

Aljibes, Pozos y Perforaciones



Monumentos al Agua

*Textos compilados, consejos prácticos y experiencias
que revelan realidades cotidianas del quehacer de los trabajadores de la Hidrología
primitiva y actual*



AUTOR: Roberto Guillermo LELL

EDICIÓN Diciembre 2020

INDICE

1. Origen de los aljibes	3
2. Pozos para Agua	7
2.1. Construcción de Pozos	8
3. Primeras Perforaciones para Agua	10
4. Nociones de Hidrogeología	11
4.1. El Acuífero	15
4.2. Tipos de Acuíferos.	16
5. Que se debe hacer antes de la Perforación	18
5.1. Presentación de Proyectos.	19
5.2. Diseño y Dimensionamiento de la Perforación.	19
6. Sistemas de Perforación.	21
6.1. Rotación con Circulación Directa.	21
6.2. Rotación con Circulación Inversa.	21
6.3. Percusión a Cable.	22
6.4. Rotopercusión.	24
7. Pozo Piloto o de Exploración.	24
8. Ejecución de las Perforaciones.	25
8.1. Determinación del Diámetro de Entubado.	25
8.2. Procedimiento de la Perforación.	26
8.3. Conexión de la Bomba de Lodos.	26
8.4. Perforación.	26
8.5. Entubado de la Perforación (PVC).	27
8.6. Limpieza de la Perforación.	28
8.7. Activación de la Perforación.	28
9. Métodos de Limpieza y Desinfección.	29
9.1. Método de Descontaminación del Agua Subterránea.	29
9.2. Tratamientos Físicos (Adsorción).	29
9.3. Filtración.	29
9.4. Tratamientos Químicos (Neutralización)	29
9.5. Precipitación Química (físico-química).	29
9.6. Tratamientos Biológicos (Lodos Activados).	30
9.7. Almacenamientos - Reservas.	30
9.8. Tratamientos in-situ (Inmovilización).	30
9.9. Movilización para Extracción (Lixiviación de Suelos).	30
10. Contratos de Obra.	32
11. Normas Legales	32
11.1. Norma técnica de Construcción de pozos para la captación de agua Subterránea	33
12. Aforos y Ensayos de Bombeo	39
12.1. Aforos.	39
12.2. Ensayos de Bombeo.	39
12.3. Condiciones previas al Ensayo	40
12.4. Método de Análisis para Ensayos de Bombeo.	40
13. Terminación y Entrega de Final de Obra.	41
13.1. Materiales y Vida útil de la Perforación.	46
Anexo I: Información Básica.	47
ANEVO II: Errores e Incertidumbres técnicas	51
ANEXO III: Impacto Ambiental y Salud Pública	53
ANEXO IV: Los acuíferos de la Argentina	62

1. Origen de los Aljibes

La palabra aljibe procede del árabe hispánico **alǧúbb**, que significa el pozo. De acuerdo al primer significado recogido por la Real Academia Española (RAE) en su diccionario, un aljibe es un reservorio de agua que comúnmente se encontraba en los patios de las viviendas y en los huertos de los castillos. Los aljibes surgieron en la época de la Antigua Roma, quienes difundieron estas obras hacia todos los territorios que estaban dominados por el Imperio Romano.

En aquellos terrenos más áridos, empezaron a construirse depósitos bajo la tierra para almacenar el agua procedente de las precipitaciones. De este modo, cuando no se registraban lluvias, dicha agua podía emplearse para regar los cultivos de huertas, cocinar y demás fines. Con el correr de la historia, las estructuras de los aljibes se fueron modificando, para que estos dispositivos fueran cada vez más eficientes. Muchas viviendas comenzaron a tener sus propios aljibes, de donde los habitantes obtenían el agua que usaban en la vida cotidiana para fines domésticos.



Para extraer el agua del aljibe, se emplearon sistema de poleas, sogas o cadenas. haciendo descender un balde a través del mismo, cuyo volumen no superaba los 15 litros. Estas máquinas simples, que fueron mejoradas por malacates manuales y con ello permitieron transmitir la fuerza necesaria para que una persona realizara el trabajo de extracción de agua, que posteriormente fueron reemplazados por bomba a émbolo accionada mediante una larga palanca, mas tarde por un motor a combustión y actualmente con motores eléctricos.

➤ **Precauciones en los aljibes de agua :** A la hora de construir un aljibe se debe tener en cuenta las siguientes condiciones para evitar la contaminación del agua.

Un aljibe moderno está construido con hormigón y azulejo y tiene que responder, entre otras, a las siguientes características para garantizar su seguridad.

Construcción del aljibe alejado de focos contaminantes. Por ejemplo, los vertederos o las fosas sépticas.

Impermeabilización sin fisuras para evitar la contaminación y las pérdidas de agua. Sistema de drenaje para eliminar la primera agua de lluvia, que arrastra tierra y materia en suspensión. La entrada debe ir elevada sobre el nivel del suelo para impedir que se introduzcan elementos no deseados.

El agua debe pasar por una rejilla para cuerpos gruesos y por un filtro de arena antes de entrar al aljibe. Fácil acceso para propiciar una limpieza periódica. Los accesos al depósito deben estar cerrados y es recomendable hacerlo con cierre hermético.

Es importante tener en cuenta que el aljibe debía recibir un determinado mantenimiento para garantizar la calidad del agua y proteger la estructura. Era necesario proceder a la eliminación de

los residuos orgánicos e inorgánicos acumulados en su fondo y con una cierta frecuencia una adecuada desinfección.

También debe decirse que el agua contenida en el aljibe se mantiene a una temperatura estable, alrededor de los 10°C y 19 °C , según la estación del año, latitud y su ubicación en el lugar.

Algunos aljibes poseían un cobertizo que lo protegía del sol y además una tapa en el brocal para evitar que caigan hojas u otros elementos que ensucien el agua. La capacidad de almacenaje, podía variar entre 4 y 8 metros cúbicos y se reponía determinado en cada lluvia del lugar.

➤ **Desinfección de los Aljibes**

La desinfección del aljibe extrayendo el agua contenida incluyendo los componentes extraños (sedimentos, restos vegetales) renovándola con el agregado de lavandina (hipoclorito de sodio), reposando unas dos a tres horas, extraerla totalmente y agregar agua limpia en una cantidad de 1/10 partes del volumen de agua en el aljibe. Es importante que el cierre de la tapa no sea totalmente hermética, ésta debe tener un respiradero para airear el agua almacenada. Para ello se pondrá en una botella plástica, convenientemente enjuagada, un litro de agua del aljibe utilizando el recipiente de 500 cm³ (½ litro) para tener una medida exacta. A la botella de un litro se le agrega una gota de lavandina. Se deja reposar 15 minutos a ½ hora, para que actúe el cloro, luego se introduce ese agua en el lado izquierdo del comparador agregándole las gotas de Orthotolidina (líquido amarillo) que dice el instructivo del comparador (en este caso 4 gotas). Una vez hechos estos pasos se agita el comparador tapándolo en la parte superior y se compara el color del líquido en los tubitos con la tabla de colores. Si el tubo izquierdo da un color amarillento fuerte quiere decir que la dosis de lavandina es excesiva, por lo cual hay que disminuir la misma hasta que el color sea amarillo tenue (cloro residual de 0,2 a 0,3 mg/l). Por el contrario, si no se aprecia el color amarillo tenue (no tiene color) quiere decir que la dosis no es suficiente y se hace el mismo procedimiento, incrementando las gotas de lavandina hasta que el color en el comparador sea el adecuado (amarillo tenue) Una vez obtenidas las gotas necesarias de lavandina por litro de agua se identifica la planilla respectiva donde figura en la primera columna la altura de agua, en la segunda columna el volumen de agua que tiene el aljibe y en la tercera columna la dosis necesaria de lavandina para la desinfección en cm³, y en la cuarta columna está la dosis de lavandina en litros. Se mide la altura de agua en el aljibe con la regla y con este dato se calcula el volumen de agua que tiene el aljibe y en base a eso se saca la cantidad de lavandina que hay que colocar. Como un dato adicional, también se puede saber el pH haciendo el mismo procedimiento que con el cloro, pero en el lado derecho del comparador, usando el líquido rojo. Para que el cloro o la lavandina actúe óptimamente es deseable que el pH se acerque a 7.

➤ **¿Cuándo se debe clorar ?** Se recomienda cada 30 días chequear con el comparador si todavía hay cloro residual. Esto último es sencillo, ya que se coloca en el comparador el agua del aljibe sin agregar lavandina, se aplica el reactivo y se ve si todavía hay cloro residual. Ese chequeo debe hacerse en los aljibes pues el cloro después de un cierto tiempo va perdiendo su efecto desinfectante por combinaciones químicas, por la luz y por la temperatura. Si se producen lluvias también hay que controlar con el comparador para ver si no precisa una nueva dosis de lavandina (no esperar a que se cumplan los 30 días). Lo mismo si se recarga los aljibes con agua de otra fuente de agua. Es importante tener un stock suficiente de lavandina, guardada preferentemente en un lugar fresco y oscuro, para que no se disminuya el poder desinfectante de la misma.

➤ **Los aljibes: protagonistas de los tiempos del agua de tortuga (por Ing. Mario R. Minervino)**

Esta nota, técnica e histórica sobre los primeros recursos de los pobladores por hacerse de reservas de agua, es una excusa además para hablar de una curiosidad que desveló al escritor Jorge Luis Borges y que conformó un particular recurso buscando preservar la calidad del agua para consumo. Entre aljibes y pozos de agua, la presencia de tortugas y sapos como filtros, quietos y eficaces, dueños de parte del tiempo. La lluvia fue siempre un fenómeno clave para la provisión de agua domiciliaria, en tiempos en que el agua corriente era parte de un servicio todavía inaccesible. De igual modo que por estos tiempos, cuando se habla de aprovechar los recursos naturales se menciona la disposición de instalaciones para juntar ese líquido como si se tratara de una propuesta novedosa, durante varios siglos las viviendas aplicaban ese concepto a través de los aljibes.



El modelo tradicional es un recipiente subterráneo, cubierto por una bóveda de cañón, ligeramente apuntada, o en cúpula, hecha de ladrillo. El agua acumulada procede de la lluvia recogida de los tejados o del entorno canalizado hasta él. Suele estar construido con ladrillos, con las paredes internas recubiertas de una mezcla de cal, arena, óxido de hierro, arcilla roja y resina, para impedir filtraciones y evitar la putrefacción del agua. Tienen, entonces, su parte vital o esencial bajo tierra, escondida. Pocos pueden imaginar el verdadero tamaño del depósito ya que lo único que se aprecia desde el suelo hacia arriba es el brocal, una pared que por seguridad y utilidad rodea el pozo a nivel de superficie, siendo el sitio por donde se extrae el agua. Es habitual que sobre él se instale una polea para subir el recipiente que contenga el agua extraída, la cual cuelga de una viga sostenida por dos parantes. También se le suele colocar una tapa, para evitar que caiga suciedad al interior. Desde los primitivos brocales de mampostería, este humilde y sencillo antepecho se ha vestido de los más ricos materiales: mármol, bronce, hierro, cerámica, ladrillo o revoque.

❖ **Relatos y Recuerdos.** (Revista Caras y Caretas, 1906)

A pesar de lo que pueda creerse, los aljibes no eran para cualquiera. Sólo las casas de los más pudientes podían acometer una obra de esta envergadura, por lo cual es menos habitual encontrar hoy casas con este particular componente. Lo más común para acceder al agua en el siglo XIX era recurrir a las napas o al aguatero. En Buenos Aires, hacia 1826, existía una única “fuente de agua pública”, un “pozo de balde” –una perforación hasta la napa– situado en la Plaza Mayor, a un costado de la recova. El agua del aljibe era utilizada para beber y cocinar, mientras que la de pozo de balde, de menor calidad, se utilizaba para el aseo familiar y la limpieza. El aljibe porteño más lujoso se encontraba en la casa de Mariquita Sánchez de Thompson y el más importante en la quinta del Parque Lezama. El agua se usaba para lavar la ropa, los platos o los patios, pero no se podía tomar: se bebía la que compraban al aguatero, que la traía del río, “bastante sucia”, puede leerse en algunas crónicas de la época colonial. El diccionario de

Arquitectura Clarín menciona que en la segunda mitad del siglo XVIII se introdujo la tecnología del aljibe para conservar agua en las viviendas, a partir de la no potabilidad de las napas y lo sucia que resultaba del río. Para eso se construía la cisterna a la cual se conducía el agua de lluvia desde techos, terrazas y patios, mediante cañería de hojalata y albañales. “Las cisternas eran de planta rectangular o circular, con piso embaldosado y paredes de ladrillo revocados para volverlas impermeables”. Su profundidad media era de 5 metros. Los más completos podían contar con escalera para bajar, pozos de sedimentación para el polvo y nichos para colocar velas, mientras se limpiaban. Sobre el agujero central se colocaba un brocal, al igual que en los pozos de balde, de allí que se le diera el mismo nombre a ambos sistemas”, detalla la publicación.

❖ Un mega aljibe y los animales

El denominado Aljibe del Rey es el mayor de los aljibes musulmanes de Granada, España, y data del Siglo XI, con 300.000 litros de capacidad. En la planta baja y alrededor de sus patios se creó el Centro de Interpretación del Agua, que refuerza la oferta turístico-cultural y educativa del lugar, que hoy se puede visitar y recorrer. El aljibe se alimentaba de un ramal de la acequia y servía para abastecer las dependencias palaciegas y sus huertas. También los aguateros acudían con regularidad así como la población. Los guías del lugar explican que: “Una de las curiosidades es que en el agua había anguilas, para conservarla. Las anguilas se alimentaban de algas e insectos. También nadaban pequeñas tortugas que servían para saber si el agua estaba en buen estado. Si las tortugas aparecían flotando boca arriba en su superficie, indicaba que la misma había sido envenenada. En enero de 1914, el diario La Nueva Provincia hacía un enérgico llamado a las autoridades municipales de Bahía Blanca para que atiendan el riesgo sanitario que representaban los aljibes, por haber quedado muchos de ellos en desuso luego de la habilitación. En 1908, del servicio de aguas corrientes. El toque de atención vino de la mano de una tragedia: el hallazgo del cadáver de una niña de 12 años en un aljibe de la vivienda de calle San Martín 58. Los encargados de extraer el cadáver de la desgraciada niña, certificaron que el depósito despedía “emanaciones tan fuertemente pestilenciales, que podían haber producido “un vértigo o desvanecimiento de la criatura al destaparlo”. La situación permitió mencionar que muchas viviendas tenían este tipo de depósitos, así como pozos de balde, que no usaban para recolectar agua, con lo cual se habían convertido –por culpa de “inquilinos despreocupados de toda noción de higiene”– en “un sitio de volcado de aguas servidas, de detritus en general”. Hemos visto aljibes llenos de basura, latas, trapos y restos de comida, formando focos de infección, verdaderas colonias bacterianas, en constante difusión de mismas deletéreas, señaló el diario. De allí el pedido a la inspección de higiene de una “imprescindible” y prolija revisión de pozos y aljibes, “a fin de hacer obligatoria su limpieza o clausura”, en defensa de la salud pública y de la higiene domiciliaria. Pedro Arata, el iniciador de la química municipal porteña, escribía a fines del siglo XIX: “creemos que queda suficientemente probada la opinión (...) que nuestras aguas de pozo son todas malas (...) No ha sido exagerada la opinión de que somos una población que bebe sus propios excrementos”. Arata demostró que casi el 40% de las aguas de los aljibes eran potables, aunque el problema era su cálculo y diseño. “Los aljibes están lejos de llenar las condiciones exigidas para tener una provisión abundante. Si se quisiera construir racionalmente un aljibe, dado el número de habitantes de la casa y el consumo, sería necesario conocer la cantidad de lluvia que cae anualmente y la superficie de recepción. Nada de esto se tiene en cuenta. Debe tratarse de aislar el agua de las causas posibles de una contaminación, revistiendo el material con asfalto, brea o cemento Portland. Construidos con ladrillos y mezcla de cal, sus paredes son permeables a los gases del suelo, sufren la influencia de las emanaciones de letrinas y las aguas quedan contaminadas”. Claro que nunca faltaba la otra mirada, en este caso de una memoriosa abuela en 1933: “Dicen que la carne es mala; afirman que en el agua de aljibe nadan los microbios. ¡Virgen Santa! Yo quisiera saber por qué los antiguos, mis antepasados, vivían cien años, tomando agua de aljibe y comiendo churrascos...”. El filtro animal “Yo nací en la calle Tucumán, en una casa como eran entonces. En el patio había un aljibe y al fondo una tortuga, que servía para depurar el agua de insectos. Aunque también la tortuga hacía ahí sus necesidades, pero se usaba como saneamiento, Jorge Luis Borges. Yo me he criado bebiendo agua de tortuga y mi madre, que llegó a cumplir 99 años, también. En Montevideo había sapos que servían para lo

mismo. No sé qué vida llevarían ellos, los sapos y las tortugas: a lo mejor estaban meditando, a lo mejor lo sabían todo”, detalló el escritor. En otra ocasión agregó: “Estos animales vivían en el fondo, donde comían el verdín y los bichos. A los niños nos criaron tomando de esa agua que nuestros padres llamaban agua de tortugas. Probablemente la tortuga la ensuciaba pero no hacía daño. Varias generaciones tomaron de esa agua...”.



La aparente estética externa del aljibe, no siempre preserva esa condición en su interior y actualmente existen muy pocos de ellos en estado de conservación para ser reutilizados.

Aunque, yo personalmente aconsejo, que en ciertos lugares donde el agua escasea y hubiere techados que sirvan para recolectar agua de lluvia, construir una cisterna o aljibe, es una buena opción. También rehabilitar pozos mas profundos para almacenar agua de lluvia, aunque mas no sea para regar jardines, lavar el auto, los pisos, etc. Significa un ahorro y a la vez una contribución favorable para el medio ambiente

2 Pozos para Agua

A diferencia de los aljibes, los pozos eran realizados, mediante la excavación manual del suelo (con picos, palas, etc.). En general son poco profundos entre 8 y 20 metros. Debido a esta escasa profundidad, son los que presentan mayor riesgo de contaminación. Se trata de un procedimiento muy antiguo que data de las edades del Cobre, del Bronce y del Hierro, es decir, con más de 5.000 años de antigüedad en toda Europa.

Los primeros pozos, simples agujeros sin protección frente a los desprendimientos, no han resistido el paso del tiempo y han desaparecido.

Suele ser el único medio relativamente cómodo para obtener agua subterránea, sobre todo en los países en desarrollo donde no hay aguas superficiales.

Se trata de un medio económico, puesto que solo utiliza la fuerza muscular del hombre y herramientas bastante sencillas, como pala de punta, pala ancha, pico y balde, polea y soga.

Las poblaciones que vivieron en las regiones más pobres y desprovistas de medios para construir una perforación, utilizaron herramientas muy rudimentarias para la excavación en terreno seco, en forma de cilindro en la superficie del suelo hasta el nivel del agua subterránea.

La construcción del encubado (revestimiento para la consolidación de las paredes del pozo). La instalación del colector es la parte del pozo que se sitúa por debajo del nivel de la capa freática para permitir que el agua llegue hasta el pozo.

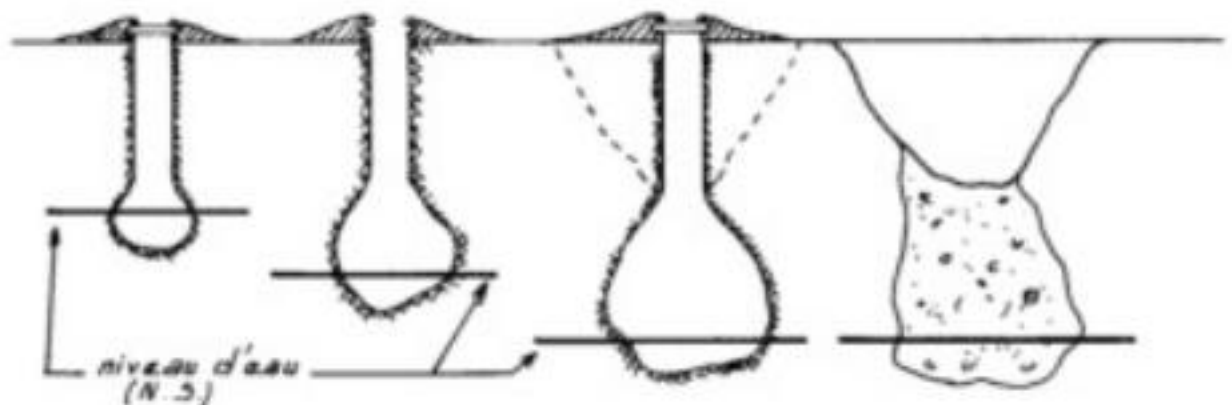
La colocación de los equipos de superficie para conservar el pozo en buen estado y la calidad del agua.



[<http://www.wikiwater.fr/IMG/UserFil...>] Pozo excavado en Malí Fotografía : PS Eau

2.1 Construcción de Pozos

Entre los pozos excavados se suelen distinguir los pozos tradicionales de los pozos modernos. Los pozos tradicionales son obras realizadas por las poblaciones locales con los medios de los que disponen y la ayuda eventual de poceros artesanos. Estos pozos se excavan manualmente, siguiendo los métodos antiguos, sin conductos de hormigón y utilizando madera y ramas como único apuntalamiento para las paredes. Los pozos temporales, por lo general, estos pequeños pozos tienen una profundidad inferior a 10 m. Su construcción es sencilla y para ella se utiliza un revestimiento hecho de ramas o paja. Deben consolidarse regularmente, ya que se derrumban. A menudo, la altura del agua en el pozo es poco importante.



Esquema de un pocete y de los mecanismos de degradación en terrenos areno-arcillosos fuente :Comité Interfrancin d'Etudes Hydrauliques

Los pozos excavados tienen un diámetro mayor, permitiendo la toma de agua en una zona más amplia de la capa freática subterránea.

Estos pozos permiten captar el agua en aquellos materiales menos permeables, como la arena muy fina, el limo o la arcilla. Suelen ser poco profundos, por lo que están sometidos a la contaminación debido a su proximidad a la superficie. La mayor parte de los pozos de superficie están excavados en materiales permeables, por los que se agotan con facilidad en condiciones de sequía o por el descenso estacional de la capa freática situada bajo el fondo del pozo. La construcción de pozos se realiza de la misma manera que los aljibes, a diferencia de éstos, su profundidad es mayor y debe penetrar unos escasos metros en la franja saturada (freática). Los poceros eran personas que aprendieron el oficio y lo fueron transmitiendo a las siguientes generaciones. Tarea es muy requerida por su habilidad, por el riesgo de accidentes y por la audacia de estos trabajadores experimentados a fuerza de prueba y error. Un trabajo que podía llevar hasta meses de excavar y extraer suelo cuyas profundidades podían alcanzar los 40 m, con un enorme sacrificio de albañilería y alto riesgo de derrumbes, que podría terminar con la muerte del pocero.

❖ Los pozos permanentes

Estos pozos son más profundos alcanzan a veces varias decenas de metros y son realizados por poceros experimentados. Su diámetro oscila entre 0,80 y 1,00 m.

A pesar de tener una vida superior a la de los pozos temporales, están sujetos a degradaciones importantes derivadas del sistema de contención de sus paredes, bastante sencillo.

❖ Los pozos modernos.

Este tipo de pozos puede construirse parcialmente a mano o más frecuentemente con equipos mecanizados. En general, su diámetro interno oscila entre 1,00m y 1,80 m. Están sólidamente apuntalados con encubados de hormigón o metálicos, coronados por un brocal y protegidos frente a las intrusiones animales.

La técnica de excavación varía según la naturaleza del terreno. En terrenos blandos (arenas, arcillas o pizarras blandas) se pueden emplear herramientas manuales, como picos, palas y barrenas de percusión. En terrenos duros (areniscas, pizarras duras, etc.) es necesario el uso de un martillo picador. En terrenos muy duros (granitos, areniscas) se puede recurrir a explosivos, aunque esta técnica es a la vez peligrosa y muy costosa. En este caso, es preferible recurrir a la técnica de la perforación. La excavación manual de pozos entraña numerosos peligros como; desprendimientos, caídas, accidentes humanos, etc. y ya no se construyen más, debido a que no son eficientes y han sido reemplazados por las perforaciones mecanizadas. La experiencia, el conocimiento y las competencias de esta temática, resultan esenciales para garantizar la seguridad de los que trabajan en su construcción. Entendiendo en todo la participación de un profesional experto al mando durante la ejecución de la perforación, previo conocimiento pleno de la litología y conformación acuífera, potencial hidrogeológico (Caudal y quimismo del agua.)



Fotografía : Cáritas Burkina/Ocades

3. Primeras Perforaciones para Agua

El método fue desarrollado por Terry Waller, un misionero bautista norteamericano, en África y Bolivia. Aplica algunos de los principios que se usan en perforaciones comerciales mecanizadas, adaptándolas para ser lo más sencillo y económico posible.

