando la autoridad competente departamental deberá presentar 1 copia impresa y en formato digital editable, al Ministerio de Medio Ambiente y Agua, para contribuir con información para el Sistema de Información de Agua Subterránea en Bolivia (SIASBO).

## 5.- ANEXOS

### ANEXO 1 (NB Anexo C (NORMATIVO)) Contenido Mínimo del Informe de Estudio Geofísico

#### CARATULA CON NOMBRE DE LA EMPRESA RESPONSABLE

Firma y sello de técnico responsable

#### RESUMEN EJECUTIVO

##### 1) GENERALIDADES

- Antecedentes
- Objetivo general del Estudio
- Objetivo específico
- Ubicación del área y vías de acceso

##### 2) CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO (con mapa adjunto)

- Fisiografía
- Geomorfología
- Estratigrafía

##### 3) CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO (con mapa adjunto)

- Unidades Hidrogeológicas
- Acuíferos del Área de estudio

##### 4) EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (con mapa ubicación de sondeos adjunto)

- Generalidades
- Método geofísico utilizado (SEV, TE o SEB, EM, Método Sísmico)
- Características del equipo empleado
- Metodología de trabajo

##### 5) FASES DE TRABAJO

- Trabajo preliminar de gabinete
- Trabajo de campo
- Trabajo final de gabinete

##### 6) INTEGRACIÓN Y CORRELACIÓN DE RESULTADOS

- Perfiles geofísicos
- Características y descripción de los perfiles
- Mapas de resistividad de diferentes niveles con su descripción
- Interpretación de la prospección

##### 7) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Conclusiones
- Recomendaciones
- Coordenadas y profundidades recomendadas, para perforación

##### 8) ANEXOS

- Presentación de datos crudos de estudio geofísico
- Coordenadas de inicio y final del perfil
- Levantamiento topográfico de la línea de perfil (necesario para lugares accidentados)
- Planos e imágenes satelitales con ubicación de perfiles
- Interpretación de pseudo perfiles
- Fotografías

**ANEXO 2 (NB Anexo H (NORMATIVO))**  
**Planillas de Reporte de Perforación de Pozo**

Anexo H (a) Planillas técnicas de registro de construcción de pozo			
1. Datos Generales			
Identificación del Pozo:		Uso: <input type="checkbox"/> Doméstico <input type="checkbox"/> Riego <input type="checkbox"/> Monitoreo <input type="checkbox"/> Minería <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Pecuario <input type="checkbox"/> Otro _____	
Departamento:	Municipio:	Nombre de Propietario:	
Provincia:	Comunidad:	Dirección de propietario:	
Coordenadas: <input type="checkbox"/> UTM <input type="checkbox"/> Geográficas	Nombre de la empresa perforadora:		
Datum:	Zona:	Dirección de la empresa perforadora:	
Norte (m):	Latitud (" ° ' ")		
Este (m):	Longitud (" ° ' ")		
Elevación (m):			
Mapa/Croquis:			







Anexo H (a) Planillas técnicas de registro de construcción de pozo		
<b>E. Perfilaje Eléctrico en pozo abierto</b>		
<b>Identificación pozo de agua:</b>		
Departamento:	Municipio:	Nombre del Propietario:
Provincia:	Comunidad:	Dirección del Propietario:
Coordenadas <input type="checkbox"/> UTM <input type="checkbox"/> Geográficas		
Norte (m):	Latitud (" "):	Celular del Propietario:
Este (m):	Longitud (" "):	
Nombre de la empresa perforadora:		
Perfilaje de pozo por:		
Profundidad (m)	Descripción	Gráfico del potencial espontáneo y resistividad

\* La información deberá ser registrada con un intervalo mínimo de 1 m, adicionar más planillas de ser necesario.

Anexo H (f 1) Planillas técnicas de registro de pruebas de bombeo										
7. Detalles de prueba de bombeo escalon 1										
POZO N°		Nombre sitio:								
PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADO						1-ESCALÓN				
Nivel Estático del Agua (m):										
Caudal (l/s):										
FECHA	HORA	TIEMPO (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
								T (°C)	PH	µS/cm
		0								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		9								
		10								
		12								
		14								
		16								
		18								
		20								
		25								
		30								
		35								
		40								
		45								
		50								
		55								
		60								
		70								
		80								
		90								
		100								
		110								
		120								

Anexo H (F 2) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo

8. Detalles de prueba de bombeo escalon 2

POZO N°                      Nombre sitio:

PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADO

2-ESCALON

Nivel Estático del Agua (m):

Caudal (l/s):

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	TIEMPO t (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
									T (°C)	PH	mS/cm
		0									
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
		12									
		14									
		16									
		18									
		20									
		25									
		30									
		35									
		40									
		45									
		50									
		55									
		60									
		70									
		80									
		90									
		100									
		110									
		120									

Anexo H (f.3) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo

9. Detalles de prueba de bombeo escalon 3

POZO N<sup>o</sup>                      Nombre sitio:

PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADO                      3-ESCALON

Nivel Estático del Agua (m):                      0,00

Caudal (l/s):

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	TIEMPO t (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
									T (°C)	PH	mS/cm
		0									
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
		12									
		14									
		16									
		18									
		20									
		25									
		30									
		35									
		40									
		45									
		50									
		55									
		60									
		70									
		80									
		90									
		100									
		110									
		120									

Anexo H (f 4) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo											
10. Detalles de prueba de bombeo escalon 4											
POZO N°		Nombre sitio:									
PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADO						4-ESCALON					
Nivel Estático del Agua (m):				0,00							
Caudal (l/s):											
FECHA	HORA	TIEMPO (min)	TIEMPO t (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
									T (°C)	PH	mS/cm
		0									
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
		12									
		14									
		18									
		18									
		20									
		25									
		30									
		35									
		40									
		45									
		50									
		55									
		60									
		70									
		80									
		90									
		100									
		110									
		120									

Anexo H (f 5) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo											
11. Detalles de prueba de bombeo escalon 5											
POZO N°		Nombre sitio:									
PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADO						5-ESCALON					
Nivel Estático del Agua (m):				0,00							
Caudal (l/s):											
FECHA	HORA	TIEMPO (min)	TIEMPO t (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
									T (°C)	PH	mS/cm
			0								
			1								
			2								
			3								
			4								
			5								
			6								
			7								
			8								
			9								
			10								
			12								
			14								
			16								
			18								
			20								
			25								
			30								
			35								
			40								
			45								
			50								
			55								
			60								
			70								
			80								
			90								
			100								
			110								
			120								

Anexo H (f 6) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo										
12. Detalles de prueba de bombeo continuo										
POZO N°		Nombre sitio:								
PRUEBA DE BOMBEO CONTINUO					Nivel Dinámico del Agua (m):					
Nivel Estático del Agua (m):					Caudal (l/s):					
FECHA	HORA	TIEMPO (min)	CAUDAL (l/s)	NIVEL DE Medida	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (MPa)	OBSERVACIONES		
								T (°C)	PH	mS/cm
		0								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		9								
		10								
		12								
		14								
		16								
		18								
		20								
		25								
		30								
		35								
		40								
		45								
		50								
		55								
		60								
		70								
		80								
		90								
		100								
		110								
		120								
		150								
		180								
		210								
		240								
		270								
		300								
		330								
		360								
		420								
		480								
		540								
		600								
		660								
		720								
		780								
		840								
		900								
		960								
		1020								
		1080								
		1140								
		1200								
		1260								
		1320								
		1380								
		1440								