Un híbrido entre “sludging” (perforación con un tubo simple, usando la mano arriba del tubo como válvula) y perforación por percusión, este método permite perforar todo tipo de suelos francos, arenosos y arcillosos aluviales, además de piedra “suave” tipo cantera, conglomerados livianos, cenizas volcánicas consolidadas, ciertas rocas calcáreas y materiales deterioradas, pero no entra en rocas ígneas y metamórficas (basalto, granito, pizarras)

En mi experiencia personal, la broca se construyó con acero, en cuyo interior se colocó una válvula clapeta de apertura y cierre hacia dentro de la sonda. La broca era de 4 pulgadas de diámetro y 30 cm de largo, soldada a un caño galvanizado de 1,50 m de largo de igual diámetro, en cuyo extremo llevaba atado un cable de acero de unos 30m de largo. Un trípode que sostenía una roldana, que hace solidario y liviano el movimiento de bajada y subida de la sonda de penetración. Los golpes cortantes se hacían con la mano. A medida que la profundidad del pozo avanzaba y superando los 4,00 m la subida para la extracción de sedimentos y bajada de la sonda, se realizaba con el tiro del cable por acción de la fuerza de un caballo, que iba y venía tirando hasta terminar la perforación.

❖ Método de Perforación Bautista.

Como en “sludging”, el proceso de perforación es continuo, la broca normalmente no se retira del pozo hasta terminar. Al profundizar se enroscan extensiones a la barra. El material perforado se suspende en el líquido de perforación (lodo) y se bombea hacia arriba aprovechando el movimiento de subida y bajada del equipo. En lugar de usar la mano como válvula (como en “sludging”), la misma broca actúa como válvula de retención. La mano del operador no tiene que mantenerse encima del tubo y extensiones de la barra pueden tener varios metros de largo.

La acción de percusión se logra levantando y dejando caer la barra de perforación mediante sogas y polea, colgada de un caballete simple, hecho con cualquier tipo de palo de madera o bambú que sea disponible localmente.

El diámetro del hoyo perforado se mantiene tan pequeño como sea posible, limitando así la fuerza requerida. Las brocas están basadas en accesorios de hierro galvanizado de 1¼" (32 mm) de diámetro interno y el pozo se encamisa con tubo de PVC de 1½" (38 mm). Este tipo de camisa permite la entrada de una bomba de pistón hechiza (PVC) de hasta 1¼" de diámetro externo. Pero si así se desea, la parte superior del pozo (hasta un poco por debajo del nivel de agua) puede ser ampliada a diámetros superiores para acomodar bombas de mayor calibre.

La herramienta principal consiste en un tubo de hierro de 1¼" (32 mm) y de 3 metros de largo con una broca/válvula (ver imagen). Para extender esta barra se pueden usar tubos PVC de cañería 1¼" ordinarios (SDR 26), con adaptadores de rosca pegados. Profundidades de hasta 30 metros han sido logradas así. Profundidades mayores de 100 metros se lograron con tubos PVC de 1" más gruesas, con rosca tarrajada directamente en el PVC.

El uso de barra de PVC mantiene el peso total del equipo bajo, incluso en pozos profundos, y no requiere el uso de una palanca para levantarlo. Esto permite hacer golpes de hasta un metro de alto. El uso de barra PVC también reduce significativamente el costo del equipo. Pero por el otro lado, excluye el uso de acción rotatoria.

No se usa encamisado temporal durante la perforación. El pozo se mantiene lleno de lodo y el "incrustado" de este lodo en las paredes como consecuencia de la acción de percusión y la fricción de los lados lisos de la broca, normalmente los estabiliza suficientemente hasta terminar la perforación. El lodo de perforación se evacua del pozo por lavado al revés, echando o bombeando agua adentro después de encamisarlo.

Este método se adapta mejor a arcillas, limos, arenas y rocas livianas. La broca estándar también perfora con facilidad hasta arcillas consolidadas muy pegajosas. Sin embargo, los mejores resultados se obtienen con una serie de brocas diferentes, adaptándose a las condiciones de diferentes capas en el subsuelo:

- ✓ Brocas estándar de punta flexible para suelos sueltos en general y limo-arcillosos. El perno central de la flecha pesada adecuadamente mantiene abierta la entrada de la válvula de pie.
- ✓ Brocas de punta fija para capas arenosas y rocosas que no presentan riesgo de obstrucción de la válvula.
- ✓ Brocas abiertas sin válvula de pie ("sludging" puro) para capas de arcilla pura, grava y limos con tosquillas. Es este tipo de capas, la presencia de una válvula de pie frena el avance porque la arcilla debe de batirse hasta entrar en suspensión y piedras "molidos" en pedazos pequeños para poder pasar por la válvula.

4 Nociones de Hidrogeología

Es necesario conocer las definiciones y conceptos básicos de la Hidrogeología, a los fines de incorporar en el conocimiento general, el léxico que identifica esta importante rama de la ciencia de la Geología, como también cada parámetro y de su participación en el ciclo del agua por debajo del suelo. La importancia de esta ciencia a través de la historia, ha dado enormes progresos, gracias a las investigaciones que sin duda dieron sus frutos. Por ejemplo en la antigüedad, desde Aristóteles un discípulo de Platón, enunciaba que la lluvia no podía alimentar el flujo de los ríos. Un desacierto que posteriormente ha sido corregido por Bernard Palissy (1580). Aún así la postura enunciada por los griegos sobre que desde los mares se recargaban las cavernas hasta elevarse a las montañas, infiltrar por grandes fisuras en las rocas y descargar en los ríos para regresar hacia el mar.

En 1674 Pierre Perrault, abogado francés, publicó en su libro que las precipitaciones en la cuenca del río Sena, excedía unas seis veces el flujo total anual el agua subterránea. Halley concluyó en 1693, que el agua que se evapora en el Mar Mediterráneo en un día de verano, equivale a tres veces la cantidad de agua que los ríos principales descargaban en el mar el mismo día.

Se puede deducir que Perrault, Mariotte y Halley pueden ser considerados como los primeros hidrólogos que dieron los primeros pasos científicos, de que la Hidrología puede cuantificarse numéricamente, como así también la Hidrogeología, ciencia que en el presente siglo ya no se discute su participación en el ciclo del agua, que el almacenamiento en el subsuelo es suficiente para abastecer de agua a toda la población mundial, además de los bosques, selvas tropicales, cultivos agrícolas y dejar reservas almacenadas que pueden ser extraídas conforme se necesite en

tiempo y forma. Claro está, que no se encuentra distribuida uniformemente en todo el planeta, particularmente en regiones áridas y montañosas es mas escasa.

El volumen de agua en la Tierra es aproximadamente de 1.500 millones de km³. De esa cantidad, aproximadamente un 97 % es el agua salada de los mares y océanos y sólo el 3 % es agua dulce. La mayor parte del agua dulce se halla en forma de hielos perpetuos en los casquetes polares y glaciares. El resto constituye las aguas continentales y el vapor atmosférico. Comparativamente, esta porción gaseosa es muy pequeña.

A lo largo del tiempo, la Naturaleza mantiene inalterada la cantidad total de agua que hay en cada estado.

Es muy importante ante cualquier variación significativa del vapor de agua total contenido en la atmósfera, influiría en el clima de la Tierra. Cualquier descenso importante en el volumen aumentaría el nivel del mar.

En el cuadro N° 1 se expresa el balance global de agua del planeta y atmósfera y la residencia temporal dentro del ciclo hidrológico. Puede diferenciarse las cantidades que ocupan las aguas superficiales, con una enorme supremacía sobre las subterráneas.

Cuadro N° 1: Balance Global del Agua en el Ciclo Hidrológico

Depósito	Volumen (en millones de km ³)	Porcentaje
Océanos	1 370	97,25
Casquetes y glaciares	29	2,05
Agua subterránea	9,5	0,68
Lagos	0,125	0,01
Humedad del suelo	0,065	0,005
Atmósfera	0,013	0,001
Arroyos y ríos	0,0017	0,0001
Biomasa	0,0006	0,00004

Depósito	Tiempo medio de permanencia
Glaciares	20 a 100 años
Nieve estacional	2 a 6 meses
Humedad del suelo	1 a 2 meses
Agua subterránea: somera	100 a 200 años
Agua subterránea: profunda	10.000 años
Lagos	50 a 100 años
Ríos	2 a 6 meses
Atmósfera	7-8 días

El tiempo medio de permanencia es el “cociente entre el volumen total del compartimento o depósito y el caudal del intercambio de agua” (expresado como volumen partido por tiempo); la unidad del tiempo de permanencia resultante es la unidad de tiempo utilizada al expresar el caudal.

El tiempo de permanencia es notablemente largo en los casquetes glaciares, donde llega por una precipitación bastante escasa, abandonándolos por la pérdida de bloques de hielo en sus márgenes o por la fusión en la base del glaciar, donde se forman pequeños ríos o arroyos que sirven de aliviadero al derretimiento del hielo en su desplazamiento. El compartimento donde la permanencia media es más larga, aparte el océano, es el de los acuíferos profundos, algunos de los cuales son «acuíferos fósiles», que no se renuevan desde tiempos remotos, es decir que

quedan excluidas del ciclo de agua. El tiempo de permanencia es particularmente breve para la fracción atmosférica, que se recicla en sólo unos días.

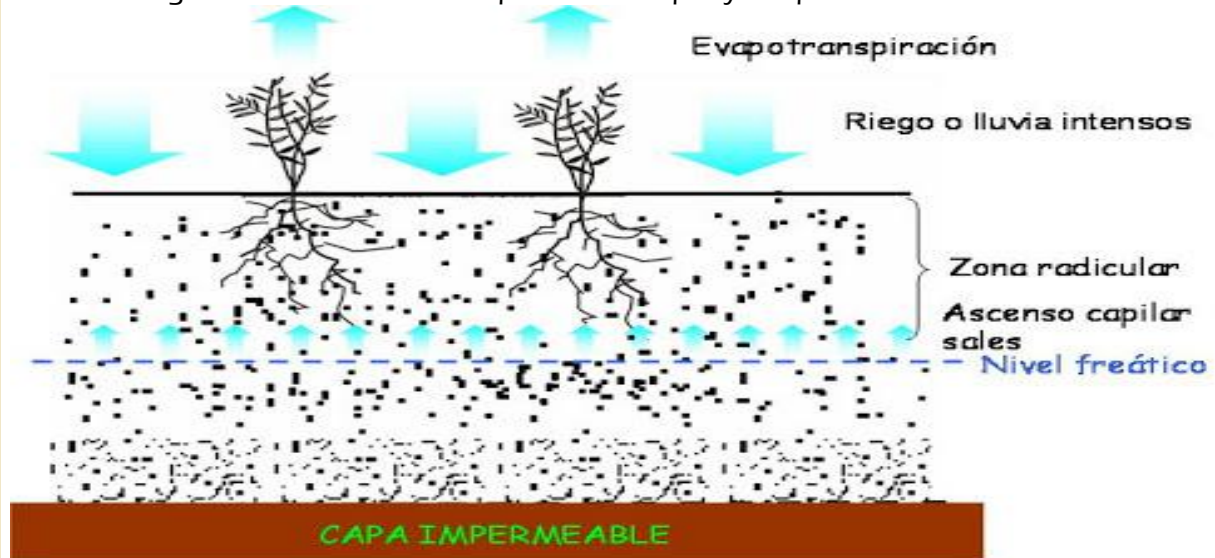
En realidad, podemos tomar el agua que deseamos, desde la misma propiedad privada, extraerla y darle un uso, almacenarla para disponer de ella cuando se necesita. Es importante cuidarla, sin derrocharla y conservarla en buen estado bacteriológico.

A continuación se añade conceptos simplificados de porosidad y distribución del agua de lluvia en el suelo hasta la base de la capa freática.

❖ Distribución vertical de las aguas subterráneas

Para comprender las manifestaciones del agua subterránea, se requiere estudiar la distribución vertical de ésta dentro de los materiales geológicos subsuperficiales o formaciones sedimentarias permeables. A mayor o menor profundidad todos los sedimentos de la corteza terrestre, son normalmente porosos. Los poros pueden encontrarse parcial o totalmente saturados de agua, pero solo drenan el agua gravitacional y es la que se puede extraer mediante bombeo o canales de drenaje. El agua capilar solamente puede ser aprovechado por ciertas plantas.

El agua subterráneas puede encontrarse hasta profundidades de 5000 a 7000 m., solo que en pequeñas cantidades y con elevada salinidad. Cuando se perfora para explorar petróleo, se encuentra agua confinada con sobre presión de vapor y temperaturas altas.



a) **Zona de aireación:** Es el estrato superior, en donde los poros o aberturas están sólo parcialmente llenos de agua. Esta zona se divide en tres franjas:

La humedad del suelo: Es importante para la agricultura, puesto que suministra el agua necesaria para el crecimiento de las plantas.

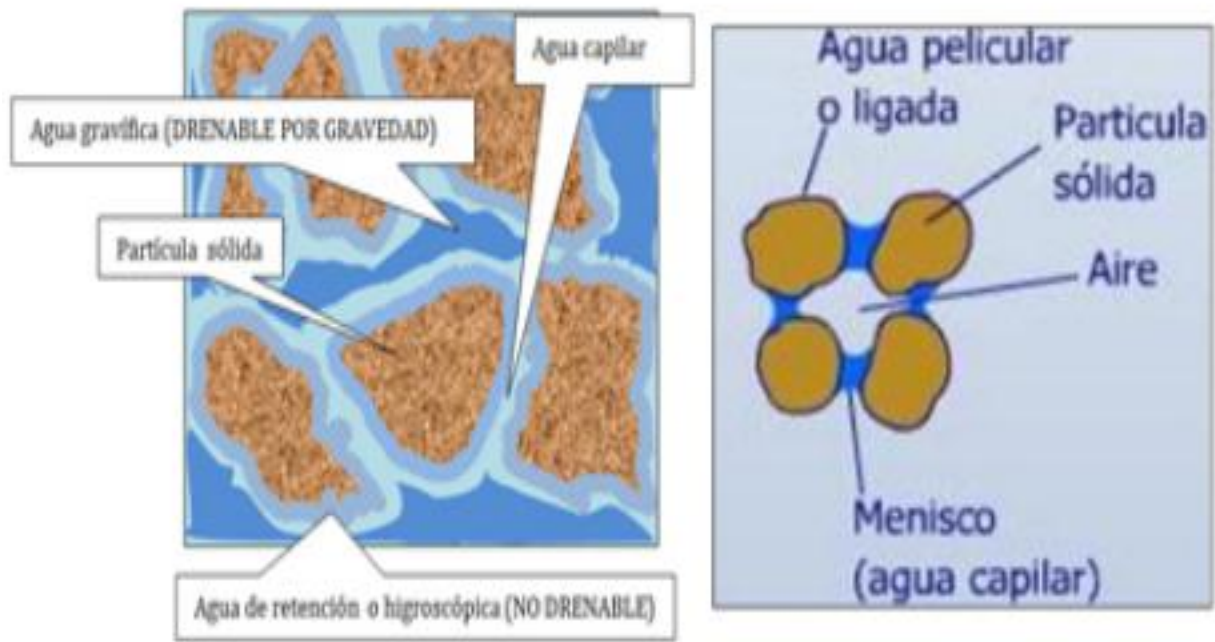
La franja intermedia: Escapa del alcance de la raíces de la mayoría de las plantas. Su espesor varía de acuerdo con los tipos de suelo y de la vegetación.

b) La franja capilar:

Sólo en algunos casos las raíces de las plantas alcanzan esta franja. El espesor de esta franja varía en razón inversa a la granulometría y depende del tamaño de los granos del material.

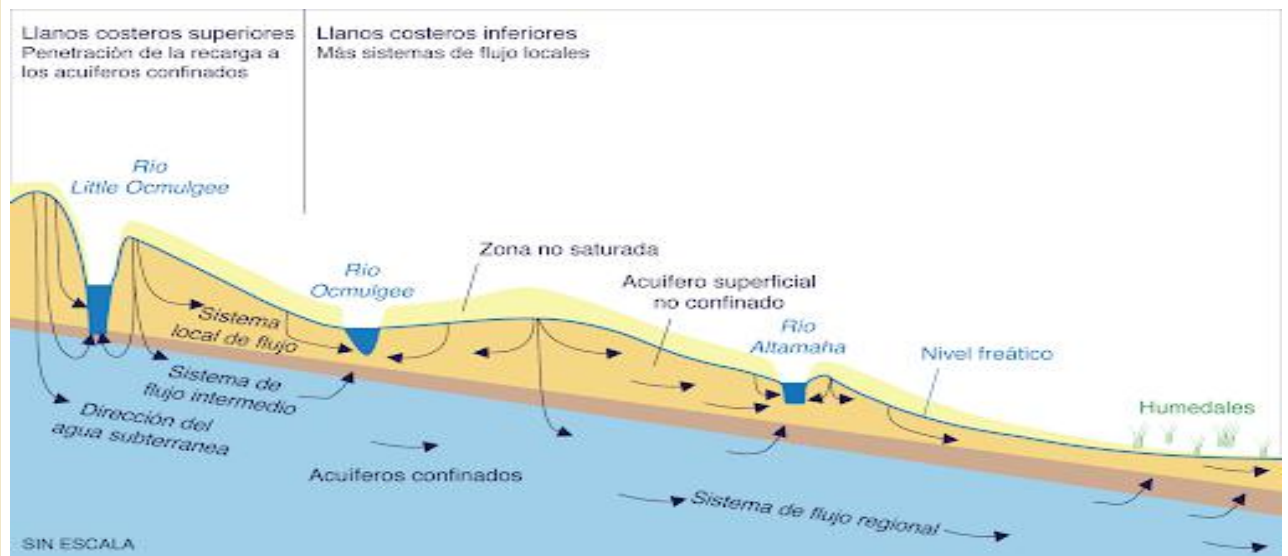
c) Zona de saturación

Se encuentra por debajo de la zona de aireación, los poros o aberturas se encuentran completamente llenos de agua. También se le llama zona de agua sostenida. Es el dominio de las aguas subterráneas pudiendo alimentar los pozos y las fuentes hídricas. Las aguas de percolación se localizan en esta zona, llamaremos a esta zona de saturación capa o manto Acuífero. La parte superior, límite de la zona de saturación es una superficie de equilibrio, la presión del agua es igual, en todos los puntos, a la presión atmosférica; es la superficie libre de las aguas subterráneas o Nivel Freático. Podemos decir entonces que la zona de saturación es aquella comprendida bajo el nivel freático.



4.1 El acuífero

Se llama formación acuífera a cualquier estrato geológico capaz de almacenar y transmitir agua. Por consiguiente, para que un pozo produzca agua se necesita que estar en contacto con una formación acuífera. Las formaciones ígneas y metamórficas por lo general no dan paso al agua debido a que son poco permeables. Estas formaciones sólo permiten el paso del agua a través de grietas o canales formados en ellas. Las rocas y formaciones de tipo sedimentario constituyen la mayoría de los acuíferos, debido a que son los más porosos y los más permeables. Una definición simple de acuífero freático, es la siguiente: "Es la capa superior del agua subterránea". en contacto con la presión atmosférica. Por debajo, atravesando la base del acuífero freático, encontramos mas niveles acuíferos, sometidos a presión de confinamiento.



4.2 Tipos de acuífero

a) **Acuíferos de nivel freático** Son los acuíferos que tienen la parte superior del agua contenida en ellos a presión atmosférica. En los pozos perforados de estos acuíferos se encuentra el agua tan pronto como se llegue a la zona saturada, constituyendo este nivel de saturación el nivel estático

del agua. Su accesibilidad no presenta dificultad, con solo perforar unos pocos metros, alcanzamos la zona saturada, permeable y explotable. En zonas rurales, los molinos a viento extraen generalmente agua del acuífero freático, con lo cual es factible obtener un caudal máximo de 1,5 - 2.0 m³/h. y con una bomba a embolo acoplado a un motor eléctrico, un caudal máximo de 4.0 m³/h.

El pozo o perforación de poca profundidad alcanza el nivel saturado o acuífero freático y si alcanza su base impermeable se lo denomina "pozo totalmente penetrante" y en consecuencia resulta mas productivo, aun en épocas de escasas lluvias. Además su potencial de captación depende también del diámetro, o sea del área abierta del filtro seleccionado (m²). El filtro tipo ranura continua presenta un área filtrante del 50%, considerado el de mayor transmisividad hidráulica. Porcentaje filtrante muy superior a la del acuífero.

A mayor diámetro mayor superficie de drenaje, lo cual hace que el almacenaje de agua retenida en el pozo sea mayor.

Las captaciones a nivel de acuífero freático son mas eficientes en las zonas topográficamente bajas y mejor si se encuentra cerca de lagunas y arroyos. Estos presentan dos ventajas, son mas someros y el nivel de agua se encuentra mas cerca de la superficie del terreno. También mas expuestos a la contaminación generalmente de origen químico antrópico.

a) Acuíferos de nivel artesiano

Son los acuíferos que tienen el agua sometida a presión por encontrarse entre dos capas impermeables que la confinan. Cuando al hacer una perforación se rompe la capa confinante superior, el agua sube hasta el nivel estático, puede superarlo e inclusive aflorar por encima del nivel de terreno. El nivel artesiano o piezométrico está determinado principalmente por la altitud de la zona de recarga, es decir por la diferencia de nivel topográfico entre la zona de recarga y el punto de afloramiento.

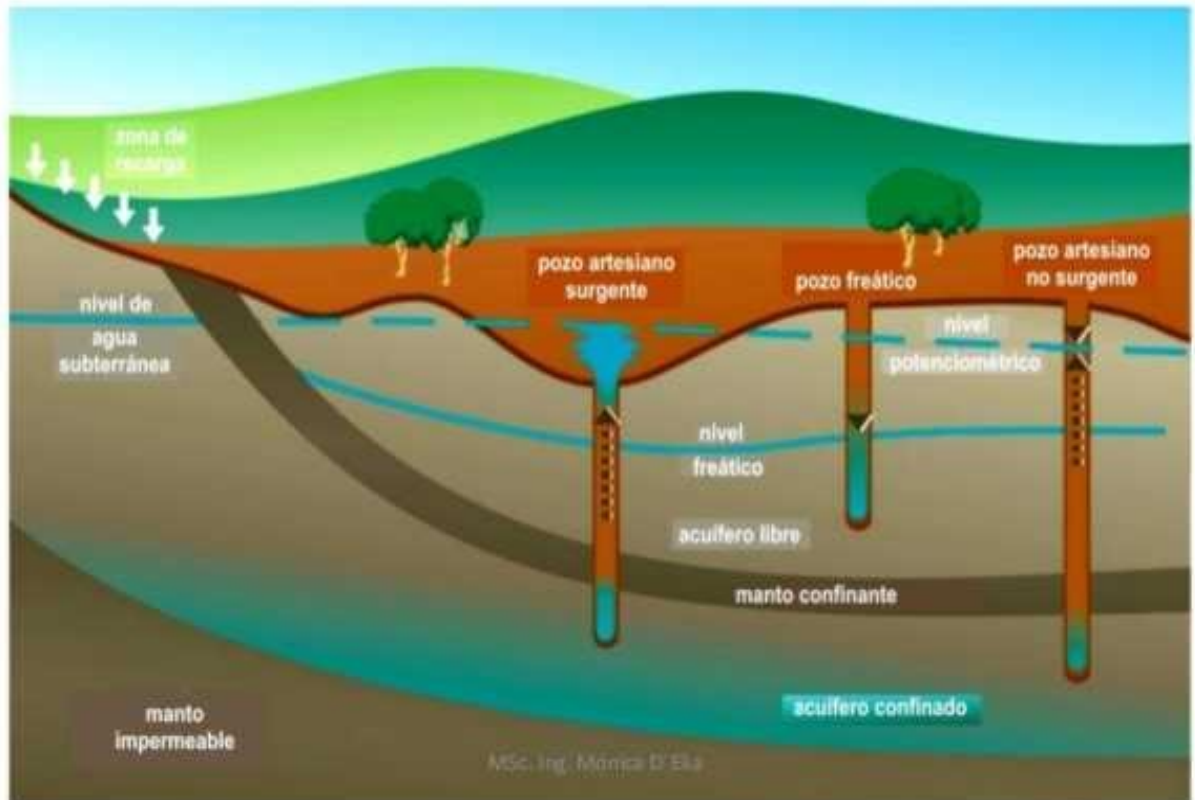
➤ **Funciones del acuífero** Las funciones más importantes que realiza un acuífero son dos: Almacenar agua y transmitir agua. Este almacena agua sirviendo como depósito y transmite agua como lo hace un conducto. Los poros o aberturas de una formación acuífera le sirven tanto de espacio de almacenamiento como de red de conductos.

El agua subterránea se mueve constantemente a través de distancias extensas y desde las área de recarga hacia las de descarga. El desplazamiento es muy lento con velocidades que se miden en metros por día o metros por año. Como consecuencia de ello y del gran volumen que su porosidad representa, un acuífero retiene enormes cantidades de agua en almacenamiento inestable. El siguiente cuadro resume algunas características de los pozos artesianos y freáticos.

Cuadro 4.2.1. Características de los pozos artesianos y freáticos

Tipo de acuífero	¿Cómo se encuentra la superficie del agua?	Tipo de pozo
Freático	A presión atmosférica (normal)	Pozo raso
Artesiano	A una presión mayor que la Atmosférica.	Pozo artesiano o profundo
Congénito	Se encuentra confinado No conectado con el ciclo hidrológico	No se explota como acuífero.

Tipos de acuíferos



➤ **Contaminación del agua subterránea** El flujo a través de la arena hace que el agua subterránea por lo general esté libre de: bacterias anaeróbicas, sólidos suspendidos, turbiedad y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Pero no impide el paso de sustancias disueltas e isótopos radioactivos en solución.

El flujo a través de los estratos acuíferos hace que por lo general el agua subterránea sea: Fría, anóxica (sin oxígeno disuelto) y con alto contenido de sustancias disueltas que dependen de la naturaleza de los estratos. El agua subterránea suele contaminarse por causas que son fácilmente identificadas (lixiviados de rellenos sanitarios, pozos negros, agroquímicos, desechos orgánicos, desechos químicos sólidos y líquidos, etc).

4. Que se debe hacer antes de la perforación.

La tarea comienza por un reconocimiento hidrogeológico del entorno donde se proyecta la perforación.

A) Consultar a los lugareños sobre pozos existentes y datos de interés que revele las condiciones hidrogeoquímicas.

B) Quiénes y dónde encontrar a los perforistas que trabajaron en la zona, consultar sobre perforaciones que haya realizado y cualquier dato de interés que aporte a la investigación.

C) Medir profundidades de niveles de agua. Profundidad total de la perforación siempre que sea posible acceder al mismo

D) Tomar muestra de agua para un análisis físico-químico.

E) Indagar a los técnicos que trabajan en los organismos públicos, sobre estudios hidrogeológicos que se hayan realizado. (perfiles estratigráficos, aforos y ensayos de bombeo, datos hidroquímicos, etc.)

F) Elaborar un informe referido a la información recabada.

En caso que el informe satisfaga el objetivo de reconocimiento geoestratigráfico y geoquímico, elaborar un anteproyecto de perforación, incluyendo costes aproximados que ayudan a tomar decisión del contratante.

Las incertidumbres se pueden resolver mediante la Prospección Geofísica (sondeos eléctricos verticales SEV) o directamente realizando un sondeo exploratorio. Depende de la comparativa de costes entre ambos métodos.

En cualquier caso es recomendable, antes de iniciar estos proyectos, es contratar un experto, profesional de la geología con experiencia de campo. Muchas veces o casi siempre el contratista se relaciona directamente con el perforista, sin intervención del geólogo. Ante cualquier conflicto causado por un trabajo inconcluso, mal terminado o que haya superado el presupuesto pactado, hace necesario la participación del profesional para mediar las diferencias entre ambas partes. Aunque el contratista al verse involucrado ante un caso técnico-económico, acude a un abogado, pero su incompetencia en la materia sugiere la intervención de un geólogo o hidrogeólogo.

❖ Posibles casos de conflictos:

Perforación sin terminar y abandonada por falta de herramientas adecuadas.

Que la sarta de perforación haya quedado atrapada en la perforación.

Que la pesca de dicha sarta haya sido infructuosa. En conclusión la perforación debe abandonarse.

Los materiales utilizados como, cañería de encamisado, filtros, grava, cemento, etc. no se hayan usado, por abandono de la obra. El contratante debe asumir las pérdidas sin tener responsabilidad alguna.

Que el perforista, haya cobrado por adelantado una parte de la obra y no reconociere su devolución.

Por abandono de la obra, a cambio de ésta, realice otra perforación de menor profundidad y menor potencial de caudal extraíble. Suma costes imprevistos a cargo del contratista.

El tiempo perdido por cualquiera de las causas antes expresadas, exige un resarcimiento por parte del perforista.

En todas las acciones demandantes antes mencionadas cabe algo muy importante. Un Contrato por la Obra, que describa en su articulado, de forma concisa y clara las responsabilidades técnicas y civiles entre las dos partes. Los modelos de contratos son diversos y debe adaptarse su contenido a cada caso en particular.

5.1 Presentación de Proyectos.

En cada caso se debe dar inicio a una etapa de proyecto de la perforación que se desea realizar en un lugar concreto, con pautas claras sobre el uso de agua, la calidad requerida y el caudal de demanda para el fin de su uso. También debe preverse el costo de la construcción discriminando en un listado la mano de obra y los materiales como: entubamientos, filtros, prefiltros, cementación, limpieza, desinfección, aforos y muestreo de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico. Todo estará previsto en el contrato con sus respectivos anexos (Planos y croquis). Un contrato siempre ampara al damnificado, quien podrá técnicamente defenderse ante hechos injustos.

5.2 Diseño y Dimensionamiento de la Perforación

Es muy necesario diseñar la perforación en diámetro de taladro y profundidad total, como también sus dimensiones respecto al entubado y filtros determinando diámetros y longitudes. Tipo de materiales (hierros galvanizados, Acero inoxidable). En caso de utilizar materiales de PVC para perforaciones, se deberá determinar los espesores en las especificaciones de resistencia a la tracción y al aplastamiento. Este último no lleva soldaduras y posee condiciones inocuas ante la acción bacteriana, no es atacado por agentes corrosivos y es afectado por incrustaciones salinas. Es determinante el diámetro de entubado por que se relaciona con el tamaño de la bomba electrosumergible a ser instalada, la cañería de Impulsión y el cable de alimentación eléctrica. Para mayor seguridad la bomba suele atarse a un cable de acero que se suelda el brocal de la perforación. El cable ayuda a bajar y subir la bomba cuando esta necesita de mantenimiento, sobre todo cuando por accidente se corta un caño de Impulsión y haya que extraerla sin riesgo. Es frecuente que la corrosión, ataque y degrade la cañería como a la misma bomba al transcurrir el tiempo y por alguna maniobra posterior, esta caiga al fondo del pozo e incluso dentro del filtro

causando roturas en el mismo. La tarea de pesca dentro de la perforación, como medio de rescate de una bomba con partes de la cañería de impulsión, es una tarea ardua y de escaso éxito.

El diseño, diámetro y longitud del filtro, requiere ser determinado previo al enrejillado del pozo. Las características de fabricación influyen en la elección del tipo de filtro que se coloque (tipo persiana, ranura Continua), difieren mucho en el caudal de paso por cada metro de longitud filtrante. Respecto del diámetro no modifica sustancialmente el caudal, pero tiene implicancias que pueden considerarse en determinados casos de acuíferos con poco espesor, en donde si; se opta por aumentar el diámetro del filtro.

Se atenderán los siguientes aspectos a considerar como diseñar una perforación:

❖ **Profundidad a alcanzar.**

Diámetro: de perforación.

Diámetro de entubado.

❖ **Método de perforación.**

Entubado e instalación de Rejilla y relleno de grava.

❖ Desarrollo.

❖ Protección sanitaria.

❖ Control y vigilancia de la obra:

❖ Eficiencia de una captación.

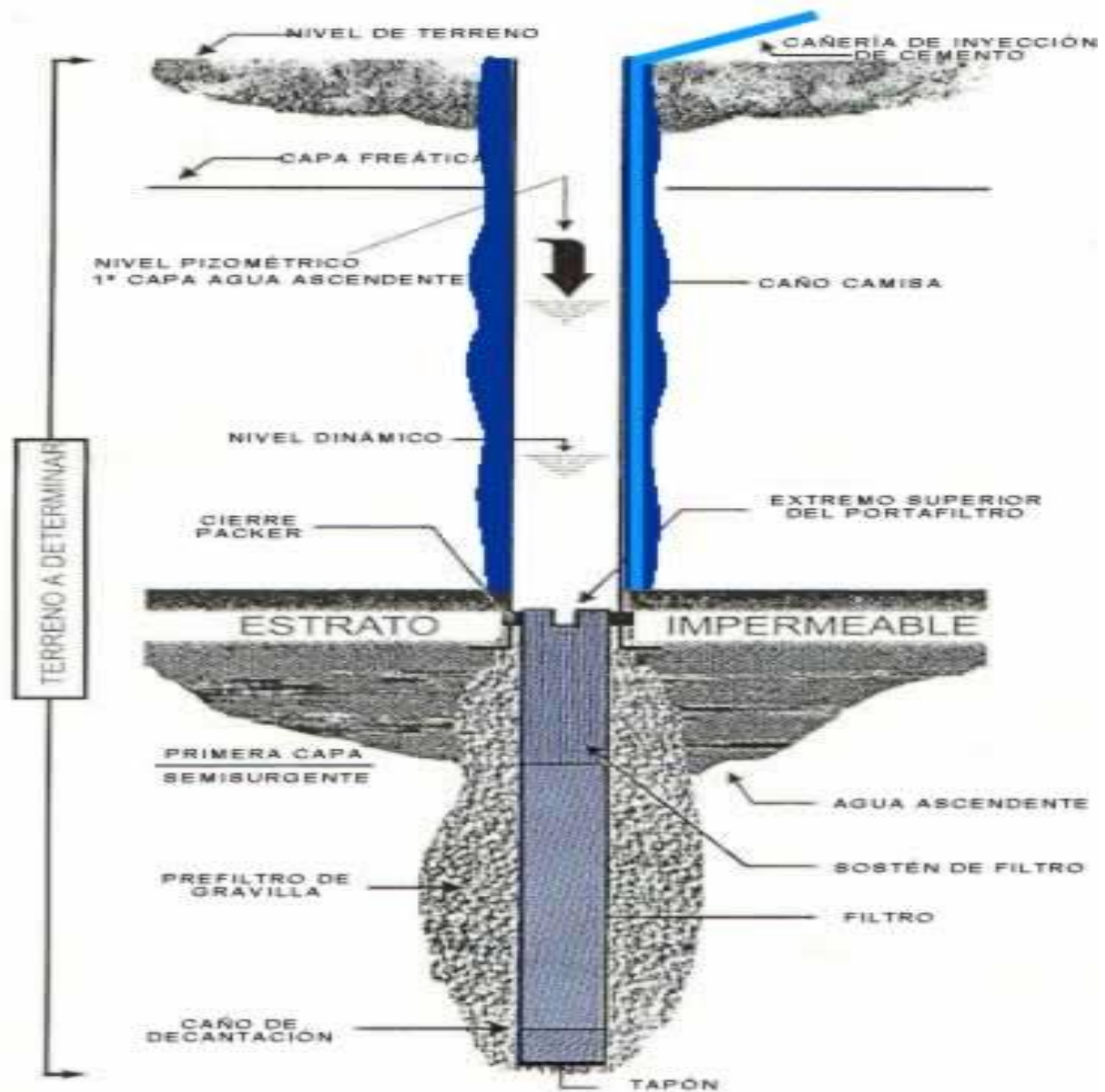
- Trabajos de Inspección.
- Control de ejecución de la obra.
- Control de mediciones.

❖ Control presupuestario.

- Control de programación.
- Control de calidad.

La siguiente figura representa un criterio de diseño básico de perforación para extracción de agua. Sobre esta idea de proyecto debe encararse la obra, la compra de materiales y acopio en el lugar de la perforación.

El profesional a cargo de la obra, sea en carácter de sobrestante por parte del contratante, deberá encontrarse al pie de la perforación durante la ejecución, a fin de registrar la operación de la perforación, toma de datos litológicos y muestreo de sedimentos de todo el perfil..



6. SISTEMAS DE PERFORACIÓN

Si bien existen numerosos sistemas de perforación, los más empleados en la ejecución de pozos para la exploración y/o captación de agua subterránea son: Rotación, con circulación directa e inversa Percusión Rotopercusión.

6.1 ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN DIRECTA

Este sistema de perforación, basado en la rotación del trépano y la inyección del fluido a través de las barras, es el más difundido y empleado, tanto en perforaciones para agua, como en las petrolíferas. Su mayor ventaja radica en la velocidad de avance. Al respecto, en terrenos relativamente blandos, como en la mayor parte de la Provincia de Entre Ríos, una perforación de pequeño diámetro (6") puede avanzar hasta 80 - 100 m por día.

❖ **Equipo de perforación rotativa con circulación directa. Componentes y flujo de la inyección.** Uno de los mayores inconvenientes que presenta la rotación con circulación directa, es la falta de representatividad de las muestras litológicas que se colectan en boca de pozo (cutting) y que son llevadas en forma ascendente por la inyección. A esta falencia se agregan la falta de representatividad en la identificación de capas acuíferas, dado que el pozo está lleno de agua durante la perforación y, la invasión y daño que puede producir la inyección en horizontes

productivos. En muchos casos ha sellado a los acuíferos, sobre todo los de baja productividad y no han sido detectados por el perforista.

6.2 ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN INVERSA

Este sistema está mucho menos empleado que el anterior, pese a que para profundidades someras (menos de 100 m) posee ventajas apreciables respecto a la circulación directa. En la rotación con circulación inversa, el sentido del flujo de la inyección es contrario al de la circulación directa. En el primero, el cutting asciende por aspiración y retorna al pozo por gravedad a través del espacio anular.

➤ **Equipo de perforación rotativa con circulación inversa.:** Componentes y flujo de la inyección. La circulación inversa requiere de barras de mayor diámetro, 3" como mínimo, y de un volumen de agua significativamente mayor en el circuito de inyección (al menos 40 m³/h) para permitir la extracción del material perforado (cutting). Las ventajas más significativas respecto a la circulación directa son:

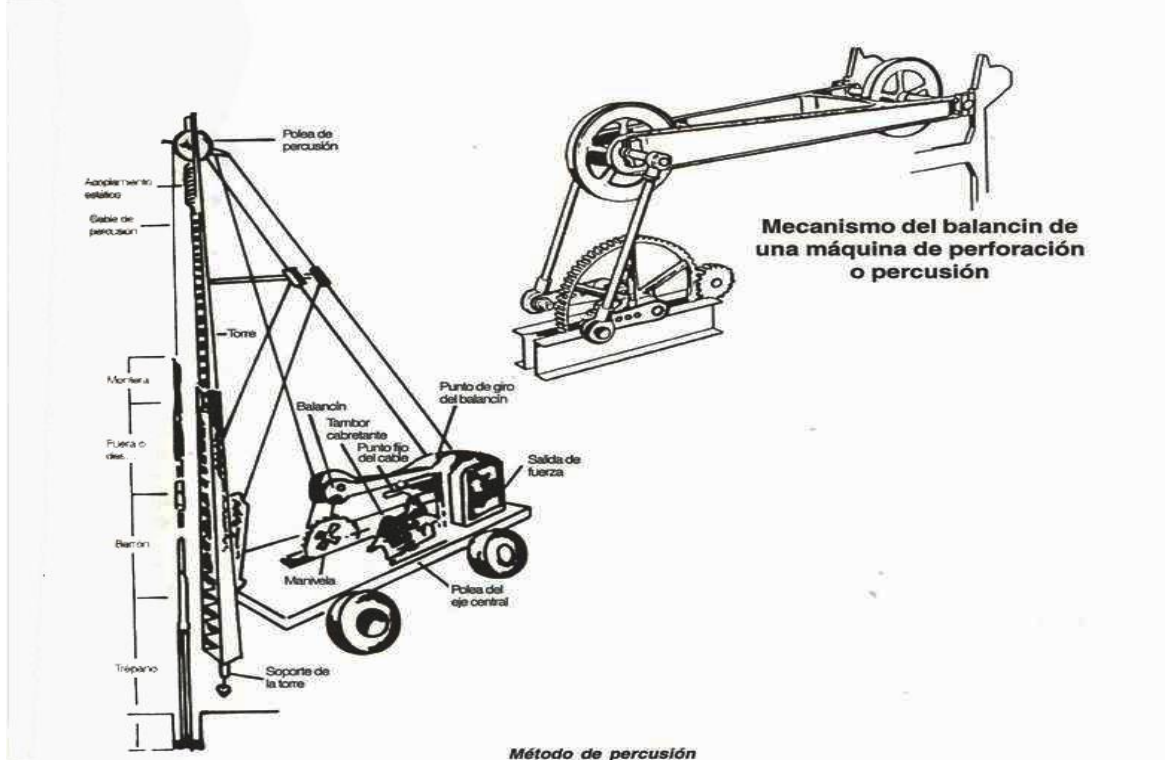
✓ **El muestreo litológico es mucho más representativo.** Normalmente no requiere el agregado de aditivos a la inyección (bentonita, polímeros orgánicos). Permite la construcción de pozos de diámetros mayores (20 a 30") y de hecho un muestreo de los sedimentos propios de los niveles, espesores. Se distingue bastante bien las diferencias de color entre las distintas capas, restos fósiles, cristales salinos, etc.



6.3 PERCUSIÓN A CABLE Prácticamente no se utiliza en ambientes con cobertura de sedimentos, debido a la lentitud en el avance y a la necesidad de emplear varios diámetros de cañería (entubamientos telescópicos), cuando se superan 80 o 100 m de profundidad. En regiones sedimentarias como Entre Ríos, rara vez se superan 10 m de avance diario. Otra desventaja de la percusión a cable, es lo dificultoso que resulta la extracción de cañerías temporarias de encamisado, maniobra que requiere en muchos casos el empleo de criques de alta capacidad de tiro. Componentes de un equipo de perforación por percusión a cable. se esquematizan los componentes esenciales de un equipo de perforación a cable, poseen elementos que, sostenidos por el cable, constituyen la herramienta de perforación.

Las mayores ventajas de este sistema respecto al de rotación con circulación directa son: Permite un muestreo más representativo de la litología y de los acuíferos. Evita el daño por invasión en las capas productivas porque no utiliza aditivos para la inyección. Se lo emplea en ambientes geológicos formados por rocas resistentes y/o rodados cementados o sueltos, pero últimamente fue cediendo ante el sistema de rotopercusión que permite un avance mucho más rápido.

Las muestras pueden ser Disturbadas o Indisturbadas, en cada caso el mecanismo es diferente y el análisis sedimentológico particularmente requiere de un muestreo específico y debe ser realizado por un profesional experimentado.



6.4 ROTOPERCUSIÓN

Véase en la siguiente foto un modelo de perforadora rotorpercusión accionada mediante el mecanismo de bombas hidráulicas. Es muy rápida, eficiente y no requiere de lodos para la estabilización del pozo. Además posee una sonda que permite extraer testigos, indisturbados de sedimentos y rocas. Se utiliza mucho para realizar trabajos de fundaciones en hormigón para el montaje de columnas prearmadas. Este sistema combinado reemplazó las máquinas a percusión a cable, quedando limitado su uso a perforaciones de sedimento suelto.



Este sistema combina los principios de la rotación y la percusión. El más utilizado es el que emplea aire comprimido como fluido de inyección, para lo que requiere de un potente compresor, que también acciona un martillo de fondo. El aire se inyecta por dentro de las barras y después de salir por los orificios del trepado, asciende por el espacio anular, siguiendo el mismo trayecto que la inyección por rotación con circulación directa y arrastrando a la superficie el material triturado por el trepado. La mayor ventaja de este sistema es la rapidez con que avanza en roca y en terrenos formados por rodados de gran tamaño.

Las desventajas son: Requiere grandes y costosos compresores. El muestreo litológico es muy poco representativo. Su alcance está limitado por la columna de agua dentro del pozo.

7. POZO PILOTO.

El pozo piloto o de exploración es una perforación de diámetro pequeño (4"), que se ejecuta para conocer las características litológicas del subsuelo y las propiedades hidráulicas y químicas de los acuíferos, a fin de diseñar, en el caso de un resultado exitoso, la perforación definitiva o de captación. Los pozos de exploración resultan necesarios cuando la perforación definitiva se ejecutará por rotación con circulación directa y durante su realización, deberán tomarse los recaudos necesarios para lograr un muestreo lo más representativo posible de los terrenos atravesados, particularmente cuando se superan los 80 o 100 m de profundidad. El cutting requiere del tiempo necesario para llegar desde el fondo del pozo a la superficie, arrastrado por el fluido de inyección. La velocidad ascendente de la inyección depende del caudal impulsado por la bomba, del diámetro del pozo y de posibles fugas al enfrentarse con capas permeables. Además, la velocidad de ascenso de la inyección puede ser muy distinta a la del material que arrastra (cutting), especialmente cuando esta es poco viscosa y el cutting de tamaño

considerable. Cuando el tamaño y la densidad del cutting hacen inviable su salida por la boca del pozo, este queda flotando en el interior del mismo y se sedimenta o acumula por encima del trepano, al efectuar el agregado de la barra de perforación, inmovilizando la herramienta. A modo de ejemplo: si se está perforando con barras de 2" y trepano de 6", con una bomba que inyecta 8m³/h, el tiempo que tarda el fluido en ascender desde una profundidad de 100 m hasta la superficie, es de unos 13 minutos, a una velocidad de 8 m/min. Esto implica que para tomar una muestra proveniente de esa profundidad, debe mantenerse circulando, sin avanzar, durante unos 15 minutos.

El cálculo anterior se basa en la ecuación elemental de la dinámica de fluidos:

$$Q = v \cdot A$$

Q: caudal v: velocidad A: área de pasaje

Otra práctica que brinda un buen indicio del comportamiento de las unidades geológicas atravesada por el trepano, es la medición de la velocidad de avance del mismo. Para ello se marca el vástago cada 1 m y se mide el tiempo que tarda en recorrerlo. Pese a que en la velocidad de avance inciden, además de la litología, la velocidad de rotación, el tipo y estado del trepano.

8. EJECUCIÓN DE LA PERFORACION

El profesional a cargo del ante-proyecto, debe ofrecer un plano de diseño de la perforación especificando determinados datos aproximados de: diámetro de la perforación, profundidad total, diámetro del filtro, longitud del filtro, tipo de ranura y área filtrante, características del equipo de bombeo, entre otros datos.

Una memoria descriptiva sobre los cálculos y resultados obtenidos Todo ello basado en estudios hidrogeológicos que permite diseñar la perforación proyecto.

8.1 Determinación del diámetro de entubado: el diámetro resultante de la perforación se determina mediante cálculos previos que dependen de diferentes parámetros a prefiar. Es necesario tener en cuenta este análisis porque reduce los costes de material (Tubos ciegos) y mano de obra de la instalación.

Es preciso calcular el "diámetro del entubado" en función del "diámetro de la bomba" a instalar y esta a su vez determina el "caudal y altura manométrica", que resultará de la "transmisividad y coeficiente de almacenamiento" del acuífero. También determinará la certidumbre del "diámetro, longitud y tipo de filtro" que se instalará. El tipo de filtro hace referencia al diseño (persiana, ranurado u otro que pudiera existir). Entre estos tipos, lo que varía es el "área filtrante". El material del filtro (PVC, acero inoxidable, hierro galvanizado).

El proyecto de construcción de cualquier perforación, debe contemplar el cálculo de los antedichos parámetros con bastante precisión. Porque al final se podrá estimar el costo de la perforación, que en definitiva orientará al interesado sobre la decisión de aceptar o no el proyecto. Este puede ser reformado en función de los materiales.

Por último queda la elección del sistema de bombeo, es decir, la bomba que de la mejor respuesta respecto a "Caudal - altura manométrica - eficiencia electromecánica. Para ello hay que equiparar los catálogos entre las distintas marcas de bombas que ofrece el mercado.

Cuadro N° 1: Caudales en función de los Diámetros y Alturas

DIAMETRO CAMISA (pulgadas)	ALTURA MANOMÉTRICA			OBSERVACIONES
	CAUDAL (m3/h)			
4	7 - 21	5 - 16	3 - 10	Deberá constatar el espesor del tubo camisa según Normas IRAM
6	20 - 55	18 - 42	17 - 20	
8	132 - 162	83 - 147	90 - 132	
10	306 - 370	252 - 366	145 - 324	

✧ Reserva y Volumen de Dotación de Agua.

Es muy importante saber de antemano el uso del agua, con lo cual se puede adaptar un sistema de bombeo mas adecuado al consumo de energía y además el tipo de energía y potencia

electromecánica. Para pequeños consumos de agua y solamente en horas picos, puede optarse por la energía solar o combinada (solar vs. corriente alterna). Siempre es conveniente considerar un medio de reserva de agua, (tanque elevado o cisterna), como alternativa necesaria para cubrir demandas extremas, imprevistos; como desperfectos en el sistema de bombeo.

8.2 Procedimientos de Construcción de una Perforación

Esta tecnología de perforación de pozos se basa en dos movimientos combinados: el de perforación y el de percusión, por medio de ellos se consigue soltar la tierra del fondo y usando tubos se consigue una recirculación de agua que fluye a presión por medio de una bomba de lodos, logrando desplazar la tierra suelta del fondo del pozo en forma continua.

- ❖ Montaje del equipo Ubicado el lugar para el pozo, se procede a realizar lo siguiente:
- ❖ Verificación de todas las partes principales y accesorios del equipo de perforación, usando una lista de chequeo.
- ❖ Ensamble e instalación de la torre de perforación.
- ❖ Construcción de las fosas de sedimentación y la fosa principal donde va instalada la bomba de lodos.

8.3 Conexión de la bomba de lodos. Cuando el terreno superficial es muy permeable se puede revestir las pozas con plástico laminado. Se debe tener por lo menos 50 kg de arcilla para optimizar el agua densa de acuerdo al perfil estratigráfico que estamos perforando.

- ❖ Pre-perforación Dejamos caer libremente el primer tubo de la barra de perforación y la huella dejada por la punta de la broca nos indica la posición exacta del pozo. En el punto indicado iniciamos la perforación en seco hasta llegar a unos 0,50 m. Este hoyo nos permite la estabilidad inicial de la barra de perforación e iniciar con buen pié la verticalidad del pozo. Si la naturaleza del terreno lo permite, podemos obviar esta fase de pre-perforación.

8.4 Perforación

Culminada la pre-perforación, se realiza el lavado del pozo, de la siguiente manera:

Se construye el canal que une el pozo con la fosa de sedimentación y la fosa principal.