Anexo H (f 7) Planillas técnicas de registro de prueba de bombeo							
13. Detalles de prueba de recuperación							
POZO N°		Nombre sitio:					
RECUPERACION							
Nivel estático del agua(m):							
FECHA	HORA	t (min)	TIEMPO (min)	RELACION t/t'	NIVEL DE AGUA (Medida)	PROFUNDIDAD DEL AGUA (m)	ABATIMIENTO RESIDUAL (m)
			0				
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
			12				
			14				
			16				
			18				
			20				
			25				
			30				
			35				
			40				
			45				
			50				
			55				
			60				
			70				
			80				
			90				
			100				
			110				
			120				
			150				
			180				
			210				
			240				
			270				
			300				
			330				
			360				
			420				
			480				
			540				
			600				
			660				
			720				
			780				
			840				
			900				
			960				
			1020				
			1080				
			1140				
			1200				
			1260				
			1320				
			1380				
			1440				

Anexo H (g ) Planillas técnicas de registro de Análisis de calidad de agua			
14. Análisis Calidad de Agua (critico/parámetros regulares)*			
Pozo de Agua/Referencia de perforación N°:			Niveles máximos permitidos según uso
Componentes	Unidad	Concentración	
<b>Físico</b>			
Color	<i>mg/l Pt (TCU)</i>		
Olor			
Sabor			
Temperatura	Celsius		
Turbiedad	FTU		
Conductividad Eléctrica	$\mu S/cm$		
<b>Químico</b>			
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	<i>mg/l</i>		
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	<i>mg/l</i>		
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<i>mg/l</i>		
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	<i>mg/l</i>		
Sodio (Na <sup>+</sup> )	<i>mg/l</i>		
Potasio (K <sup>+</sup> )	<i>mg/l</i>		
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	<i>mg/l</i>		
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	<i>mg/l</i>		
Arsénico (As)	<i><math>\mu g/l</math></i>		
Hierro (Fe)	<i>mg/l</i>		
Manganeso (Mn)	<i>mg/l</i>		
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<i>mg/l</i>		
pH			
Sólidos disueltos totales	<i>mg/l</i>		
<b>Microbiología</b>			
Coliformes termo resistente (E. Coli)	<i>Cont./100ml</i>		
Coliformes fecales	<i>Cont./100ml</i>		
Coliformes totales	<i>Cont./100ml</i>		
* Referente a estándares nacionales/Lineamientos nacionales para calidad de agua potable según norma NB512			

Anexo H (h) Gráfico de Resumen de las Planillas de Pozo

Nombre Pozo	Ubicación		Coordenadas Geográficas		Altitud	Departamento	Provincia	Municipio	Sitio	
Usos del pozo	Propósito del pozo		Coordenadas UTM (WGS-84)		Zona e Uso	Profundidad a boca de pozo (m)	Profundidad perforada (m)	Profundidad entubada (m)	Diámetro de Acabado (Pulgadas ["] / Decim. hasta)	
Fecha inicio - final		Perforación:		Tipo de Equipo	Método	Fluido				
Tipo Tubería	Especificaciones	Díam. int. (")	Díam. ext. (")	Tipo de junta		Tub. Ciego				Total 0,50m
Tipo de Filtros	Material	Díámetro	Espesor ranuras	Área abierta	Tipo de junta	Ubicación de Filtros				Total
Relevo de grava:	Origen	Tamaño	Ubicación	Volumen usado	Desarrollo del pozo:		Método:	Duración:	Caudal de Bombeo	
Bomba sumergible:			Profundidad:		Nivel Estático	Nivel Dinámico			Número	Caudal
										0,00 y/s
Broca, Diámetro (mm) y Método	Gráfico de Instalación de tubería y Ubicación de revestimientos	Curva Potencial Espontáneo (SP)	Curvas de Resistividades Corto Largo SPR		Curva de Rayos Gamma	Tiempo de Perforación (min/m)	Gráfica de la Litología y Descripción			