Se llena el pozo con agua y se le introduce la barra con la broca. Se levanta la barra unos 50 cm y se deja caer con fuerza para que la broca se clave en el fondo, se gira media vuelta y se vuelve a levantar a la misma altura. Con el impulso y el giro de la broca arranca material del fondo y se disuelve con el agua inyectada. El agua densa sale a la superficie extrayendo el material disuelto, el que se deja sedimentar en la fosa de sedimentación. Cuando el manubrio llega hasta el borde superior del pozo, se procede a acoplar la siguiente barra de perforación y se repiten los pasos mencionados sucesivamente hasta concluir la misma..

Respecto al agua que se emplea en la perforación, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Para perforar en arcilla basta usar agua limpia, pero en suelos arenosos el agua debe ser muy densa para taponar los grandes poros de terreno arenoso y evitar pérdida de agua por infiltración, así como para dar estabilidad a las paredes del pozo a fin de evitar derrumbes al interior del pozo. El agua densa debe estar libre de materia orgánica, para evitar que esta se adhiera a las paredes y al descomponerse otorgue al agua un sabor desagradable. Por ello, siempre debe limpiarse el agua de la fosa principal haciendo uso de la tela metálica.

Se necesita experiencia para optimizar la densidad del agua, pero en general mientras más arcilloso sea el suelo a perforar, mayor estabilidad de las paredes y mientras más arenoso sea el suelo a perforar, más densa deberá ser el agua.

Es importante inyectar el agua permanentemente por que al dejar de hacerlo en el fondo del pozo se formaría un barro duro que retiene la broca.

Si las condiciones del terreno lo permiten, debemos inyectar agua limpia al pozo a través de la barra de perforación para sacar el agua densa desde el fondo del hoyo. Una vez que ya sale agua clara podemos retirar los tubos de la barra de perforación, tubo por tubo para evitar que caigan al fondo del pozo y se pierdan malogrando todo el esfuerzo. Cuando llegamos al acuífero adecuado, se puede escuchar a través de la transmisión sonora de la barra metálica, el raspado áspero que hace la broca en la arena gruesa que contiene el agua que buscamos. Debe penetrarse por lo menos 5 m en el acuífero encontrado, para dar por terminada la perforación del pozo. Aunque es mas provechoso atravesar totalmente el acuífero.

Los problemas comunes que se presentan en la perforación de pozos son:

- **Derrumbe del pozo:** Para disminuir este riesgo debe procurarse que el agua tenga una densidad adecuada.
- **Rotura de las uniones de la barra de perforación:** Muchas veces es causa de pérdidas de las barras de perforación, se puede evitar revisando siempre las uniones de los tubos y realizando buenos ajustes al momento del acople.
- **Consumo excesivo del agua densa:** Es posible que existan grietas en el subsuelo, por donde escapa el agua.
- **Desviación del pozo:** La verticalidad de los pozos es importante, pero en nuestro caso hasta los primeros 50 m es insignificante la desviación. Además las bombas que usan tuberías más flexibles que la de PVC utilizada para el entubado del pozo.

8.5 Entubado de la perforación (PVC)

Concluida la perforación se procede al retiro de las barras de perforación con todo el conjunto de la sarta.

El filtro debe estar preparado previamente. Incluyendo también el tramo inferior ciego de 1,0 m que hará de colector de sedimentos finos que siempre pasan por el filtro durante el desarrollo del acuífero.

Para que las ranuras queden alineadas, es necesario rayar primero la tubería. El tubo del filtro lleva en la parte inferior un tapón hecho con el mismo material del entubado y debe ser en punta para facilitar la introducción en el pozo. Sobre el tubo ranurado, se coloca una manga de tela poliéster para evitar que penetre arena al pozo.

El filtro acondicionado, se introduce en la perforación. Para ello es necesario empujar con fuerza, por que la tela no deja penetrar por el filtro el agua espesa que ha quedado en el hueco de la perforación. El filtro se llena con agua para disminuir el empuje ascendente.

Los tubos siguientes ciegos unidos entre si se van uniendo al filtro con pegamento y cuando la punta del filtro llega al fondo de la perforación, el pozo ha quedado entubado. Es necesario dejar unos 50 cm de tubo sobre la superficie del terreno para armar un brocal de cemento, con la finalidad de proteger la boca de la perforación.

8.6 Limpieza de la Perforación

Terminado el entubado se continúa con la limpieza del pozo para expulsar el agua espesa. Se inyectan aproximadamente 150 litros de agua limpia, haciendo uso de la bomba manual conectada herméticamente al tubo del pozo. Así obligamos que el agua salga por el filtro expulsando el agua espesa desde el fondo hacia la superficie, cuando el agua que sale es clara entonces el pozo ya está limpio. Preparamos la arena gruesa, unos dos baldes de 20 litros y agregamos alrededor del tubo, llega rápidamente al fondo y cubre el espacio entre el tubo-filtro y la pared del pozo. El agua pasará a través de la arena y el filtro hacia el pozo entubado.

8.7 Activación de la Perforación

Transcurrido el tiempo de espera, se introduce en el pozo la manguera aspiradora. La manguera aspiradora es un tubo de polietileno de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " con longitud suficiente para llegar al fondo del pozo. En el extremo que se introduce al pozo tiene una manguera de retención.

No conviene llenar al tope de arena alrededor del pozo por que se corre el riesgo que desde los estratos superiores o superficie, se infiltre agua sucia hacia el agua subterránea que queremos aprovechar. Por esta razón la parte restante se rellena con arena gredosa. Mientras baja la arena y se acomoda alrededor del filtro, pasan por lo menos 5 horas. Hasta que transcurra ese tiempo no conviene empezar el bombeo de limpieza y el ensayo del pozo.

Al inicio se introduce la manguera unos 5m y se procede a realizar movimiento ascendente y descendente con impulso fuerte en un tramo de 50 cm, al meter la manguera saldrá un buen chorro de agua. Cuanto más rápido sean los movimientos más agua sale por esta sencilla bomba. Al principio sale el agua clara que se ha inyectado al lavar el pozo, luego sale agua muy turbia lo que indica que el agua subterránea sale hacia el filtro arrastrando material gredoso.

Después de bombear de esta manera unos 500 litros, el agua sale ya bastante limpia, indicando que el acuífero está lavado. A veces sucede que después de unos cuantos bombeos se seca el pozo. En estos casos se tapa la salida de la manguera aspiradora, se la introduce hasta la zona del filtro y se hacen los movimientos ya descritos con la mayor fuerza posible. Se repite estos movimientos unas veinte veces. Así se ejerce presiones y depresiones en el acuífero, forzando la entrada y salida de agua del acuífero, con lo que se lava el material gredoso que obstaculiza el

paso del agua hacia el pozo. Luego se destapa la salida y se bombean unos 5 litros, se repite la operación hasta que el pozo responda con agua bajo bombeo continuo. En promedio los pozos obtenidos mediante el empleo de la tecnología de perforación manual, rinden de 1 m³/hora a 4 m³/ hora (0,3 a 1,1 litros por segundo).

❖ Otros Métodos de Activación o Desarrollo

A continuación se describen otros procedimientos de desarrollo mecánico que se utilizan con mayor frecuencia. En algunas ocasiones estas operaciones de desarrollo se realizan sobre tramos seleccionados del acuífero que se aíslan entre sí mediante el empleo de obturadores o "packers".

- ✓ **Sobrebombeo:** Este procedimiento, con el empleo de bomba, consiste en alternar las operaciones de bombeo de agua y parada, con el fin de provocar los efectos descritos en el apartado anterior. Esta operación suele realizarse en las primeras etapas de la fase del ensayo de bombeo de un pozo. El inconveniente más grande es que se produce un gran desgaste de los equipos de bombeo por arrastre de partículas.
- ✓ **Bombeo con aire comprimido:** El fundamento de este sistema es similar al del sobrebombeo pero utilizando aire comprimido para la extracción del agua subterránea. El dispositivo que se emplea para el bombeo de agua subterránea con aire comprimido donde existen dos conductos en cabeza, uno para la inyección del aire comprimido y otro para la extracción del agua bombeada.
- ✓ **Pistoneo:** Para la realización del desarrollo mediante pistoneo se utiliza una máquina de percusión de manera que se sustituye el trépano por un cilindro formado por una serie de discos. El movimiento transmitido por el cable al pistón da lugar a un movimiento alternativo del émbolo que a su vez se traduce en un flujo de agua de sentido alternante pozo-acuífero, que permite la extracción del material más fino del acuífero. Obviamente los finos extraídos quedan en el pozo por lo que es necesario proceder a la limpieza, una vez finalizadas las operaciones de pistoneo.
- ✓ **Sistema de pozo cerrado:** Este desarrollo se efectúa con aire comprimido y su funcionamiento conceptual es similar al del pistoneo, con la ventaja de que el aire permite realizar también la limpieza final del pozo. En este método es el propio aire inyectado con un compresor de alta presión el que realiza la función del émbolo del caso anterior.

9 Métodos de Limpieza y Desinfección

9.1 Métodos de descontaminación del agua subterránea

Existen diversos métodos de tratamiento para descontaminar el agua subterránea, estos pueden ser: Físicos, Químicos y Biológicos.

9.2 Tratamientos físicos; Adsorción:

Carbono Activado Granular (GAC), es el material más ampliamente utilizado para la Adsorción de contaminantes orgánicos del agua. Las resinas sintéticas también son utilizadas como adsorbentes, pero son caras y su uso es frecuentemente en etapas de desarrollo. Las resinas sintéticas atrapan contaminantes dentro de la estructura química de la resina, mientras que el GAC atrapa contaminantes dentro de la estructura física de los poros del carbono.

9.3 Filtración:

Es un medio fiable y eficaz para eliminar sólidos en suspensión, dado que la concentración de sólidos no es excesiva. Los sólidos en suspensión son eliminados de las aguas subterráneas forzando el fluido a pasar a través de un medio poroso, consistente en un lecho de partículas granulares (típicamente arena o arena con antracita). El lecho es sostenido por un sistema de subdrenes que permite al líquido filtrado ser desviado. La filtración es frecuentemente precedida por una sedimentación química y sedimentación o tratamiento biológico, y frecuentemente precede a unidades de carbono activado para decrecer la carga de sólidos en suspensión.

9.4 Tratamientos químicos (Neutralización): Proceso en el cual se añade un ácido o una base para el ajuste del pH. Es un proceso relativamente simple que se puede realizar utilizando equipos de tratamiento ordinarios y normalmente disponibles. Frecuentemente es usado como etapa previa a procesos de tratamiento biológico o procesos químicos de oxidación - reducción.

9.5 Precipitación química: (Físico Químico)

Es un proceso físico-químico por el cual una sustancia en solución es transformada a fase sólida. La precipitación resulta de la adición de una sustancia química que reacciona con el contaminante en solución para formar un compuesto insoluble. Cambios de temperatura pueden reducir la solubilidad del contaminante y dar como resultado su precipitación. La aplicación más común es la adición de sustancias químicas para eliminar metales como carbonatos hidróxidos o sulfuros.

9.6 Tratamientos biológicos (Lodos activados)

Una solución contaminada se mezcla en una cuenca de aireación con una población microbiana activa. Las bacterias presentes son capaces de degradar biológicamente los contaminantes orgánicos a material celular, dióxido de carbono y agua. La materia orgánica es eliminada, los microorganismos son separados del líquido por decantación gravitatorio en clarificadores y una porción de los microorganismos decantados son reciclados a la cuenca de aireación. Las nuevas células, desarrolladas como síntesis de células, son eliminadas del sistema para posteriores tratamientos y almacenadas.

9.7 Almacenamientos superficiales

Son lagunas poco profundas o balsas con una población microbiana en suspensión, en concentraciones mucho más bajas que en los sistemas de lodos activados. Los tiempos de detención normalmente son del orden de semanas y una aireación natural o aplicada mantiene las condiciones aerobias. Los almacenamientos superficiales requieren grandes áreas de terreno, y debido a que las bajas temperaturas afectan de manera adversa su actuación, no son adecuados para climas donde la temperatura permanece por debajo de cero grados durante apreciables períodos de tiempo; sin embargo, las ventajas son su bajo costo de operación y mínimo uso de energía, comparado con otros métodos de tratamiento biológico.

9.8 Tratamientos in situ (Inmovilización Precipitación, Quelatación y Polimerización): son tres métodos utilizados para inmovilizar un contaminante de forma que se prevenga su migración fuera del área contaminada. La precipitación y la quelatación utilizando soluciones cáusticas son efectivas para inmovilizar metales disueltos en el agua subterránea. La polimerización es efectiva para inmovilizar monómeros orgánicos. Sin embargo, las sustancias químicas añadidas a los contaminantes en el agua subterránea pueden reaccionar para formar subproductos tóxicos.

9.9 Movilización para extracción (lixiviación de suelos)

Es un proceso que consiste en inundar el área contaminada con agua o un disolvente para movilizar el contaminante, seguido de la recogida del lixiviado. Esta técnica se utiliza en combinación con las tecnologías enumeradas previamente. El proceso se basa en que el disolvente solubiliza o reacciona químicamente con los contaminantes movilizándose en la fase de disolvente. Se utiliza cuando el contaminante es fácilmente soluble.

10 Contratos de Obra

El contrato de la obra de una perforación es sumamente importante, porque establece una relación asociada entre el contratista y la empresa perforista tanto en lo comercial como en lo civil. En el mismo puede adjuntarse el presupuesto, forma de pagos y gravámenes impositivos. Trámites de rigor legal previos y a posteriori a la obra, ante organismos estatales que regulan permisos, concesiones de uso del agua, catastro de la obra, etc.

Un modelo de contrato debe contener los siguientes ítems.

Artículo I: DEFINICION DE LAS PARTES de El presente Contrato se ha concertado el día..... de por y entre las partes designadas a continuación. El CONTRATANTE: Sr./a..... otorgado por el Notario Sr..... de fecha..... . N° de Protocolo....., en adelante llamada el CONTRATANTE, provisto de D.N.I. N°..... , con poder.

EL CONTRATISTA:....., con domicilio en la ciudad....., calle..... N° representada por su Titular /Apoderado Sr/a..... , provisto de D.N.I. N°..... , con poder otorgado por el Notario Sr/a....., de fecha..... de protocolo N°..... en adelante llamado EL CONTRATISTA.

Artículo II: OBJETO Y TIPO DE CONTRATO, que se desea u hace ejecutar ;sondeo para la investigación de energía geotérmica en su permiso de EL CONTRATISTA se compromete a efectuar, por cuenta de....., los trabajos que ésta desea efectuar con el equipo de perforación y en las condiciones definidas en los artículos siguientes:

Si Las dos partes acuerdan colaborar a la realización de dichos trabajos empleando técnicas modernas de rápida perforación, de acuerdo con los procedimientos tecnológicos existentes y siendo todos los trabajos realizados bajo los estándares técnicos / profesionales más reconocidos en el mercado.

EL CONTRATISTA declara no tener ningún derecho en el sondeo ejecutado, ni a la información y producción que de él pudieran obtenerse o derivarse.

Artículo III: TIPO DE CONTRATO Los trabajos objeto de este Contrato serán remunerados: A tarifa especial, los traslados. Por administración, los trabajos de perforación.

Artículo IV. DURACION DEL CONTRATO. El presente contrato queda establecido para la perforación. El contrato entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará en el momento en que sea completado o desmontada la cabeza de pozo o perforación, el comenzará en

Artículo V. PRORROGA podrá prorrogar este Contrato en idénticas condiciones a la perforación de uno o más sondeos en cualquiera de las áreas dentro de la Península en que sea concesionario de permisos de exploración y/o explotación de energía geotérmica - siempre que lo notifique por escrito al Contratista con un pre aviso de 45 días sobre la fecha de iniciación prevista.

Artículo V.1 RESOLUCION Si una de las partes no cumpliera lo estipulado para la ejecución del presente Contrato, la otra podrá poner fin al mismo. Si el CONTRATISTA no cumpliera sus obligaciones o si su trabajo no fuera juzgado satisfactorio por debido a su lentitud anormal en el avance o incompetencia en la ejecución del presente Contrato, imputable a causas de las que EL CONTRATISTA sea responsable, podrá, tras haber notificado al CONTRATISTA por escrito con 5 días de antelación y comprobado que no se han remediado las deficiencias señaladas, decidir entre: Poner fin al Contrato parando los trabajos, después de haber realizado, sin embargo, todas las operaciones que impusiera la legislación en vigor. EL CONTRATISTA no tendrá derecho a ninguna remuneración por la ejecución de dichas operaciones.

Hacerse cargo del sondeo sustituyendo al CONTRATISTA para continuar la perforación en curso, utilizando su equipo y repuestos. Durante el tiempo que dure esta modalidad de trabajo el CONTRATISTA será reembolsado por sus gastos de explotación de forma que su beneficio industrial estimado en un 16% de la facturación sea nulo, cuando se trate de equipo alquilado a otra Compañía, la deducción será del 30% cuando el equipo sea propiedad del CONTRATISTA.

Artículo VI El CONTRATISTA se compromete a mantener el equipo en buen uso a juicio del Operador. tendrá facultad para resolver este Contrato - cuando lo estime oportuno, sin tener que abonar ninguna indemnización al CONTRATISTA, aunque sí los trabajos realizados hasta el momento de la resolución. podrá rescindir el presente Contrato sin pagar indemnización alguna al CONTRATISTA en caso de invalidez de la póliza de seguros que el CONTRATISTA declara haber suscrito para cubrir lo riesgos aludidos en el

Artículo VII. NO EJECUCION DEL CONTRATO Si el equipo de perforación no se pudiera utilizar o no, dentro de los plazos establecidos en este Contrato, las dos partes, revolverán de mutuo acuerdo los daños o perjuicios que se hayan producido para uno de ellos, como consecuencia de la imposibilidad citada. fuera puesto a disposición del artículo

Artículo VII/1: FUERZA MAYOR Cada una de las partes quedará exenta de la obligación de cumplir los términos del Contrato en casos de fuerza mayor e Incluso rescindir el mismo por causas extremas Sediciones, huelgas, guerras, insurrecciones, rebeliones, órdenes o disposiciones gubernativas o militares, incendios, inundaciones, tormentas y otras causas de fuerza mayor o casos imprevistos o que previstos fueran inevitables. En el caso en que una de las partes se considere incapaz total o parcialmente, debido a dichas causas, de cumplir las obligaciones estipuladas en el presente Contrato, se conviene en que la parte interesada avisará por escrito, a la otra, en un plazo de tiempo razonable, detallando la causa de fuerza mayor. En todos los casos, a partir de los 20 días de parada, cada una de las partes podrá poner fin al Contrato.

Artículo VII/2. MODIFICACIONES DEL CONTRATO Cualquier modificación del Contrato no podrá hacerse más que en forma de Anexo y de común acuerdo entre las partes.

Artículo VII/3. ANEXOS El presente Contrato se completa con Anexos que forman parte integrante del Contrato. Anexo I: a) Personal del Contratista b) Descripción del material del Contratista Anexo II: Lista de Control. Anexo III: Remuneraciones del Contratista. a) Lista de Precios.

Artículo VII/4 REPARTO DE LOS DAÑOS CAUSADOS AL MATERIAL DE FONDO O AL POZO Y MATERIAL DE SUPERFICIE. El CONTRATISTA será responsable en todo momento de cualquier pérdida o daño a su equipo de superficie. MATERIAL DE FONDO DEL CONTRATISTA, No habrá pago de indemnización por el material de CONTRATISTA abandonado, destruido o estropeado, si la causa del accidentes debida a negligencia de su personal, o al fallo de una parte de su equipo de sondeo, si este fallo es imputable a una falta de conservación o de control evidente.,

Artículo VIII RESPONSABILIDADES CIVILES DEL CONTRATISTA.

EL CONTRATISTA declara ser titular, por su cuenta, de una póliza de seguros de responsabilidad civil, que cubre los accidentes corporales o daños materiales, causadas a. terceros por sus encargados o su material incendios, explosiones, accidentes de trabajo RESPONSABILIDADES CIVILES tomará a su cargo todos los daños materiales y accidentes corporales causados a terceros como consecuencia de un accidente.

Artículo IX SEGURO DEL MATERIAL CONTRACTUAL EL CONTRATISTA asegurará el material de sondeo previsto en el Contrato, contra los peligros de incendios, explosiones, roturas del equipo, actuando por su cuenta y por abandono de recurso por parte de los aseguradores contra las dos partes. Este seguro estará de cargo del CONTRATISTA.

Artículo X FACTURAS Y PAGOS

Artículo X/1 GENERALIDADES Las facturas se establecerán distinguiendo: Las partidas que constituyen simple reembolso de gastos. Las partidas que puedan considerarse como remuneraciones de trabajo. , a los treinta (30) días a partir del fin de mes de la recepción de las mismas: Cuando sobre una factura, parcial o totalmente, exista disconformidad por parte de , está podrá retener el importante de la partida en discusión o el 10% de la totalidad hasta tanto se solventen las diferencias.

11 NORMATIVAS LEGALES VIGENTES

La normativa vigente "Ley de Aguas N° 9172 Dec. Regl. N° 7547", cuya autoridad de aplicación es el Consejo Regulador de Uso de Fuentes de Agua. Arbitra los permisos de construcción de obras hidráulicas subterráneas y cuenta con el Registro de Empresas de Perforaciones habilitadas.

Es conveniente ampliar la Ley N° 9172 "Ley de Aguas" y/o el Decreto Reglamentario N° 7547 en vigencia, en cuyos agregados podrían considerarse las siguientes normas técnicas constructivas para la ejecución de las perforaciones con fines captación de Aguas Subterráneas.

11.1 NORMA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS PERFORADOS PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1°.- Para realizar obras de captación de aguas subterráneas es necesario contar con la previa autorización del CORUFA como la autoridad competente, otorgada de conformidad con las disposiciones vigentes, a excepción de aquellas que estuvieren destinadas a dar satisfacción a las necesidades de uso común, sea para bebida e higiene humana y abrevado de ganado.

Art. 2°.- La perforación para la captación de agua subterránea, independientemente de cuál sea su destino, será ejecutada exclusivamente por las empresas registradas y autorizadas por el CORUFA y estará sujeta a las disposiciones del presente cuerpo normativo (Art.....

Art. 3°.- Toda perforación para el alumbramiento de aguas subterráneas deberá ser realizada por una empresa perforadora registrada (contratista). Preferentemente el propietario del pozo (contratante) deberá indicar el punto donde será ejecutada la obra, y proporcionar al contratista el anteproyecto o proyecto del pozo, elaborado por un Técnico Competente y colegiado.

Art. 4°.- Será responsabilidad del contratante que el acceso y lugar donde se desarrollen las obras ofrezcan las dimensiones adecuadas, a los efectos de que la empresa perforadora disponga del espacio suficiente para desarrollar sus tareas en forma cómoda. De común acuerdo , o si así lo estableciera el Contrato de Obra, la empresa perforadora podrá tomar a su cargo la localización del lugar técnicamente más apropiado para realizar la perforación y proporcionar el anteproyecto

o proyecto de pozo bajo responsabilidad de su Técnico Competente. En este caso el técnico del contratista cumplirá las funciones de dirección de Obra, en adelante Director de Obra.

CAPÍTULO II

Del contratista

Art. 5°.- El contratista (empresa perforadora) dispondrá en obra de un Técnico Competente quien será responsable ante el contratante y la administración pública.

Art. 6°.- Una vez disponible la información suficiente la empresa perforadora, de común acuerdo con el Director de Obra, definirá la profundidad total de perforación, longitud del revestimiento, longitud y profundidad de instalación de filtros, colocación de prefiltro, cementación, prueba de bombeo y toda otra prescripción técnica, de manera que la obra alcance los objetivos de su construcción, conforme haya sido proyectada.

Art. 7°.- La empresa perforadora deberá disponer en la obra de un Libro de Obra, en el cual quedarán asentadas todas las labores y maniobras realizadas, debidamente firmadas por su Técnico Competente. Emitirá el informe técnico de finalización de obra, en donde se detallen las características técnico-constructivas de la perforación: la descripción litológica de los distintos materiales geológicos atravesados; los perfilajes geofísicos; los resultados de los ensayos de bombeo ejecutados y el caudal de explotación recomendado

Art. 8°.- Las empresas perforadoras deberán presentar anualmente una Declaración Jurada ante el CORUFA, de las obras realizadas en el periodo que vence el 30 de diciembre de cada año

Art. 9°.- En el acto de solicitud de autorización para perforar la empresa perforadora deberá presentar el anteproyecto o proyecto de pozo indicando el método de la perforación y las características del equipo a utilizar. Se establecerá además la profundidad que debe alcanzar el pozo con una tolerancia en más o en menos de un 25%, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas de la zona.

Art. 10°.- La empresa perforadora deberá proporcionar un equipamiento capaz de atender las condiciones del suelo a perforar, la profundidad, el diámetro final de perforación y la terminación de la misma, de acuerdo con lo previsto en el anteproyecto o proyecto de pozo

Art. 11°.- Será de responsabilidad de la empresa contratista la vigilancia de los equipos y materiales en el lugar de la obra. El lugar donde se construirá la perforación deberá estar cercado para impedir el acceso de personas no autorizadas y como medida de seguridad para evitar accidentes.

Art. 12°.- La empresa perforadora se considerará instalada y apta para el inicio de los trabajos, una vez que la inspección del CORUFA constate en la misma la perforadora y los equipos, herramientas y material con capacidad y cantidad suficiente para asegurar la ejecución de los trabajos hasta un 25% más de la profundidad proyectada. En caso que el pozo sea en sedimento, deberá estar operativo el circuito para el fluido de perforación con las dimensiones que correspondan

Art. 13°.- Terminados los trabajos la empresa perforadora dejará el terreno en las condiciones iniciales, procediendo a regularizar la superficie del mismo (limpieza y nivelación), tapándose las fosas de lodo si las hubiera.

CAPÍTULO III

Del Técnico Competente

Art. 14°.- La localización de la perforación en el lugar físico apropiado para alumbrar una fuente de agua subterránea, así como la ejecución de las restantes tareas (proyecto o anteproyecto constructivo del pozo, la interpretación de la estructura geológica del lugar, la previsión del perfil geológico en profundidad, la caracterización hidrogeológica del acuífero, la estimación de la profundidad de los niveles de contribución y de los caudales potenciales, la eventual realización de perfilajes geofísicos, etc, deben ser llevadas a cabo por un Geólogo Profesional Universitario, Hidrogeólogo, idóneo en la materia, habilitado por el Colegio de Profesional de la Ingeniería, de acuerdo con las leyes vigentes

Art. 15°.- El Técnico Competente debe proyectar la obra en función de las necesidades de explotación y ajustándose al presente reglamento

CAPÍTULO IV

Especificaciones Técnicas para el diseño de pozos y ejecución de obra

a) Pozos en rocas duras

Art. 16°.- Cuando se justifique la colocación de filtros en zonas de alteración, el diámetro de perforación en dicho tramo deberá determinarse por la siguiente expresión matemática empírica a efectos de permitir la colocación de prefiltro:

El diámetro mínimo de perforación será:

$$Dp \text{ (pulgadas)} = Dex \text{ (pulgadas)} + 4"$$

En donde:

Dp: Diámetro de perforación

Dex: Diámetro externo de la tubería de revestimiento

Cuando no se tenga en cuenta el basamento alterado, la relación quedará expresada de la siguiente forma:

$$Dp \text{ (pulgadas)} = Dex \text{ (pulgadas)} + 3"$$

En donde:

Dp: Diámetro de perforación

Dex: Diámetro externo de la tubería de revestimiento.

Art. 17°.- El diámetro final del pozo deberá ser compatible con el caudal esperado. Como orientación se puede tomar la siguiente tabla que relaciona el diámetro mínimo de terminación del pozo y el caudal de bombeo:

Caudal de Bombeo (l/h)	Diámetro final de la perforación (pulgadas)
$Q < 20.000$	6"
$Q > 20.000$	8"

(*) Válido para el tramo entubado y la zona libre. (") pulgadas

b) Pozos en rocas sedimentarias

Art. 18°.- Los diámetros mínimos de perforación se regirán por la siguiente fórmula matemática empírica:

$$Dp \text{ (pulgadas)} = 1,5 Dex \text{ (pulgadas)} + 2"$$

En donde:

Dp: Diámetro de perforación.

Dex: Diámetro externo de la tubería de revestimiento.

Art. 19°.- La perforación deberá ser iniciada con un pozo piloto (si así lo estableciera el anteproyecto). Luego será re-perforado a los diámetros finales establecidos en el proyecto. El pozo piloto deberá sobrepasar en un 10% la profundidad final prevista en el anteproyecto de pozo. El Pozo Piloto se perforará en diámetro mínimo para conocer el perfil geológico del lugar y con la información obtenida se elabora el proyecto definitivo de la perforación

Art. 20°.- La re-perforación del pozo piloto debe ser realizada una vez que se haya instalado el tubo de boca o de protección sanitaria (previamente cementado en las condiciones establecidas en el proyecto). El diámetro de éste deberá ser tal que exista como mínimo un espacio anular de 2" entre la pared del tubo y el diámetro de perforación. El tubo de boca (o tubo guía), se debe instalar en los primeros metros de la perforación.

c) Fluido de perforación (lodo)

Art. 21°.- La viscosidad del fluido deberá permanecer entre 35s y 60s March y el contenido de arena inferior al 3 % en volumen. La empresa contratista deberá proporcionar los elementos básicos para el análisis de las propiedades del fluido de perforación, tales como viscosidad, densidad, pH y tenor de arena. La verificación de estos parámetros debe ser de rutina y cuando sea solicitado por el Director de Obra.

Art. 22°.- El fluido de perforación a base de bentonita sólo será permitido en la perforación para la instalación del tubo guía y el pozo piloto. En la construcción del pozo definitivo serán utilizados fluidos de perforación exclusivamente biodegradables y en cantidades suficientes de acuerdo con el anteproyecto o proyecto.

Art. 23°.- Los productos químicos para la corrección de las características físico-químicas del lodo de perforación serán permitidos, siempre que no contaminen el acuífero.

d) Toma y acondicionamiento de muestras del subsuelo

Art. 24°.- Las muestras de los terrenos que atraviesen la perforación serán recogidas, secadas y acondicionadas en bolsas plásticas resistentes, etiquetadas con la identificación del pozo e intervalo de profundidad a los que corresponden, mantenidas en el lugar de la perforación y ordenadas. Una vez finalizada la obra serán descritas por el Técnico Competente entregándose una copia al contratante y otra a al CORUFA (Ley N° 9172, Decreto Reglamentario N° 7547). En el remitido se identificará la perforación sobre la base de las coordenadas del GPS o de cartas topográficas del del Servicio Geográfico Argentino a escala 50.000, o a través de localización satelital, pero siempre referidas al mismo sistema de coordenadas planas (Gauss).

Art. 25°.- En las capas superiores de roca dura (cobertura y alterado), la toma de muestra será cada 1 (un) metro o cuando ocurra un cambio en los materiales atravesados (coloración, granulometría, velocidad de avance, cambio en la composición mineralógica). En la zona de roca cristalina fresca, será suficiente el muestreo cuando existan cambios en el comportamiento físico (velocidad de avance) o en la condición mineralógica de las unidades geológicas

Art. 26°.- En roca sedimentaria el muestreo se realizará cada 1 (un) metro, o bien, cuando ocurra cualquier cambio en los materiales atravesados (coloración, granulometría, velocidad de avance, cambio en la composición mineralógica, pérdida de fluido de perforación). A juicio de la Director de Obra se puede espaciar el muestreo cada 10 (diez) metros, si la unidad geológica es homogénea.

e) Terminación del pozo

Art. 27°.- Cuando el pozo sea realizado en roca sedimentaria la terminación del mismo comenzará luego de: finalizada la perforación del pozo piloto, efectuado el perfilaje geofísico (si correspondiere), terminada la descripción de las muestras, análisis de la velocidad de avance y pérdidas de fluido de perforación. En ese momento, se establecerán los diámetros definitivos (re-perforado o ensanchado), la profundidad a la que se colocarán los filtros, la abertura de los mismos, el tipo de prefiltro y la cementación.

Art. 28°.- Cuando corresponda la instalación de columna de revestimiento ésta se realizará en una única etapa y en presencia del Director de Obra

Art. 29°.- La colocación de la columna de tubería y filtro deberá ser realizada de forma tal que se eviten roturas o deformación de los materiales que pudieran comprometer posteriormente la instalación del equipamiento de bombeo

Art. 30°.- Cuando los pozos sean totalmente revestidos, la columna de tubos y filtros no deberá estar apoyada en el fondo de la perforación, sino que se deberá dejar suspendida y traccionada para asegurar la verticalidad del pozo

Art. 31°.- El diseño y construcción de los centradores (grampas) serán tal que soporten la instalación sin desprenderse de los filtros y eviten que éstos se recuesten contra la pared de la perforación

Art. 32°.- Cuando sean utilizados tubos con unión roscada, se deberá cuidar que los mismos queden roscados en forma correcta para asegurar la estanqueidad de la columna. En caso de duda se realizará un refuerzo con soldadura. Cuando sean tubos soldados, la soldadura será en la totalidad de la circunferencia. Las tuberías de acero cumplirán con las Normas ASTM A53 GRB y las de PVC con las normas DIN 4925 y DIN8061

Art. 33°.- Cuando se utilicen tubos de PVC se deberá usar pasta de silicona para asegurar la estanqueidad de la columna. No se admite la combinación de diferentes materiales en las tuberías debiéndose mantener el mismo tipo y calidad en la totalidad de la columna

f) Filtros

Art. 34°.- Los filtros serán seleccionados de forma que la abertura de las ranuras (rejilla a través de la cual ingresa el agua al pozo) sea la adecuada para la granulometría de la unidad acuífera, impidiendo el pasaje de arena desde el acuífero hacia el pozo. En el caso de los acuíferos freáticos (libres) los filtros deberán ser instalados desde el fondo de la zona saturada. Para los acuíferos cautivos (confinados) la disposición de los filtros se realizará de forma que permita captar el espesor de la unidad acuífera que exija la demanda del proyecto. En caso que la unidad acuífera presente heterogeneidad se puede sustituir filtro por tubo ciego en las zonas de baja a nula productividad

Art. 35°.- En el proyecto de pozo se deberán especificar las características técnicas tanto del revestimiento como de los filtros, dejando constancia de los diámetros, materiales y toda otra información que se entienda conveniente.

g) Prefiltros

Art. 36°.- El prefiltro que rellenará el espacio anular existente entre la pared del acuífero y la pared del filtro debe estar libre de impurezas. Estará compuesto por una granulometría de partículas minerales redondeadas con una composición equivalente a 80% de cuarzo. El prefiltro estará calculado en función de la granulometría de la unidad acuífera y las características del tubo filtro (abertura de la rejilla). Previamente a su colocación se deberá presentar la curva granulométrica obtenida en los ensayos de calificación del material

Art. 37°.- La cantidad de prefiltro que se dispondrá en obra, superará en un 20% la cantidad calculada. Previo a su colocación se podrá reducir la viscosidad del fluido de perforación (si se está empleando) mediante el agregado de agua limpia

Art. 38°.- El prefiltro deberá sobrepasar como mínimo 3 (tres) metros por encima del filtro que se encuentre más cerca de la superficie del terreno. Se evitará su instalación en los aportes superiores susceptibles de contaminación. La colocación deberá ser realizada en presencia del Director de Obra y en una única etapa de labor

h) Cementación

Art. 39°.- En los pozos parcialmente revestidos se cementará con una pasta de cemento y arena el espacio anular existente entre la tubería y la pared del pozo, para impedir la circulación vertical de aguas no deseadas. La cementación alcanzará hasta el encaje del tubo de revestimiento con la roca sana, alcanzando como mínimo una longitud de 10 (diez) metros desde la superficie del terreno

Art. 40°.- En los pozos totalmente revestidos la cementación deberá rellenar totalmente el espacio, anular entre la perforación o el tubo de boca (protección sanitaria) y la tubería de revestimiento. Para el sello se deberá utilizar, en el primer metro (desde abajo hacia arriba), una mezcla de cemento; arena y agua de relación 1:2:1 y para el resto del espacio anular una mezcla de cemento y arena de relación 1:2 con agregado de agua al solo efecto de alcanzar una mezcla homogénea

Art. 41°.- Cuando la cementación tenga como objetivo aislar niveles acuíferos no deseados, la misma se deberá realizar por medio de la inyección de cemento bastante líquido.

i) Terminación en superficie

Art. 42°.- 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 y relación máxima agua/cemento igual a 0.5. La losa tendrá un metro de lado por 0,25 metros de altura, debiendo sobresalir por encima de la superficie del terreno como mínimo 0.10 metros. La losa deberá tener una pendiente del orden del 3% desde el centro hacia los bordes. En la misma quedará estampado el nombre de la empresa perforadora, fecha de realización y número del pozo.

Art. 43°.- El revestimiento del pozo debe sobresalir como mínimo 0,60 metros por encima de la losa de protección, salvo que la zona donde esté implantada la perforación tenga riesgo de inundación, en cuyo caso se alargará el revestimiento 0,70 metros por encima del nivel de máxima creciente conocida.

Art. 44°.- Hasta la instalación definitiva del equipo de bombeo y demás accesorios, el pozo deberá quedar tapado de forma hermética para impedir que puedan introducirse elementos extraños al mismo. La instalación definitiva contará con una tapa de rosca sobre la tubería de revestimiento, a su vez en ésta, existirá un orificio de $\frac{3}{4}$ " con tapa móvil (mirilla) para permitir realizar medidas de rutina del comportamiento del acuífero. La mirilla de observación debe estar protegida mediante un sistema de tapa cerrojo giratorio, con candado.

j) Limpieza y desarrollo

Art. 45°.- En los pozos parcialmente revestidos la eliminación total de lodo, será realizada por aire y se utilizarán dispersantes químicos para la limpieza de filtros y fracturas. Luego de la limpieza se debe proceder al desarrollo del pozo para eliminar arrastres de arena y alcanzar un rendimiento óptimo del conjunto (acuífero, prefiltro, filtro). Se interpretará terminado el desarrollo cuando el agua se encuentre libre de sedimentos, su turbidez sea mínima y la extracción de arena sea

inferior a 30mg/m³ (30 ppm). En cada caso se evaluará la conveniencia u oportunidad de realizar el desarrollo por el método de pistón.

Art. 46°.- En los pozos mixtos, que captan simultáneamente niveles de contribución desmoronables (con instalación de filtros y prefiltros) y otros niveles en formaciones geológicas consolidadas, el desarrollo debe ser realizado por aire o por sobrebombeo. En ambos casos el desarrollo se iniciará con el bombeo del pozo y finalizará cuando el agua se encuentre libre de sedimentos, la turbidez sea mínima y la extracción de arena sea inferior a los 30mg/m³ (30 ppm).

Art. 47° Durante la labor de desarrollo del pozo deberá evaluarse rigurosamente la producción del mismo y verificarse la cota superior del prefiltro.

k) Ensayos de Bombeo

Art. 48°.- Los ensayos de bombeo se realizarán una vez concluidos los trabajos de limpieza y desarrollo del pozo. El agua bombeada debe ser evacuada a una distancia tal que no influya en el ensayo de bombeo del pozo. Para caudales mayores a 50 m³/h se utilizarán medidores continuos tipo Venturi de orificio calibrado, vertederos, molinetes u otro método que se adapte a la situación. Se usará un medidor eléctrico del nivel de agua colocado dentro de un tubo independiente de ¾" a 1" de diámetro. Los métodos de ensayos deben corresponderse a la conformación acuífera y podrá incluirse el ensayo de recuperación. Toda la información será registrada en una planilla, que deberá ser entregada al contratante conjuntamente con la memoria de finalización de obra.

l) Ensayos de producción

Art. 49°.- Cuando se efectúe ensayo de producción a caudal constante el mismo deberá ser realizado con bomba sumergible durante un mínimo de 12 horas, debiéndose alcanzar la estabilización total del nivel dinámico para el caudal recomendado. El equipo de bombeo utilizado deberá tener como mínimo un 20% más de capacidad que el caudal del pozo. Cuando el pozo sea destinado a explotación intensiva (abastecimiento público, industrial, riego) la duración del ensayo se prolongará por 24 horas a nivel dinámico estabilizado. Si dentro de estas 24 horas no se alcanzara la estabilización de caudal el ensayo se extenderá 6 horas desde la estabilización del nivel o lo que el Técnico Competente entienda más oportuno.

Art. 50°.- Cuando sean necesarios ensayos en pozos con caudales mayores a los 20 m³/h, se realizarán ensayos escalonados en por lo menos tres etapas de bombeo con caudal diferente.

Ensayo de verticalidad

Art. 51°.- En caso de sospecha justificada el Técnico Competente o quien tenga a cargo la Dirección de Obra, podrán exigir este ensayo. El ensayo se realizará con un tubo de diámetro 1" inferior al diámetro del pozo y un largo de 6 metros que se descenderá suspendido de un cable de acero O en defecto mediante el círculo espiral con un hilo y plomada. El contrato de obra deberá establecer claramente la tolerancia admitida.

n) Limpieza y desinfección del pozo

Art. 52°.- Luego de finalizados los trabajos de aforo, se efectuará la desinfección del pozo mediante la adición de una solución de cloro que permita tener un tenor de cloro residual de 5 ppm de cloro libre y se tendrá en reposo como mínimo durante 2 horas.

o) Toma de muestras para el análisis bacteriológico y físico-químico

Art. 53°.- La toma de muestras se deberá realizar luego de 24 horas de desinfectado el pozo, siendo responsabilidad del contratante los análisis bacteriológico y físico-químico. En todos los casos se realizarán las determinaciones de conductividad, pH y temperatura en el lugar. Las muestras se rotularán debidamente, indicando todos los datos de ubicación y construcción del pozo y los parámetros físicos-químicos determinados en sitio.

p) Abandono definitivo o transitorio de la perforación

Art. 54°.- Cuando sea necesario el abandono definitivo de un pozo por no ser posible culminar su construcción o por otros motivos (término de la vida útil, desvío de la vertical, caída de objetos extraños no recuperables, etc.) se deberá realizar el cementado de toda la perforación con una mezcla de arena y cemento de relación 1:2 con agregado de agua al solo efecto de alcanzar una 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.

Art. 55°.- Sobre el pozo abandonado se deberá construir una losa de hormigón de un metro de lado y 0,25 metros de espesor. En su superficie se indicará el número de pozo, la profundidad alcanzada y el caudal alumbrado.

Art. 56°.- Cuando una perforación no sea utilizada por un período de tiempo prolongado (abandono transitorio) deberá ser protegida de forma tal que a la misma no pueda ingresar ningún elemento perjudicial para la calidad de agua del acuífero explotado

Art. 57°.- Cuando se trate de la ejecución de perforaciones profundas en búsqueda de agua subterránea para distintos usos (abastecimiento humano, riego, termal, u otros usos hoy no identificados).

Art. 58°.- En caso de infracción a lo dispuesto en el presente reglamento será de aplicación el régimen sancionatorio del Decreto N° 7547/1999, reglamentario de la "Ley de Aguas N° 9172."

Artículo 59°.- Comuníquese, publíquese y vuelva al Consejo Regulador de Uso de Fuentes de Agua, a efectos de su aplicación.

12 Aforos y Ensayos de Bombeo

El "aforo", es la medición del caudal (m^3/h) en boca de perforación. El "Ensayo de Bombeo", es la medición del caudal en boca de perforación junto con la variación simultánea del descenso del nivel de agua dentro de la perforación. En este caso se debe saber con certeza de que tipo de acuífero se ensaya y del método que requiere ser aplicado en cada caso. (acuífero libre, semiconfinado, confinado). La lectura de los datos de un ensayo hidráulico permite determinar la Transmisividad Hidráulica (T) del acuífero y el "Coeficiente de Almacenamiento" (S). Ello a su vez depende, si el ensayo se realiza a "Caudal Constante" o "Caudal Escalonado". En cualquier caso el tiempo de bombeo podría variar entre 24 hs - 48hs- 72hs. Dependiendo de la estabilización del nivel de agua dentro de la perforación que se relaciona con la permeabilidad y transmisividad hidráulica.

12.1 Aforos

Existen diferentes formas de medición del caudal ($m^3/horas$) (litros/hora), que se bombea desde una perforación. Existen métodos rudimentarios que dan una idea aproximada y otros métodos que se realizan con medidores de precisión.

12.2 Ensayos de Bombeo

Podrían ser clasificados en dos tipos; ensayos de abatimiento mediante la acción de bombeo y ensayos de recuperación mediante la detención del bombeo. Estos dos tipos de ensayos pueden realizarse uno a continuación del otro respectivamente. Sin embargo, el cálculo de los parámetros hidráulicos (Transmisividad "T", y Coeficiente de Almacenamiento "S") se obtienen de acuerdo al método que requiera ser aplicado y está sujeto a la estratigrafía del acuíferos ensayado (Confinado, Semiconfinado, Semilibre y Libre). Otros casos mas complejos que se presentan, son los acuíferos multicapas, (dos o más niveles conectados a los filtros), podría tratarse de un mismo acuífero o de acuíferos diferentes. Con barrera impermeable o Recarga infinita.

Calcular el valor de los parámetros hidrogeológicos transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S) de un acuífero confinado El conocimiento del valor de estos parámetros es fundamental para realizar cálculos que son básicos en hidrogeología: filtraciones entre acuíferos o desde la superficie del terreno, comunicación del pozo con otras captaciones próximas, caudales óptimos de bombeo, tiempos de tránsito de contaminantes, existencia de bordes impermeables y zonas de recarga, etc.

Los métodos existentes para la determinación de estos parámetros son a campo:

- ❖ Ensayos de bombeo (a caudal constante, caudal escalonado y recuperación).
- ❖ Ensayos de trazador
- ❖ Ensayos de inyección - Laboratorio: Ensayos de permeabilidad, de compactación, de lixiviación,...

Los métodos de campo son representativos de un mayor volumen de medio físico que los de laboratorio, por tanto son preferibles y mas representativos a la hora de evaluar los parámetros objetivos, aunque si existen datos de laboratorio deben utilizarse como contraste de los de campo.

- ❖ **Definición de ensayo de bombeo y tipos** Un ensayo de bombeo consiste en bombear agua en una captación (bajo unas condiciones prefijadas controlando simultáneamente el caudal

extraído (que puede ser constante o variable, según el tipo de ensayo elegido) y la evolución temporal del nivel de agua en propia captación y en otras cercanas. Los métodos de ensayo existentes son a caudal constante o variable. Se describen a continuación

- ❖ **Régimen permanente.** Los niveles en el pozo de bombeo se estabilizan a partir de un tiempo y ya no varían con el bombeo. Esto implica que el acuífero actúa como mero transmisor de la recarga y que el bombeo no toma agua del almacenamiento. Se interpreta la evolución de los descensos de nivel en puntos de observación cercanos, no el descenso total.
- ❖ **Régimen variable.** Los niveles en el pozo van variando durante toda la prueba, lo que significa que el agua extraída procede total o parcialmente del almacenamiento del acuífero. Estos ensayos suelen ser a caudal constante (la variable de control es el nivel), pero también se pueden realizar a nivel constante (se va variando el caudal para mantener el nivel constante). B) A caudal variable: a. Bombeo a caudal crítico. b. Bombeo escalonado. El caudal se aumenta tres o cuatro veces a lo largo del ensayo, pero se mantiene constante dentro de cada escalón.
- ❖ **Ensayos de recuperación:** se interpreta la evolución de los niveles en el propio pozo de bombeo durante la recuperación de éstos tras un ensayo de bombeo.

12.3. Condiciones previas al Ensayo.

La elección del tipo de ensayo a realizar y la interpretación del mismo en referencia a un acuífero, requiere conocer las condiciones del entorno e influencia del acuífero que se quiere estudiar (radio del pozo, profundidad de captación, espesor total y saturado, extensión, heterogeneidad espacial, etc.) y disponer de un modelo conceptual previo de funcionamiento del acuífero que permita elegir el tipo de prueba a realizar.

Los modelos son simplificaciones del funcionamiento real, por eso es necesario elegir un método de formulación matemática establecida para condiciones de funcionamiento y limitaciones que sean admisibles en el medio real a estudiar. Muchas veces las características del acuífero o las condiciones de contorno del mismo no se conocen suficientemente con anterioridad, por lo que no es posible predecir el comportamiento del pozo y diseñar el ensayo de bombeo. En ese caso hay que diseñar un ensayo provisional que permita variar las características durante la prueba (la distribución de bombeos, los puntos de observación, etc.). El comportamiento teórico de los distintos tipos de acuíferos y los métodos existentes de evaluación se han visto en clase de teoría. semiconfinados y libres, así como los métodos de análisis a usar en cada caso para la interpretación. Un buen desarrollo de estos aspectos puede verse en la bibliografía recomendada al final del documento. En esta práctica se verán los aspectos operativos de la interpretación de ensayos de bombeo realizados en un acuífero confinado y en régimen variable.

Se debe elegir un modelo o solución adecuado a la ecuación de flujo subterráneo, para calzar los datos observados. Hay varios modelos para elegir, dependiendo de los factores que se consideren relevantes. Entre estos se incluyen:

- Acuitardo filtrante (del inglés leaky),
- Flujo no confinado (retraso en el rendimiento),
- Penetración parcial de los pozos de bombeo u observación,
- Radio del pozo finito - que puede conducir a almacenamiento en el pozo,
- Porosidad dual (de uso típico en rocas fracturadas),
- Acuífero anisotrópico,
- Acuífero heterogéneo,
- Acuífero finito (se observan efectos de barreras físicas en la prueba) y combinaciones de las situaciones anteriores. La homogeneidad o heterogeneidad se refiere al paquete acuífero en su espesor en todo el perfil vertical.

Casi todas las soluciones de pruebas de bombeo están basadas en la solución de Theis, que está construida con las asunciones más simples. Otros métodos relajan alguna o varias asunciones consideradas en la solución de Theis, y por lo tanto son más flexibles, pero presentan resultados más complejos.

12.4 Métodos de Análisis para ensayos de bombeo

- **Fórmula de Thiem. Interpretación de Fórmula de Theis (descensos)**

- **Aproximación logarítmica de Jacob (Interpretación de recuperación)**

Fórmula de De Glee o de Jacob-HantushInt. (descensos)

Fórmula de HantushInt. Recuperación (Análisis ascensos teóricos)

Fórmula de Thiem y corrección de Jacob

Fórmula de Dupuit

Fórmula de Theis. (Recuperación)

- **Aproximación logarítmica de Jacob Corrección de Dupuit**

Fórmula de Boulton

Fórmula de Neuman (Interpretación Recuperación)

Fórmula de recuperación de Theis Para descensos pequeños en comparación con el espesor saturado Si es admisible la aproximación de Dupuit-Forscheimer Si los descensos son pequeños en comparación con el espesor saturado y no existe drenaje diferido (es instantáneo).