**SIMBOLOGÍA:**

TRMH = Tricorno-Medio duro	HPS = Hormigón Simple	T = Tubería de acero	 Perforación Rotatoria con broca rotatoria por T
HA = Broca insertada	TA = Sellado (Lechada)	F = Tubería filtros	 Perforación Rotatoria con broca rotatoria por T
R L = Rotatorio con lodo	G = Grava Clasificada	B = Bomba sumergible	
DTH = Perforación con Martillo	S = Sello con Bentonita	Otros= Especificar	

**NOTA**  
 Este formato completo lo tiene de referencia en el Capítulo 3- Figura 5 Diseño de Pozo  
**WGS 84- World Geodetic System 1984**

**ANEXO 3 (NB Anexo J (NORMATIVO))**  
**Contenido Mínimo del Informe de Perforación de Pozos**

**J.1 Contenido Informe Final de Perforación y Construcción de Pozos**

**CARATULA CON NOMBRE DE LA EMPRESA RESPONSABLE**

Firma y sello de técnico responsable

**RESUMEN EJECUTIVO**

**1) GENERALIDADES**

- **Antecedentes**
- **Objetivo**
- **Ubicación del área y vías de acceso**
- **Resumen características finales del pozo**

**2) ESTUDIOS PREVIOS A LA PERFORACIÓN**

**2.1 Estudio de prospección geofísica**

- Resultados de prospección geofísica
- Recomendaciones de la prospección geofísica

**2.2 Movilización de equipo e instalación de faenas**

- Equipamiento utilizado
- Recursos humanos
- Flujo de operaciones de campo
  - Movilización de equipo
  - Instalación de faenas
  - Medidas tomadas para prevenir contaminación ambiental
  - Preparación de fosas de lodos
  - Cerco perimetral
- Periodo de perforación

**3) PERFORACIÓN DEL POZO**

- Perforación de pozo piloto
- Registro eléctrico de pozo
  - Gráficas
  - Interpretación de resultados
- Diseño del pozo
  - Descripción de material cada metro
  - Columna litológica
  - Definir el diámetro y material de tubería
  - Ubicación de filtros: profundidad y longitud
  - Definir tipo de filtro/rejilla
  - Diámetro de grava
  - Sellos sanitarios
- Ensanche del pozo piloto.
- Provisión e instalación de tubería de revestimiento.
- Provisión e instalación de filtros.
- Provisión e instalación de centralizador.

- Instalación tubo decantador.
- Provisión e instalación de grava seleccionada.
- Lavado preliminar del pozo.
- Limpieza y desarrollo del pozo.
- Provisión y colocación de sello sanitario.

#### 4) ACTIVIDADES POST- PERFORACIÓN

- Instalación de bomba
- Prueba de bombeo del pozo.
- Prueba de recuperación del pozo.
  - Curvas de abatimiento
  - Transmisividad y conductividad hidráulica
  - Coeficiente de almacenamiento
- Análisis físico-químico y microbiológico de agua de pozo

Elaboración de informe del pozo según formato **ANEXO 2 (NB Anexo H Normativo)**: Planillas de registro de pozo

#### 5) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Conclusiones de la perforación y construcción del pozo
- Recomendaciones para implementación del pozo
  - Características de bomba recomendada
  - Profundidad de instalación de bomba
  - Caudal de bombeo recomendado

#### 6) ANEXOS

- Estudio de prospección geofísico
- Registro de tiempo de perforación
- Perfil eléctrico (Datos en formato digital)
- Perfil litológico
- Diseño del pozo
- Plano as "built" del pozo
- Registro de video inspección del pozo terminado (DVD de la video inspección)
- Pruebas de bombeo (planillas)
- Datos tomados en campo (Datos en formato digital)
- Gráficas de interpretación
- Resultados de hidro química de laboratorio acreditado

Registro fotográfico de todas las etapas de perforación y construcción







ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

DIRECCIÓN GENERAL  
DE PLANIFICACIÓN

**UNIDOS**

RUMBO AL BICENTENARIO



Agencia de Cooperación  
Internacional del Japón