Dado lo específico de este tema, no será abordado en detalle.

13 Terminación y entrega de la Obra Finalizada

La obra terminada es la que se describe en el contrato, pero para reflejar los detalles de terminación mas visibles, es la retirada del equipo de perforación y demás accesorios utilizados, tapada de la fosa de lodo, construcción de un brocal de protección, tapa de la perforación, enterrado de los cables de la bomba hasta el tablero de control.

Es muy importante la entrega del informe final de obra, con la descripción sedimentológica de cada nivel o estrato perforado, parámetros métricos del perfil del pozo (longitud de la camisa, cambios de diámetros, reducciones, uniones, filtro/s, prefiltro de grava. Del acuífero; como ensayo granulométricos (gráficos sedimentológico), cálculos de la Conductividad Hidráulica y del Coeficiente de Almacenamiento. Profundidad de la bomba y el detalles de la misma; (potencia HP, curva H-Q), aforos de caudales ensayos de bombeo y descripción de los mismos, limpieza y desinfección. Análisis de agua.

El informe es un requisito necesario según lo establece la autoridad de aplicación de la Ley de Aguas N° 9172 y Decreto Reglamentario N° 7547. El profesional interviniente con capacitación en el tema, poseer matrícula de habilitación por parte del Colegio de la Ingeniería Civil. Dar cumplimiento técnico-legal como corresponsable de la perforación.

Estas obras situadas dentro del ámbito municipal, puede que requiera ajustarse a otras normativas, según sea el uso y lugar dentro de la jurisdicción. (urbano, suburbano o rural).

En todos los casos, las perforaciones para la captación de agua desde acuíferos semiconfinados, que tengan por fin abastecer un camping (piletas y sanitarios), o tan solo para fines particulares, deben tener en cuenta la necesidad de realizar el control bacteriológico y químico del agua. Ello incluye la desinfección de la perforación, conductos, cisternas, etc.

Dado lo dificultoso de esta tarea, cada 6 meses. Luego de haber bombeado durante largas horas, introducir al pozo una cantidad de cloro al 10% en volumen, dejar reposar unas 24 horas, luego bombear unas dos o tres horas, tomar muestras en un vaso de vidrio y verificar el color del agua. Si la muestra es amarillenta, seguir bombeando hasta que salga bien clara.

Empresa de Perforaciones " Enrique y Roberto Diderle" Anteproyecto N° 01/AP.00

Perforación N° Cateo	Propietario: Loteo y Urbanizar.	Empresa : Obras Sanitarias Municipalidad de Paraná
Ubicación: Zona "PARACAO " Ciudad de Paraná	Dpto: Paraná	
Proyecto: Captación para Abastecimiento Público	EJECUCION: Roberto Diderle	DIRECCION DE OBRAS: H.S. Roberto G. LELL KUPHAN
FECHA DE INICIO: 28 / 01 / 2000		FECHA DE FINALIZACION:
Profund. Total:	Diámetro de la boca:	Longitud Filtro 1°:
Cámara Bomba:	Diám. Cámara Bomba:	Longitud Filtro 2°:
		Diám. Filtro:

DISEÑO CONSTRUCTIVO	DESCRIPCION SEDIMENTOLOGICA
	00.00 Suelo Edáfico 01.00 01.00 Sedimentos limo arcilloso con concreciones calcáreas nodulares. (Loes) 28.60 28.60 Sedimentos limo arcilloso con betas entrecruzadas tabicadas, calcáreas y arenosa fina cementada. 62.20 62.20 Arena silíceas, fina y limosa 83.20 83.20 Arena silícea diagenizada 89.60 89.60 Arena arcillo arenosa y arcilla compacta 96.00 96.00 Arcilla y limo calcáreo, compacto 134.40

Empresa de Perforaciones "Enrique y Roberto Diderle" Catálogo N° 09/ AR 88

Perforación N° 002	Propietario: Patricio Aranguren	Empresa: "San Fernando"
Ubicación: Montoya	Dpto: Nogoyá	
Proyecto: Captación para Riego Agrícola	EJECUCION: Roberto Diderle	DIRECCION DE OBRA: T.H.S. Roberto G. LELL KLIPHAN
FECHA DE INICIO:	FECHA DE FINALIZACION:	
Profund. Total: 68,00 m	Diámetro del trepante: 67 cm.	Longitud Filtro 1º: 10,00 m
Cámara Bomba: 64,80 m	Diám. Cámara Bombeo: 12 pulg.	Diám. Filtro: 12 pulg.
		Longitud Filtro 2º: 15,00 m
		Diám. Filtro: 12 pulg.

DISEÑO CONSTRUCTIVO	DESCRIPCION SEDIMENTOLOGICA
Longitud (m) 0,00 Ø 12" 24,00 39,00 45,00 55,00 62,98 Filtro Ranura Continua Abertura: 01,00 mm 5 tramos uniones soldados Filtro Ranura Continua Abertura: 01,00 mm 3 tramos uniones soldados	01,00 m Horizontes Edáficos 06,40 m Arena cuarzoza, grta blanquecina y amarillenta mezclada con limos finos. 12,30 m Arena cuarzoza, color amarillo-ocre, mediana a gruesa (1er nivel Acuífero Freático). 22,00 m Arena cuarzoza, amarillo-ocre, mediana a gruesa (Acuífero semilibre). 44,30 m Arena cuarzoza amarillenta, mediana a gruesa. Con nivel de gravas (Acuífero Semiconfinado) 57,60 m Arena cuarzoza blanquesina, con niveles lenticulares de arena silicificada. 64,60 m Arena cuarzoza amarillenta mediana y gruesa (Acuífero). 76,30 m Arcillas arenosas, lenticulares, permeabilidad reducida.
PREFILTRO DE GRAVA: 24 toneladas TAMAÑO: 50% de 1 y 2 mm ϕ 50% de 2 y 3 mm ϕ Nivel Estático: 31,30m Nivel Dinámico: 44,60m Caudal: 100 m³/h Caudal Característico: m³/h/m	RELEVAMIENTO GEOLOGICO T.H.S. Roberto G. LELL Año 1993

EMPRESA DE PERFORACIONES Enrique y Roberto Diderle Catálogo N° 001/A.P./99

Perforación N°: 001

Propietario: JAJAM

Empresa:

Ubicación: *Calle Artigas pasando M. David (Paraná)*

Dpto: *Paraná*

Proyecto: Captación para Agua Potable.

EJECUCION: Empresa "Roberto Diderle"

DIRECCION DE OBRA: hg. Badano

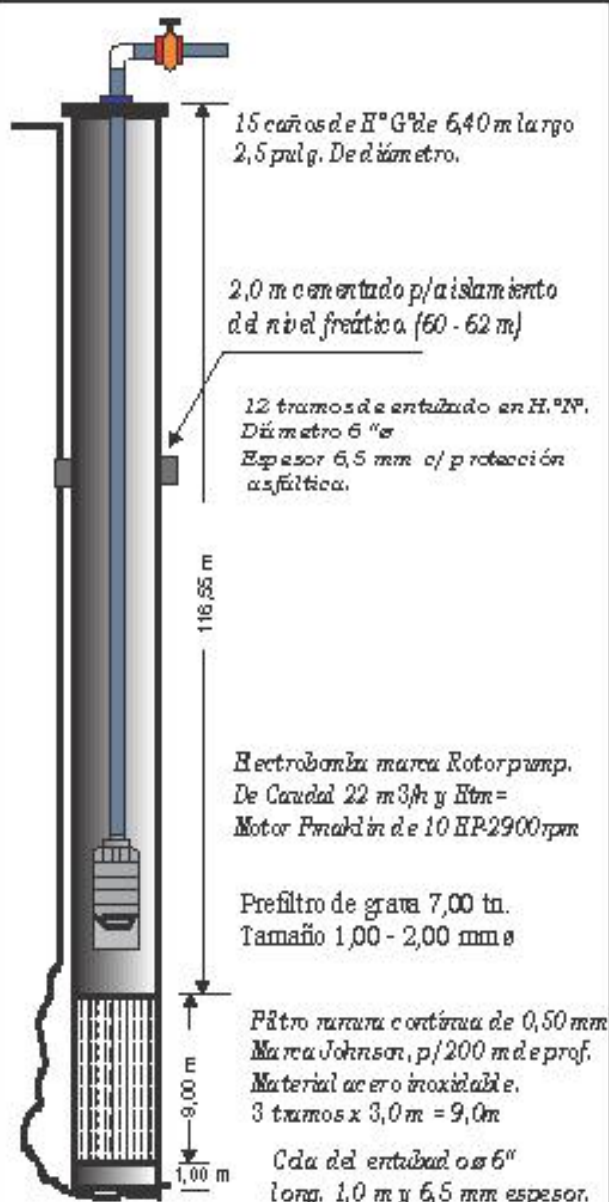
FECHA DE INICIO: 24 de marzo de 1999

FECHA DE FINALIZACION: 1° de abril de 1999

Profund. Total: 126,55 m	Diámetro Trépano: 92 cm
Cámara Bomba: 116,55 m	Diám. Cámara Bomba: 6 pulg.

LONGITUD FILTRO 1°: 9,00 m	DIAMETRO FILTRO 1°: 6 pulg.
LONGITUD FILTRO 2°:	DIAMETRO FILTRO 2°:

DISEÑO DE LA PERFORACION



DESCRIPCION SEDIMENTOLOGICA

0,00 - 0,100 m	Horizonte edáfico.
1,00 - 32,00 m	Sedimento limo-arcilloso (loes) c/ concreciones calcáreas nodulares, de color pardo amarillento.
32,00 - 42,00 m	Sedimento arcilloso-arenoso saturado c/ alta plasticidad, color pardo oscuro.
42,00 - 44,80 m	Nivel de arena fina, color amarillento ocre, c/ intercalaciones de sedimento limo-arenoso.
44,80 - 57,60 m	Sedimento arcilloso, pasa gradualmente a un nivel arenoso-limoso.
57,60 - 62,00 m	Sedimento arenoso fino, color amarillento, con capas delgadas de arcilla.
62,00 - 65,00 m	Arena silíceas, amarillento-ocre, de granulometría fina a mediana, con delgadas capas diagénicas. (Acuífero semiconfinado)
65,00 - 97,00 m	Nivel de arena silíceas, color amarillento, con delgadas capas silíceas.
97,00 - 115,20 m	Arena silíceas, blanquecina, de granulometría mediana a fina. (Acuífero semiconfinado)
115,00 - 126,60 m	Arena silíceas, mediana a fina, color amarillento claro. (Acuífero semiconfinado)

Caudal: 22.000 l/h.
 Nivel Estático: 83,00 m
 Nivel Dinámico: 92,00 m

Reconocimiento Hidrogeológico.

T.H.S. Roberto G. LEILLIPIAN

Los perfiles anteriores, el primeo (anteproyecto), el segundo (anteproyecto) y el tercero (final de Obra), pueden ser modelos de presentación que se adjunten a la memoria descriptiva de la obra. La planilla presenta el volcado de todos los datos personales del propietario o razón social, ubicación, finalidad de la captación, empresa perforista, dirección técnica, dimensiones de la obra, datos hidráulicos y descripción de la litología.

13.1 Materiales y vida útil de la Perforación

La definición de corrosión puede darse desde diferentes perspectivas, como sugiere Shreir (1994), en el caso de materiales no metálicos define el término corrosión como el deterioro de un material por causas químicas, mientras que en materiales metálicos lo define como la interacción de un metal con su ambiente (causando un efecto negativo en sus propiedades).

Corrosión electroquímica: La corrosión de los metales y las aleaciones en un medio iónicamente conductor ocurre por mecanismos electroquímicos. Para que ocurra una reacción de corrosión electroquímica se requieren de cuatro elementos: un ánodo, un cátodo, un conductor metálico y un conductor electrolítico.

Corrosión por efectos biológicos: el efecto biológico más importante es la generación de H₂S por bacterias reductoras de sulfato. Estas bacterias anaeróbicas metabolizan iones de sulfato y producen sulfuro de hidrógeno. La formación de colonias como las bacterias *Sporovibrio Desulfuricans*, producen la degradación de los entubados de metal en perforaciones, reduciendo en poco tiempo su vida útil.

Las Salmueras: aguas con elevada cantidad de sales disueltas aumentan la conductividad del agua y la posibilidad de velocidades de corrosión más altas. Debido a esto, se debe prestar atención a las salmueras y los fluidos de terminación durante las actividades de perforación.

En los revestimientos o llamado entubamientos de una perforación, la degradación de los materiales depende de la construcción de la perforación, del tipo de material (Acero Inoxidable, Hierro Galvanizado, PVC), de la salinidad del agua, del pH y de la desinfección periódica siempre requerida para tener un pozo saludable..

Una vez que el agujero ha sido perforado y revestido, el siguiente paso es cementar el revestimiento. El revestimiento es cementado para mantenerlo en su lugar y evitar la migración de los fluidos de la formación en el espacio anular. Cuando una sección del agujero ha sido revestida y cementada se considera segura debido a que se disminuye casi por completo el riesgo de perder el agujero por derrumbe,

Una perforación siempre se debe aislar entre el terreno y el entubado, tanto sea para evitar la interconexión hidráulica como para proteger de fluidos contaminantes.. Un buen cementado del espacio anular brinda mayor vida útil al pozo.

En el caso de los revestimientos de PVC especiales con resistencia a la tracción y contracción pueden utilizarse en perforaciones, no existen problemas de corrosión, pero si pueden producirse incrustamientos severos que reducen el diámetro interno del tubo.

Debe tenerse en cuenta el diámetro y profundidad de entubado, porque presentan limitaciones. Las arcillas expansivas pueden generar aplastamientos de tubo PVC y dejar atrapada la bomba. En caso de utilizar este material, es recomendable el fabricado para perforaciones, como entubado y como filtro. Los perforistas son escépticos a utilizarlo, a pesar de las ventajas de su uso; son enroscadas, estriadas por fuera, livianos y totalmente inocuos. Materiales de PVC que se venden para alcantarillados, no son aptos para entubar perforaciones.

ANEXO I: Información básica

Conceptos básicos de matemáticas, unidades de medidas.

Matemáticas : Unidades de medida**Cuadro 1. Unidades de longitud**

LONGITUD	UNIDAD EQUIVALENCIA (m)
1 micra(μ)	0,0001
1 milímetro(mm)	0,001
1 centímetro(cm)	0,01
1 decímetro (dm)	0,1
1 metro(m)	1
1 Decámetro (Dm)	10
1 Hectómetro (Hm)	100
1 Kilómetro(Km)	1000
1 Miriámetro(Mm)	10000
1 Pulgada (")	0,0254
1 Pie (')	0,3048
1 Yarda (Yd)	0,9144
1 Milla terrestre	1609,3

Cuadro 2. Unidades de superficie

SUPERFICIE	UNIDAD EQUIVALENCIA (m)
1 centímetro cuadrado (cm ²)	0,0001
1 metro cuadrado (m ²)	1
1 área (a)	100
1 Hectárea (Ha)	10000
1 Kilómetro cuadrado (Km ²)	1000000

Cuadro 3. Unidades de volumen

VOLUMEN	UNIDAD EQUIVALENCIA (m ³)
1 mililitro (ml)	0,001
1 centilitro (cl)	0,01
1 decilitro (dl)	0,1
1 litro (l)	1 l
1 Decalitro (Dl)	10
1 Hectolitro (Hl)	100
1 Kilolitro (Kl)	1000
VOLUMEN	UNIDAD EQUIVALENCIA (m ³)
1 centímetro cúbico (cm ³)	0,001
1 metro cúbico (m ³)	1000 litros
1 Galón USA (Gl)	3,785
1 Galón UK (Gl)	4,545

Cuadro 4. Unidades de peso

PESO	UNIDAD EQUIVALENCIA (g)
1 miligramo (mg)	0,001
1 gramo (g)	1

1 Kilogramo (Kg)	1000
1 Tonelada métrica (Tm)	1000000
1 Libra (Lb)	0,4536
1 Onza (Oz)	28,3495

Cuadro 5. Unidades de tiempo

TIEMPO	UNIDAD EQUIVALENCIA (s)
1 segundo (s)	1
1 minuto (min)	60
1 hora (h)	3600
1 día (d)	86400

Cuadro 6. Unidades de temperatura

TEMPERATURA	UNIDAD EQUIVALENCIA (K)
1 grado Celsius o centígrado (°C)	$K = ^\circ C + 273,15$
0 °C (corresponde al punto de congelación del agua)	273.15 K
36 °C (corresponde a la temperatura normal del cuerpo)	309.2 K
100 °C (corresponde al punto de ebullición del agua)	373.15 K

Áreas y volúmenes

a) Áreas

1. Cuadrado

El cuadrado es una figura geométrica bidimensional que tiene largo y ancho. Ambas dimensiones son de igual magnitud. El área se obtiene multiplicando entre si ambos lados.

$$\text{Área} = L \times L$$

$$L = L$$

2. Rectángulo

El rectángulo es una figura geométrica bidimensional que tiene largo y ancho.

Ambas dimensiones tienen diferente magnitud. El área se obtiene multiplicando el largo por el ancho.

$$\text{Área} = L \times A$$

A= ancho y L= largo

3. Triángulo

El rectángulo es una figura geométrica bidimensional que tiene base y altura. El área se obtiene multiplicando la mitad de la base por la altura:

$$\text{Área} = 1/2 B \times H$$

B= base y H= altura

4. Círculo

El círculo es una figura geométrica bidimensional que tiene radio. El perímetro del círculo se llama circunferencia y su longitud es el doble del producto de la constante

Pi (π) por el radio. El valor de Pi es 3,1416.

$$L = 2 \pi r$$

El área de la circunferencia se calcula a partir del círculo. Esta área se obtiene multiplicando la longitud de la circunferencia por el radio.

$$\text{Área} = (2 \pi r) \times (r)$$

b) Volúmenes**1. Cubo**

Es una figura geométrica tridimensional. El área se obtiene multiplicando el área de la base por la altura.

$$\text{Área de la base} = L^2$$

$$\text{Volumen} = L^2 \times H$$

2. Cilindro

Es una figura geométrica tridimensional. El área se obtiene multiplicando el área de la base por la altura.

$$\text{Área de la base} = \pi \times r^2 H$$

$$\text{Volumen} = \pi \times r^2 H$$

c) Física**1. Masa**

Tener masa es una propiedad de toda materia. Esto se explica por la cantidad y tipo de partículas de que se compone un cuerpo. La masa se exterioriza por la resistencia del cuerpo a los cambios de su estado de movimiento.

Como unidad de masa se emplea el kilogramo (kg). La masa de un cuerpo se determina comparándola con cuerpos de masa conocida (pesas de balanza). La comparación de masas puede hacerse mediante una balanza de brazos.

2. Peso

Todo cuerpo es atraído por la masa de la tierra con una fuerza, la que se mide en Newton. La unidad de masa (el kilogramo) posee, debido a esa atracción, un peso de 9,81 Newton.

La aceleración y la gravedad dependen del lugar y disminuyen al aumentar la distancia a la tierra. Es así que un cuerpo situado en la luna tiene 1/6 de su peso en la tierra a causa de la menor masa de aquella. La velocidad de caída de todos los cuerpos que caen libremente, aumenta a razón de 9.81 metros cada segundo.

3. Peso específico y densidad

El peso específico de una sustancia es el peso de la unidad de volumen de dicha sustancia.

La densidad de un cuerpo es la masa por unidad de volumen. Cada materia tiene un peso específico. Una cantidad determinada de plomo pesará más que igual cantidad de aserrín. En el cuadro siguiente se presentan el peso específico de algunos materiales.

Cuadro 7. Peso específico de algunos materiales

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO Kg / dm ³
Agua	1,000
PVC	1,35 – 1.49
Fierro fundido	7,21
Madera	0.3 – 1.2
Cobre	8.93
Hormigón	2 – 3
Aluminio	2,7
Oro	19.3

4. Presión

Es la fuerza que ejerce un cuerpo sobre cada unidad de superficie. El Newton es la unidad de fuerza y el cm² la expresión de área. La presión se mide en “bar” y 1 bar equivale a 10 Newton por cm². La presión también podemos medirla como “columna de agua”. La presión atmosférica varía con la altitud del lugar. A nivel del mar, la presión

atmosférica equivale a una columna de agua de 10,33 metros

1 Bar = 1Kq/cm² = 10,33 mca. = 1atm.

1 Bar = 10⁵ N/cm².

5. QUIMICA DEL AGUA - IONES FUNDAMENTALES

Aniones: Cloruro (Cl^-), Sulfato (SO_4^{2-}), Bicarbonato (CO_3H^-). Cationes: Sodio (Na^+), Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}) Nitrato (NO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y el potasio (K^+) (de proporción pequeña igual se consideran dentro de los fundamentales).

IONES MINORITARIOS: Representan menos del 1% del contenido iónico total. ej. Fe^{2+} , F^- , K^+ , Sr^{2+} + Elementos

Traza Generalmente se encuentran en concentraciones menores a 0,0001 mg/L. ej. As, Cr, Pb, Cu, Zn, etc.

GASES FUNDAMENTALES: anhídrido carbónico (CO₂) y oxígeno disuelto (O₂), aunque no es frecuente que se analicen en agua subterránea.

COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS La secuencia normal de un agua 'joven', de reciente infiltración, es:

$$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ \llllllllll \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$$

después de un largo tiempo de residencia, la relación tiende a invertir a:

$$\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} \llllllllll \text{Cl}^- > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$$

TEMPERATURA:

Potencial calorífico referido a un cierto origen.

Se mide en °C y °F. •

Las aguas subterráneas: temperatura muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar, incrementándose en el producto de la profundidad por el gradiente geotérmico (1°C cada 33 m).

CONDUCTIVIDAD:

Capacidad de un agua para conducir electricidad. • Se mide en microsiemens/cm (uS/cm) o micromhos/cm (umhos/cm).

Crece con la temperatura y se toma una referencia (18°C o 25°C). Crece 2% al /°C al aumentar la temperatura.

Crece con el contenido de iones disueltos.

Varía de 100 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 18°C en aguas dulces, pudiendo llegar hasta 100000 en salmueras.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS, CONCENTRACION DE HIDROGENIONES, pH

En general, el pH de las aguas naturales se mantiene entre 6,5 y 8, aunque excepcionalmente puede variar entre 3 y 11.

El pH juega un papel importante en muchos procesos biogeoquímicos de las aguas subterráneas naturales (equilibrio carbonático, procesos redox, etc.)

BALANCE HIDROQUÍMICO

En un análisis químico completo debe verificarse que la

$$\text{suma de meq de aniones} = \text{meq de cationes } r(\text{CO}_3\text{H}^+ + \text{SO}_4 + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) = r(\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$$

(r=meq/l)

$$\text{Error}(\%) = (\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}) / (\sum \text{aniones} + \sum \text{cationes}) \times 100$$

Clasificaciones simples (por Residuo Seco, Dureza, SAR).

Clasificaciones geoquímicas, contienen más información y tienden a expresar lo que se obtiene con los diferentes tipos de diagrama.

Por ión dominante: se nombra el agua por el anión o catión que sobrepasa el 50% de sus sumas respectivas.

ANEXO II; Errores e Incertidumbres Técnicas

Este esquema de proyecto no es realizado por los perforistas en Entre Ríos, en general se acuerda verbalmente, donde se hará la perforación y la profundidad total que alcanzará.

Se acopia previamente la cañería para el entubado, filtros, grava para el prefiltro. En ciertos casos se agrega de antemano, la compra de la electrobomba, tablero, cables, cañería de Impulsión, accesorios de acoples y la bentonita. Todo a cuenta y cargo del contratante o propietario del

campo. Ha ocurrido que habiéndose acopiado todos los elementos antes citados, la perforación no se concluyó, debido a que la sarta de perforación ha quedado atrapada en el pozo y por consiguiente la obra ha quedado abandonada. El propietario, frente a esta situación busca asesoramiento para encontrar una solución alternativa. El primer problema es la falta de un contrato de partes, con la debida certificación ante escribano público, una herramienta legal para iniciar una demanda ante la justicia civil y comercial. El Segundo problema es; ¿donde encontrar un perforista decente y responsable que no estafe a su cliente?, que sea capaz de rescatar las herramientas atrapadas en la perforación y termine con éxito la obra.

En otra situación, un campesino me contrató para que le realizara un proyecto de Riego Automatizado para regar 126 Ha. Repartido en 4 círculos de 31 ha. Cuando presenté el proyecto terminado, se trataba de un Pivot Central de 5 tramos iguales que se abastecería de agua a través de una perforación a construir en el centro del sistema de riego. La demanda de agua anual para el riego suplementario de tres cultivos (trigo, maíz y soja) rondaba en unos 450 mm, lo que implicaba instalar un equipo de pivot central con ala regadora de 25 m, Este sistema, que condicionado en la longitud del radio, en un giro en 24 horas aplicaría una lámina de 12 mm/día, sobre una superficie circular de 31 hectáreas. La perforación ha sido proyectada para la instalación de una bomba electrosomergible que extraiga un caudal de 155 m³/h.

De los tres oferentes, el mas interesante en cuanto oferta resultó ser el vendedor de Lindsay, que incluía la construcción de la perforación con un perforista de la provincia de Santa Fe. El propietario del campo ya consideraba resuelto el proyecto, porque se trataba de un paquete tecnológico completo y con un precio muy razonable. Optó por el equipo de riego "Lindsay" y la perforación se construyó. Esto conforme a una perforación diseñada que nosotros habíamos incluido en el estudio hidrogeológico. La oferta potencial hidráulica del acuífero explorado alcanzaría unos 240m³/h, adecuado al dimensionamiento de la perforación proyectada en nuestro estudio. Se comenzó por la construcción de la perforación, que concluyó con un caudal que no superaba los 80 - 86m³/h y en consecuencia el proyecto de riego fracasaría sin la menor expectativa de avanzar con el mismo. Como habíamos realizado el seguimiento y control del trabajo del perforista, descubrimos que la capacidad de la máquina de perforación, (Rotación Directa), presentaba deficiencia operativa en la bomba de lodo después de los 40 m. de profundidad. El lodo de perforación (cutting) sellaría parcialmente el acuífero reduciendo la transmisividad natural del mismo. Tras efectuar varios intentos de aforos el caudal no aumentó y al sacar la bomba sucedió un lamentable accidente, se descolgó la bomba y cayó dentro de la perforación calvándose en la reducción entre la camisa y el filtro.

El perforista sugerido por la empresa Lindsay, que por haber sido el mejor oferente, le vendería el equipo, instalado y puesta en marcha en el terreno. La perforación se inició y en 12 días se instaló la bomba, pero el caudal no superaba los 84 m³/h, Un problema de por si muy difícil de resolver.

El propietario me requirió para que realice un aforo y determine que medidas adoptar ante el caso. Luego de efectuar tareas de desarrollo y estimulación del pozo se volvió a bombear con la misma bomba ($Q = 160 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H_m = 55 \text{ m}$), el caudal mejoró muy poco respecto al anterior aforo (88 m³/h). El perforista argumentó "que el acuífero (Ituzaingó no tendría el potencial hidráulico suficiente para alcanzar el caudal de proyecto". Hicimos una apuesta que consintió en realizar otra perforación separada a solo 10 m, con la misma cañería y filtros (rescatada de la perforación) y que debía obtenerse el caudal previsto en el estudio que se realizó por la consultora FARALL & Asociados. De ser así todos los costes devengados por la perforación serían a cuenta del perforista, liberándose así los cargos económicos y legales contra el propietario del campo. La segunda perforación realizada por otro pocero, permitió obtener el caudal que se aforó en 159 m³/h, con lo cual el proyecto contaba con la fuente de agua necesaria para abastecer el sistema.

El propietario frente a la incertidumbre que se presentó en la construcción de la perforación, decidió no concretar la compra del equipo. Estas circunstancias influyen notablemente en futuras tomas de decisiones respecto a encarar proyectos de esa envergadura. Hay que considerar una inversión muy importante, que en el mejor de los casos tiene un tiempo de amortización que llega a una década., dependiendo el costo financiero, podría ir mas allá de los 10 años.

Nuevamente insisto, que el asesoramiento en el anteproyecto, prefactibilidad y proyecto final, es clave para alcanzar el éxito referente a la funcionalidad y eficiencia del sistema. De manera tal que la proyección del esquema agro-productivo genere los beneficios esperados en tiempo y forma.

Un caso similar ocurrió con otro productor, que adquirió un proyecto llave en mano, compuesto por perforación, sistema de bombeo y rebombeo, conducción hidráulica y un equipo de riego tipo Pivot Central. A casi transcurrir el año el caudal disminuyó drásticamente en pleno estadio de riego de dos lotes de maíz. El pocero que realizó la perforación, extrajo la electrobomba se observó que el motor se estaba desacoplando de la bomba a raíz del corte de 3 tornillos, con graves desgastes en los cuerpos de turbina. Me solicitan asesoramiento para develar el caso con la mayor premura posible. Comencé por rearmar la bomba para identificar las posibles fallas que ocasionaron el deterioro de los materiales y el porque se cortaron los tornillos que unen la bomba con el motor. Surgió un error de armado y/o funcionamiento de la bomba que se debió a un pequeño desplazamiento del eje del motor, con respecto al eje de la bomba. Ello motivó el rozamiento de alabes dentro de la carcasa, reduciendo el espesor de los respectivos asientos y desgastes prematuro de los bujes, provocando finalmente el corte de 3 tornillos de acoplamiento. El productor requirió la presencia del comerciante que proveyó la bomba, a fin de explicarle lo sucedido y que inmediatamente acudieron al llamado. Luego de una revisión por parte del técnico mecánico, quien sostuvo que se trataría de la fricción causada por arena del pozo. Como en el pozo se había instalado una bomba para continuar regando, se tomaron muestras en distintos puntos de la conducción y en el equipo de riego, demostrándose con ello la ausencia de arena en ellas. Ante el hecho, se labró un acta por parte de un escribano y dos testigos, acompañado de fotografías, con la finalidad de otorgar derechos legales fehacientes en defensa del productor damnificado. Felizmente la fábrica de bombas tuvo una actitud responsable y reemplazó la bomba usada por una nueva.

También observé que se había instalado una bomba centrífuga de rebombeo para aumentar la presión manométrica, todo accionado mediante un motor Cummins-diesel de 180 HP, acoplado a un generador de 155 HP, para alimentar la electrobomba del pozo 90 HP, la centrífuga Buster 55 HP y los 5 motores del pivot de 7,5 HP, lo cual suma un consumo de 152,5 HP.

Todo este conjunto de potencia energética estaba sobre dimensionado, con solo colocar una electrobomba de 100 HP y Hm 65 mca, podía alimentarse el equipo de riego, sin necesidad de la bomba centrífuga, además se reduciría en un 30 % la potencia del Motor y del grupo electrógeno. Todo este sistema funcionando estaba excedido en consumo de gasolina aproximadamente 2.0 litros/hora. (equivale a 48 litros/día). Con Motor de 125 HP y un generador de aproximadamente 115 HP, era suficiente para alimentar todo el sistema eléctrico.

Por último el equipo Pivot estaba diseñado para una lámina diaria (1 giro en 24 horas) de solo 6,2 mm, de por sí insuficiente para un cultivo de maíz que demanda por evapotranspiración, en un día extremo de enero, hasta 12 mm/día. Demasiada ineficiencia y consecuente mayor costo operativo, no responde a las necesidades hídricas agronómicas. Implica más traslado del equipo, mas horas de riego mas costo operativo. Menor diferencial productivo para el cultivo de maíz por déficit de riego complementario. Un déficit que solo podría ser solucionado con menos plantas por metro lineal y más espaciado entre líneas.

Es fácil encontrar defectos en este tipo de instalaciones, el problema que para resolverlos hay que destinar mas dinero, a veces no se justifica mejorar los sistemas implantados como en otras, solo se puede modificar parcialmente. Todo depende de cuanto dinero se trata y como, en cuanto es recuperable sobre todo si estamos próximos a la obsolescencia del sistema.

En la siguiente situación similar a la anterior, en el año 1914, un productor agrícola que regaba cultivos extensivos (trigo, maíz y soja en rotación con praderas, solicitó un análisis de costos-beneficios del sistema productivo. Se ha tenido que realizar un relevamiento detallado de la perforación, del equipo de bombeo, conducción hidráulica y operación del equipo de riego.

❖ DATOS DE LA PERFORACION

Profundidad total: 112 m

Encamisado: 12" de diámetro hasta 86 m de profundidad

Enfiltrado: 25m de filtro Ranura.Continua. de 0.5 mm de abertura

Colector de Fondo: 1m de caño ciego de 8" de diámetro.

Prefiltro: grava de granulometría 1 – 3 mm.

❖ DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO

Bomba: marca Rotorpump E10564/EC de 5 rotores. Motor marca Silwann de 100 HP-390 voltios

- Profundidad Instalada: 83 m
- **Datos Hidráulicos**
- ✓ Altura de Impulsión hasta boca de Perforación: 84 m
 - ✓ Caudal Aforado: 192 m³/h
 - ✓ Depresión Teórica: 12 m
- ❖ **DATOS DEL GENERADOR DE ENERGÍA**
- Motogenerador: Motor Cummins, gas-oil, tipo estacionario de 250 HP.
- Potencia: 118 KW – 47,8 Hz – 198 Amperes.
- Consumo de Combustible: 28 - 30 litros/hora
- ❖ **CONDUCCIÓN HIDRAULICA**
- De Perforación a Hidrante 1 y 2: 492,50 m / a punto extremo 985 m de 200 mm de diámetro. Enterrada.
- ❖ **DATOS DEL EQUIPO DE RIEGO.**
- Sistema: Pivot central marca Zanello compuesto de 6 tramos de 54,40 m y un tramo de 47,70m. Total 374,4 m
- Accesorios de Riego: voladizo de de 25 m y cañón regador de 15 m. de extensión adicional 40m.
- Radio del Sistema de Riego: 414,40 m
- ❖ **PERDIDAS DE CARGA DEL SISTEMA Y POTENCIA REQUERIDA.**
- | | |
|--|---------------|
| <u>Pérdida de Carga en la Impulsión:</u> | 85,05 mca |
| <u>Pérdida de Carga en la Conducción:</u> | 5,93 mca |
| <u>Pérdida de Carga del Equipo de Riego</u> | 8,23 mca |
| <u>Pérdida de Carga del Sistema:</u> | 99,21 mca |
| <u>Potencia Requerida por la Bomba:</u> | 118 HP |
| <u>Pot. Requerida para Grupo electrógeno:</u> | 138 HP |
| <u>Potencia adicional para el Equipo de Riego incluyendo pérdidas:</u> | 17 HP |
| <u>Total Potencia requerida:</u> | 155 HP |
| <u>Consumo de Combustible:</u> | 24litros/hora |
- ❖ **ANALISIS DE COSTO DE RIEGO**
- El cálculo de costo está referido solamente al consumo de combustible que demanda el Motor que acciona el generador, que a su vez alimenta la electrobomba sumergible para el bombeo y la impulsión de agua al equipo de riego.
- El sistema productivo está compuesto por una campaña de tres cultivos combinados (trigo, maíz y soja), repartidos en tres círculos de riego (C1, C2 y C3) que cubren una superficie total de 186 ha.
- El consumo de combustible ha sido estimado de forma teórica, que debería ser medido in-situ en cada campaña de riego.
- Las horas de riego se estimaron sobre una lámina de 6,2mm en un giro de 24 horas. (Debería efectuarse mediciones a campo periodicamente a fin de ajustar este dato año a año).
- El análisis de costo resultante, solo es válido para ser aplicado al caso específico . El costo total de Riego deberá incluir además; amortización del sistema referido al tiempo de uso, mantenimiento general anual, roturas accidentales, operario, etc.
- Cuadro N° 1: Costo Operativo Global para Riego de Cultivos Agrícolas.**

Círculos	Superf. (ha)	Cultivo	Lamina (mm/ha)	Lám.Acu (mm)	Ti.Riego (hs)	Combust. (l/hs)	Costo Total (\$/círculo)
C1	54	Maíz	100	5400	400	28,4	125.000,00
C2	77	Soja	50	3850	200	28,4	62.480,00
C3	55	Trigo	40	2200	160	28,4	49.984,00
TOTAL	186		190	11450	760		237.464,00

El valor del Combustible está referido al Gas-oil YPF (11,00\$/litros) de fecha 04/11/2014

Cuadro N° 2 Costos Operativos Parciales

Círculos	Superf.(ha)	Cultivos	Costo \$/Ha	Costo mm/ha
C1	54	Maíz	2314,81	23,15
C2	77	Soja	811,43	16,23
C3	55	Trigo	908,80	22,72

El promedio del sistema productivo es igual a 20,70 \$/mm. a un Dólar Oficial de 11,50 final representa un equivalente a 1,8 U\$\$/mm (Octubre/2014)

Cuadro N° 3: Ingreso Bruto por Cultivos Agrícola.

Círculos	Superf. (ha)	Cultivos	Cotización \$/Tn	Rendimientos Tn/ha	Ingresos \$/ha	Ingresos Total (\$)
C1	54	Maíz	1010	8,5	8585	463.590
C2	77	Soja	2390	3,0	7170	552.090
C3	55	Trigo	1100	3,2	3520	193.600

Los valores de cotización del grano, corresponde a Puerto Rosario al 30/10/2014

Cuadro N° 4: Costo Diferencial por Cultivos

Círculo	Superf. (ha)	Cultivos	Rendim. Tn/ha	Ingresos \$/ha	Costo de Riego (\$/ha)	Diferencial (\$/ha)
C1	54	Maíz	8,5	8585	2314,80	6270,20
C2	77	Soja	3,0	7170	811.43	6358,57
C3	55	Trigo	3,2	3520	908,80	2611.20

Los márgenes de ganancia diferencial descontando el costo de riego por cultivo, indican que la soja posee el mejor margen de ganancia. Ello no tiene en cuenta los costos de siembra y manejo del cultivo.

El Resultado de estos cálculos está muy influenciado por tres datos: El primero; es la cotización del grano, segundo el costo de riego que depende del precio del combustible y por último el rendimiento esperado para una determinada lámina de riego aplicado.

Entonces, vale predeterminar el costo aproximado de riego, que está en función del precio del combustible, además en la Argentina es una variable de incidencia a lo largo de un periodo de riego.

En términos de valores precisos de costos, no es posible definir el gasto de riego que se ocasionaría, si además no se puede saber a priori cual será la cantidad de precipitación y la lámina de agua suplementaria que se requerirá en determinado cultivo. Un dato tangible es el cálculo del costo del milímetro de agua por hectárea en cada cultivo (\$/mm), como valor unitario y referencial.

La idea es tener un planteo de costos a la hora de decidir que lámina de riego necesito y prever que el costo del mismo deje un margen positivo, que estará reflejado en el incremento diferencial de rendimiento entre cultivo sin riego y cultivo con riego.

Es necesario llevar una estadística de rendimientos y costos de cada cultivo, para observar cómo se reflejan los márgenes de ganancia (positivos) y de cuanto es porcentualmente relativo.

El beneficio diferencial productivo en los tres cultivos, puede ser mejorado remplazando equipo motogenerador. Se observó que el motor (250 HP) posee mas potencia de la necesaria el que podría remplazarse por uno de 160 HP, con lo cual se reduciría el consumo de gas-oil en un 24% Considerando que el costo operativo de riego está influido por el consumo de combustible, es menester del productor instalar un motor de menor potencia.

Un señor proyectó una huerta orgánica. Su prioridad era obtener agua dulce para regar una variedad de verduras, (hojas, tubérculos, tomates y morrones). Al consultarme le propuse como una alternativa de bajo costo, instalar un sistema de microaspersión o por goteo. Como fuente de agua alternativo, captar y almacenar agua de lluvia aprovechando un techado de chapa de zinc cercano al huerto. Se podría utilizar agua de un pozo que abastece al grupo familiar, quienes trabajarán en ese proyecto. En nuestra provincia, no se considera el uso de

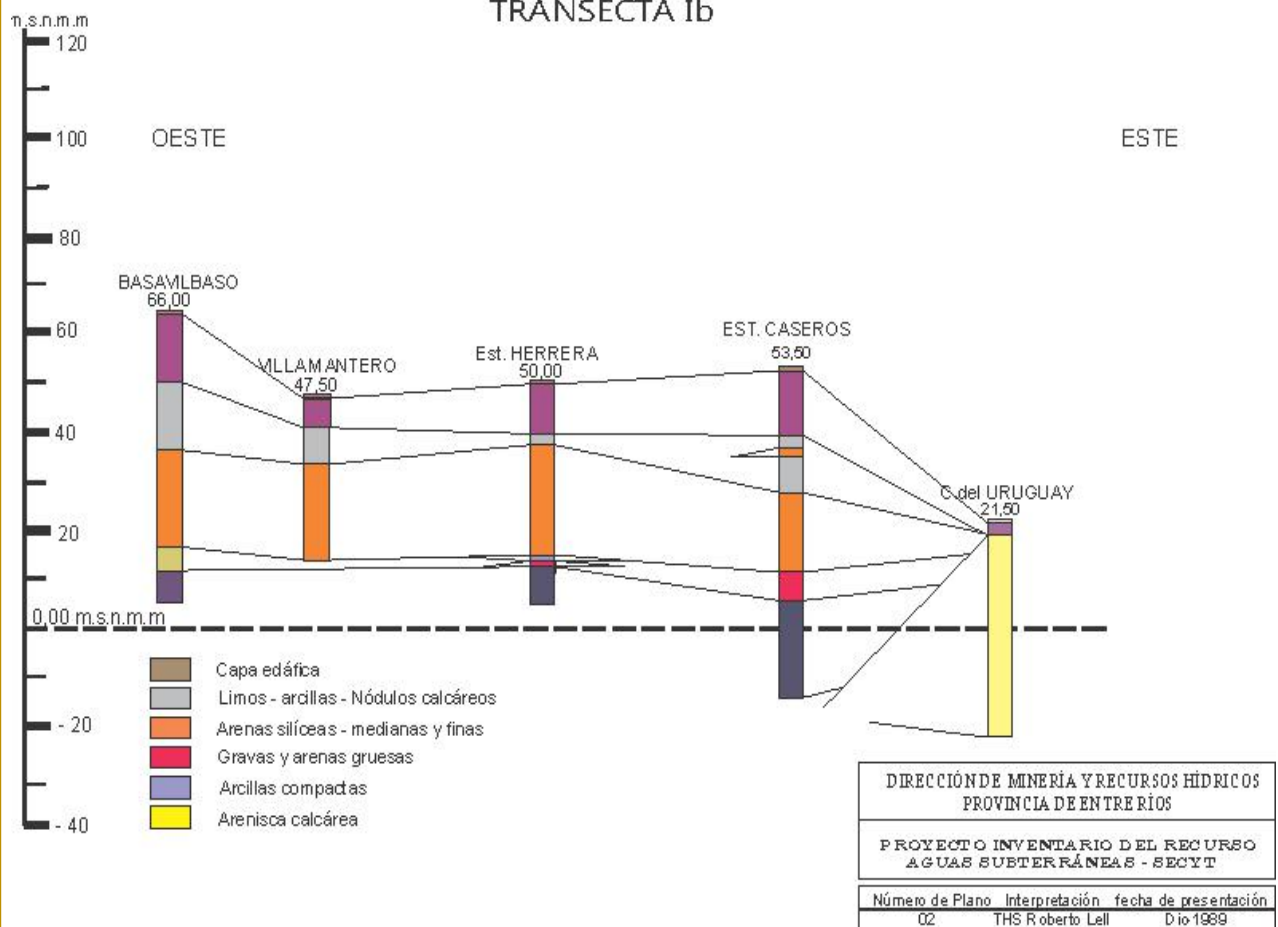
agua de lluvia, porque el agua subterránea es abundante y se obtiene fácilmente mediante una pequeña perforación.

Respecto a la calidad del agua para riego, también debe evitarse el uso de agua con fines de riego, en general, previamente debe realizarse un análisis físico químico completo. Es mas que importante, ya que hubo situaciones en que se utilizó agua con exceso de sulfatos, como otras con elevado contenido de sodio, lo cual produjo daños irreparables. El grado de tolerancia a ciertas sales es específico de cada planta, y es un condicionante a tener en cuenta. Los hidrogeológicos son conocedores de la geología estratigráfica y su relación con el quimismo que caracterizan a los acuíferos de la región.

Existen diversas herramientas para diagnosticar las condiciones geoquímicas de la zona o también puntuales. A continuación podemos ver dos perfiles geológicos tomados de perforaciones existentes en las localidades indicadas (Transecta Ib y transecta IIa) A modo de ejemplo esta técnica gráfica denota en si, los diferentes estratos en cada perforación, como a su vez la correlación horizontal ajustada a la cota topográfica. Con solo saber que un determinado estrato sedimentario se posiciona a lo largo de la transecta en estudio, podemos suponer que existe un elemento guía que nos revela la presencia de otros estratos subyacentes o suprayacentes. La triangulación de transectas ofrece mayor información y puede servir como medio de corroboración.

Otro elemento guía que puede corroborar la presencia del acuífero que exploramos, es el análisis físico-químico del agua. La interpretación gráfica señala con cierta certeza lo que se desea comparar por analogía, es determinante o no lo es.

PERFIL ESTRATIGRAFICO TRANSECTA Ib



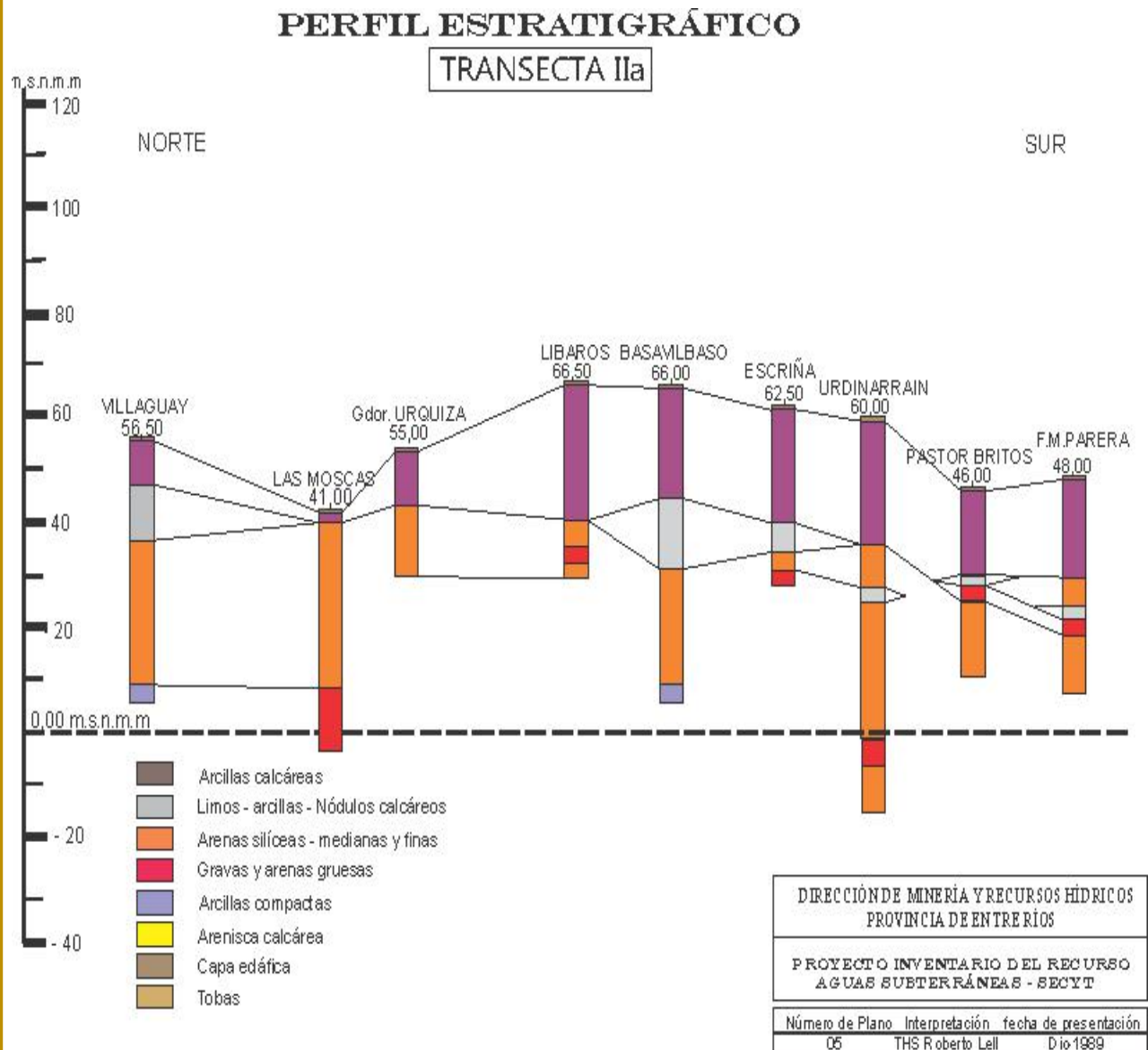


Diagrama N° 1 Representación gráfica de un análisis representativo de una perforación en la ciudad de Paraná, que se utiliza para el envasado de agua destinado al consumo humano. Por la gráfica se puede interpretar que la perforación está captando del acuífero Ituzaingó. Existen diferentes diagramas que se utilizan para comparar variaciones entre análisis de diferentes periodos, anomalías iónicas y asociaciones geoquímicas naturales.

Los diagramas Stiff son muy utilizados en mapas hidrogeoquímicos, porque definen diferencias zonales o regionales. Dirección del flujo subterráneo, evolución y contactos con puntos de contaminación antrópica.

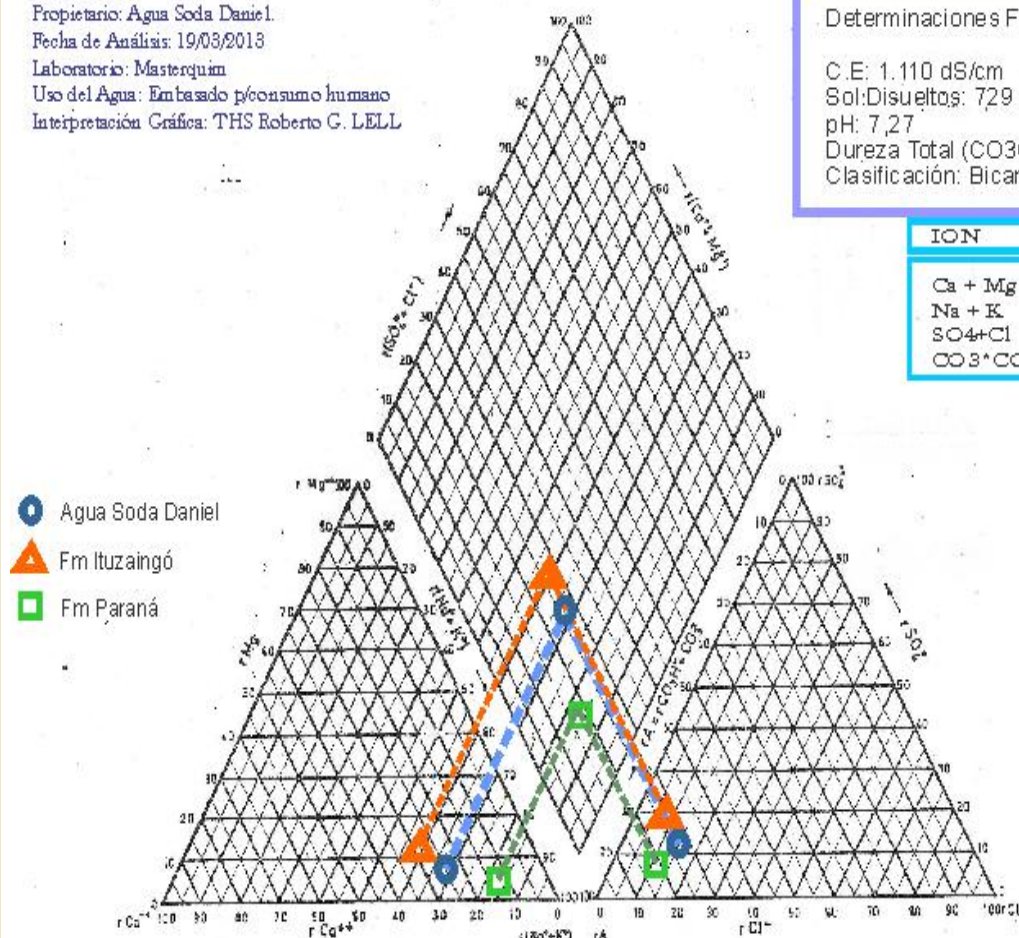
DIAGRAMA PIPER-HILL-LANGELIER

Fuente de Agua: Perforación N° 2
Lugar calle N°
Propietario: Agua Soda Daniel
Fecha de Análisis: 19/03/2013
Laboratorio: Masterquim
Uso del Agua: Empleado p/consumo humano
Interpretación Gráfica: THS Roberto G. LELL

Determinaciones Físico-Químicas

C.E: 1.110 dS/cm
Sol: Disueltos: 729 mg/l
pH: 7,27
Dureza Total (CO₃Ca): 241 mg/l
Clasificación: Bicarbonatada Sódica

ION	%
Ca + Mg	34,7
Na + K	65,3
SO ₄ +Cl	26,2
CO ₃ +CO ₃ H	65,8



El agua antes de ser envasada es desalinizada por medio del sistema de membranas de ósmosis inversa. La desventaja es que no realiza una desalinización selectiva, sino que retiene todas las sales.

En proyectos de riego aplicado a cultivos agrícolas, es conveniente determinar el RAS (Relación Adsorción de Sodio), o el CIC (Capacidad de intercambio Catiónico). Los procesos de intercambio iónico en los suelos depende de diversos factores.

Génesis del suelo, estructura y textura, minerales presentes en el suelo y el agua de riego, pH, temperatura, uso del suelo y el manejo agronómico en relación al tiempo y de las tecnologías aplicadas a los cultivos. Para ello necesario determinar mediante análisis de suelo como del agua de riego, el potencial de intercambio que se produce en laboratorio, a los fines de prevenir la salinización del suelo.

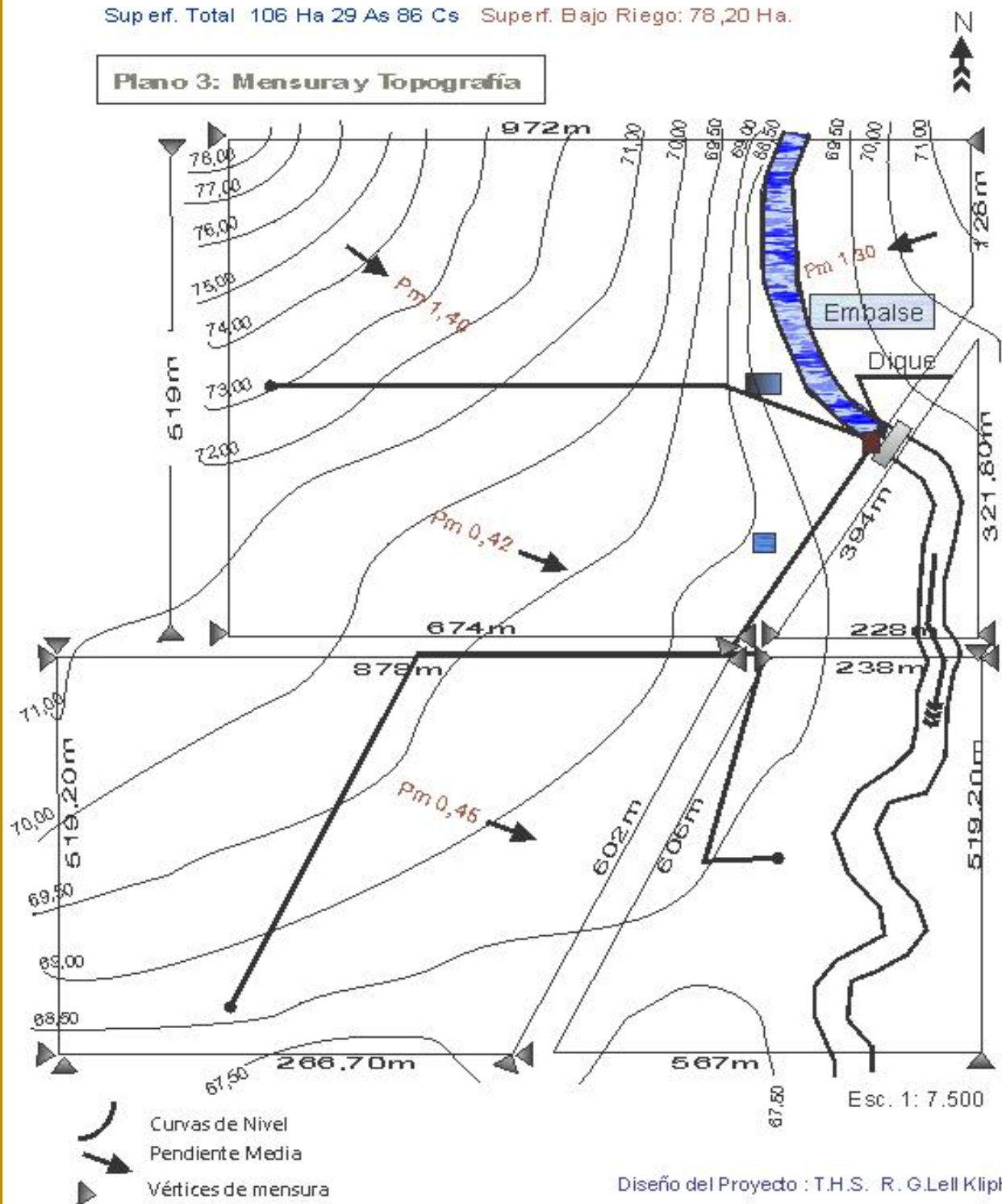
En el siguiente ejemplo, se puede ver un diseño de proyecto de riego mediante equipos enrolladores con cañón aspersor, que tiene por objeto producir pasturas y granos (Sorgo, maíz y avena) destinado a la alimentación de vacas lecheras. En este trabajo, se prevé la captación de la escorrentía pluvial encausada, construyendo un terraplén de cierre con un equipo tractobomba que presuriza el agua hasta la toma del cañón. Por la topografía del campo, ha sido necesario un relevamiento planialtimétrico con equidistancia vertical de 1,00 m. La importancia radica en definir el trazado de la cañería de distribución, que contempla como principio de eficiencia respetando la menor diferencia de altitud y longitud.

Proyecto de Riego Sistema Presurizado

Est. "M - GA" Colonia Crespo - Dpto. Paraná

Superf. Total 106 Ha 29 As 86 Cs Superf. Bajo Riego: 78,20 Ha.

Plano 3: Mensuray Topografía

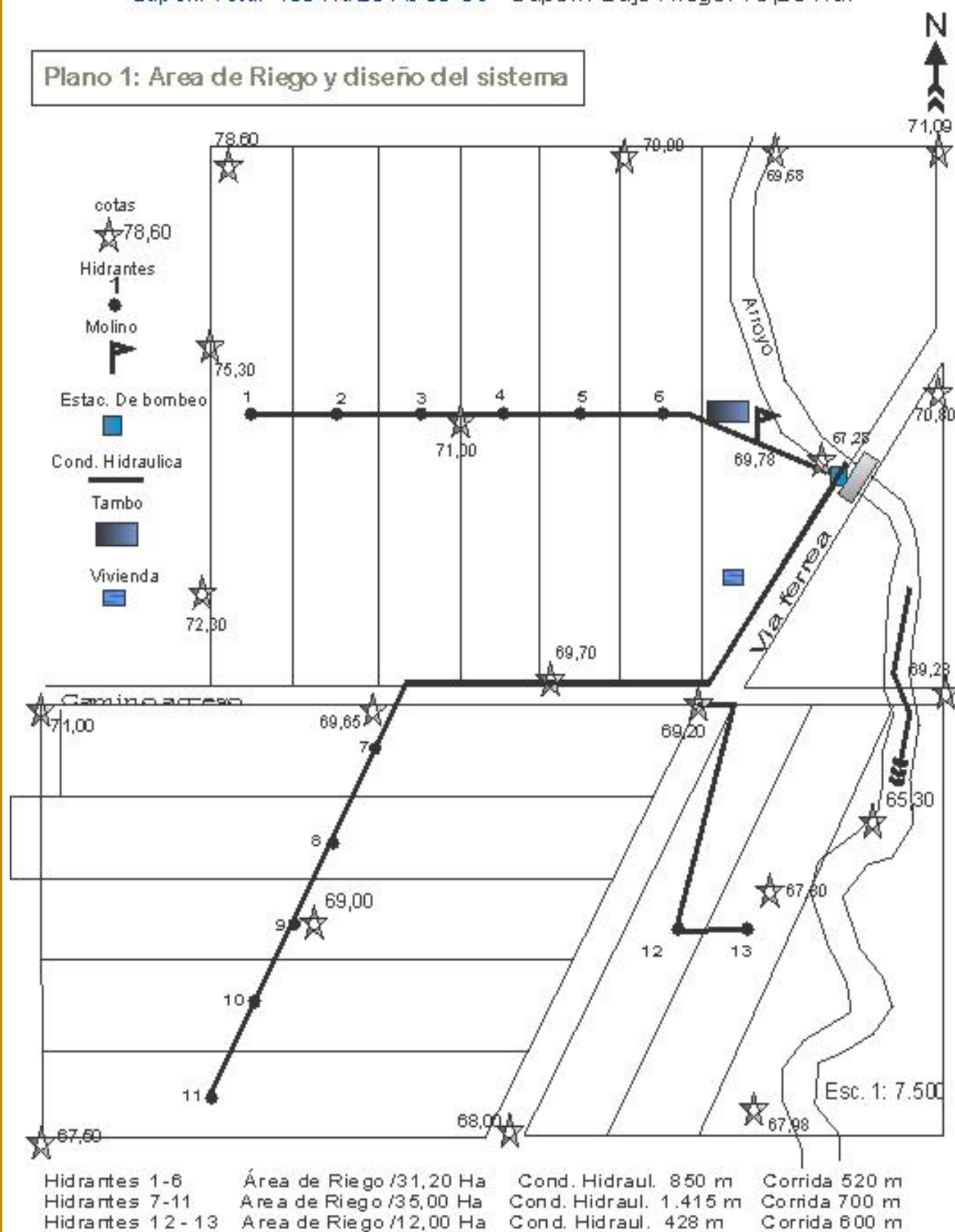


Proyecto de Riego Sistema Presurizado Est. "VI - GA" Colonia Crespo - Dpto. Paraná

Equipo: Enrollador c/ cañon viajero

Superf. Total 106 Ha 29 As 86 Cs Superf. Bajo Riego: 78,20 Ha.

Plano 1: Area de Riego y diseño del sistema



Diseño del Proyecto : T.H.S. R. G.Lell Kliphan

ANEXO III: Impacto Ambiental y Salud Pública..

El agua contaminada puede producir efectos muy negativos, ya que provoca enfermedades humanas, miseria y hasta la muerte. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), nada menos que 4 millones de niños mueren al año como consecuencia de enfermedades diarreicas debidas a infecciones transmitidas por el agua. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son coliformes que se encuentran en las heces humanas. La escorrentía superficial y por consiguiente, la contaminación de mientes no localizadas contribuye de forma significativa al alto nivel de agentes patógenos en las masas de agua superficiales. Las deficiencias de los servicios rurales de higiene contribuyen también a la contaminación del agua subterránea. La contaminación agrícola es causa tanto directa como indirecta de efectos en la salud humana.

En principio, los agentes contaminantes involucrados en la contaminación del agua subterránea no son distintos de los que ocasionan la del agua superficial. a saber: sales normales (Cl: SO₄: Ca²⁺: Mg²⁺: Na. K), nitratos, materia orgánica (biodegradables o no). compuestos tóxicos orgánicos o inorgánicos, metales pesados, microorganismos patógenos, elementos radioactivos. etc.

Según informes de la OMS, los niveles de nitrógeno en el agua subterránea han aumentado en muchas partes del mundo como consecuencia de la "intensificación de las prácticas agrícolas" (OMS, 1993). Este fenómeno es bien conocido en algunas partes de Europa. Los niveles de nitrato han aumentado en algunos países hasta el punto de que más del 10 por ciento de la población bebe agua con niveles de nitrato superiores a la norma establecida, Más de 10 mg/l. Aunque la OMS considera que no hay ninguna vinculación significativa entre el nitrato y el nitrito y los cánceres humanos, la directriz sobre el agua potable se ha establecido con la finalidad de evitar la metahemoglobinemia, a la que están especialmente expuestos los lactantes (OMS, 1993).

❖ **Contaminación microbiológica de los cultivos alimentarios** como consecuencia del uso de agua contaminada por desechos humanos y la escorrentía procedente de las zonas de pastoreo y corrales de engorde. Este efecto está asociado tanto a la utilización del agua contaminada para regadío como a la contaminación directa de los alimentos al lavar las hortalizas y otros productos, antes de la venta, en aguas contaminadas. En muchos países en desarrollo las aguas residuales urbanas se tratan poco o nada, a pesar de lo cual los desechos urbanos se utilizan cada vez más en la agricultura de regadío bien de forma directa o previamente reciclados de las aguas receptoras. Las enfermedades más comunes asociadas a las aguas de riego contaminadas son; cólera, fiebre tifoidea, ascariasis, amibiasis, giardiasis y Escherichia coli enteroinvasiva. Los cultivos más asociados a la difusión de estas enfermedades son los que crecen a ras del suelo y se comen crudos, como coles, lechugas, fresas, repollo, acelga, etc.

❖ **Contaminación de los cultivos alimenticios con productos químicos tóxicos:**

Diversos efectos sobre la salud, en particular, tratamiento de las semillas por compuestos orgánicos de mercurio, turbidez (que limita la eficacia de la desinfección para consumo humano), etc. A esta lista se pueden sumar factores como la posible perturbación hormonal (perturbadores de las glándulas endocrinas) en peces, animales y hombres. Las hormonas son producidas por el sistema endocrino corporal. Dada la importancia decisiva de las hormonas durante las primeras fases de desarrollo, los efectos toxicológicos en el sistema endocrino tienen muchas veces repercusiones en el sistema reproductor. Si bien se ha señalado la influencia de plaguicidas como el DDT, el estudio de la perturbación de las glándulas endocrinas, está todavía dando sus primeros pasos y los datos que parecen confirmar la relación de causa a efecto no son todavía definitivos. No obstante, parece que lo más razonable es concluir que los niveles elevados de contaminantes agrícolas en los alimentos y en el agua son una característica frecuente de muchos países en desarrollo y tienen graves repercusiones, en la reproducción como así también en la salud humana. En la ciudad de La Plata, se tomaron muestras de verduras en puestos de verduleros, para someterlas a análisis y determinaron la existencia de diversos componentes tóxicos. De por sí se recomienda no comer verduras crudas.

Resumiendo en cuatro puntos, por orden de importancia conocida. los principales problemas de contaminación por actividades agrícolas éstos podrían sintetizarse en:

- Utilización inadecuada de fertilizantes nitrogenados y fosforados en zonas de riego con suelo permeable y acuíferos libres, traducida en aumentos considerables de nitratos en el acuífero.
- Elevada tasa de reciclado de aguas subterráneas en áreas de regadío intensivo.

- Vertido indiscriminado de residuos animales sobre el terreno en zonas vulnerables.
- Utilización incorrecta o exagerada de pesticidas en terrenos muy permeables con escasa Capacidad de Adsorción.
- Reuso de aguas cloacales para riego.
- Fertilización con excretas de gallinas.

ANEXO IV: Los acuíferos de la Argentina

En un mundo en el que agua se está transformando en un recurso estratégico, Sudamérica y en particular la Argentina, están en condiciones de abastecer de agua potable al mundo por varios siglos.

El **Acuífero Guaraní (AG)** constituye uno de los reservorios subterráneos de agua dulce más importantes del mundo, con una reserva estimada entre 40.000 y 50.000 km³, volumen suficiente para abastecer a la población mundial actual (6.000 millones) durante unos 200 años, a una tasa de 100 litros/día por habitante. Se desarrolla en el ámbito de la cuenca del Río Paraná en alrededor de 1.190.000 km² y es compartido en orden de extensión territorial por Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay. Brasil abarca una superficie de aproximadamente 850.000 km² (9,9% del 225.000 km² (7,8%)), en Paraguay 70.000 km² (17,2%) y en Uruguay 45.000 km² (25,5%). Las profundidades son muy variables, entre los 50 y 1.500 metros.

Con respecto a su explotación, en Brasil se emplean unos 500 pozos para el abastecimiento total o parcial de 300 ciudades de entre 5.000 y 500.000 habitantes; también se lo utiliza para la industria, el riego y la balneoterapia.

En Uruguay están operando unos 135 pozos, con caudales en surgencia de hasta 400 m³/h y con bombeo hasta 1.000 m³/h. El agua se emplea para abastecimiento humano, riego, industria, secado de grano, balneoterapia y control de heladas.

En Argentina, el uso está restringido a 7 perforaciones de 1.000 a 1.300 m, situadas en Entre Ríos, que se emplean para balneoterapia y otras más someras, de menos de 200 m, en áreas donde el acuífero aflora o se ubica a poca profundidad (Misiones y Corrientes), que se utilizan para el abastecimiento humano y el riego.

En Paraguay se lo emplea para el abastecimiento de pequeñas comunidades (menos de 4.000 habitantes) con caudales escasos, dado que se capta sólo la sección superior del mismo.

El **Sistema Acuífero Toba (SAT)** abarca en la República Argentina una superficie aproximada de 210.000 km², correspondiendo a un 7,7% de la superficie continental del territorio nacional. Incluye a las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Formosa, Chaco y Santiago del Estero.

No se conoce el número total de pozos perforados en el Sistema Acuífero Toba, sin embargo, a continuación se expresan algunas cifras orientativas. En el Chaco Boreal Salteño se han censado 447 pozos, pero en la región el número se estima que debe superar los 500. En el Chaco Austral Salteño se estima que existen otras 750 perforaciones y en la región de Termas de Río Hondo se han perforado aproximadamente 4.000 pozos. ⁷⁷Webcrawling clustering...

E. Gorbatik, H. Barrera, E. Schneider L., F. Riaño S., F. Gindre. M. D. López De Luise Ciencia y Tecnología, 12, 2012, pp. 73-82 ISSN 1850-0870

El **Sistema Acuífero Yrenda (SAY)** es un sistema hidrogeológico regional que abarca cerca de dos tercios de la Región Occidental del Paraguay y parte del chaco Argentino y Boliviano. Este acuífero incluye al "Acuífero Toba" mencionado más arriba. Es un acuífero formado por sedimentos cuaternarios y terciarios no consolidados de la Formación Chaco. La salinidad de su agua subterránea aumenta a lo largo de la dirección de flujo que es de oeste a este y su velocidad se estima

en el rango de 20 a 46 m/año. La recarga de este sistema acuífero tiene lugar en la región boliviana a través de la infiltración directa de precipitación y agua del río, en las **colinas sub-andinas**.

Proyectos de protección de acuíferos en América y Argentina Importantes organismos nacionales e internacionales han estado trabajando en los últimos años en proyectos dedicados a la protección y preservación de los acuíferos. A continuación se mencionan los de mayor relevancia:

- **El proyecto Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata:** está siendo desarrollado por los gobiernos de la Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y

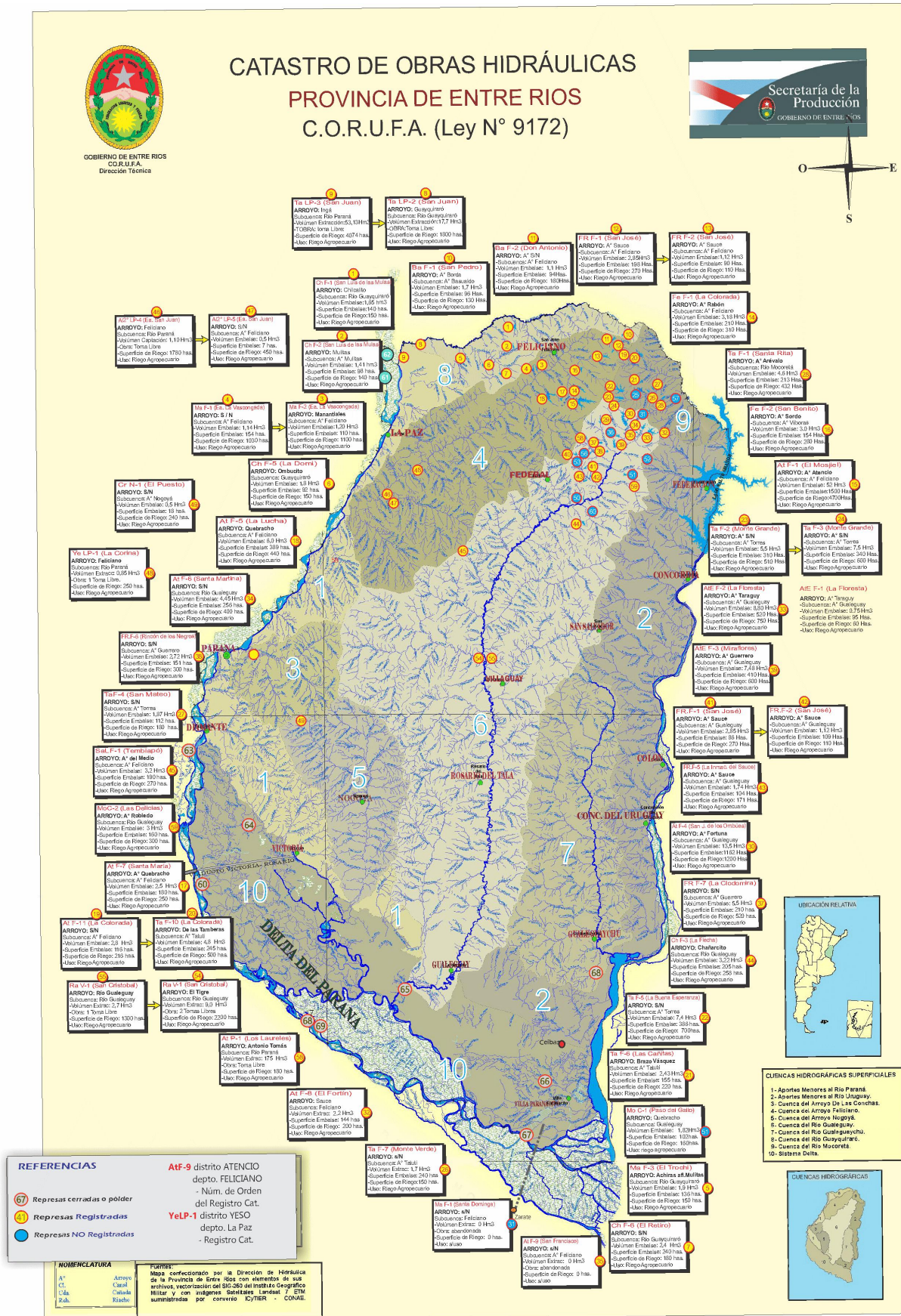
Uruguay, busca identificar prioridades de acción coordinada y establecer un marco de adaptación a los riesgos crecientes que ocasionan las grandes inundaciones y las sequías (eventos originados en los efectos de El Niño), así como prevenir la contaminación originada en las cargas sedimentarias excesivas en el estuario de La Plata.

- **El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG):** se está llevando a cabo entre los gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay y es cofinanciado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF). El Banco Mundial actúa como operador del fondo y la Organización de Estados Americanos (OEA) es la Agencia Ejecutora. Las contrapartes nacionales son atendidas con aportes en servicios, infraestructura y personal de las reparticiones involucradas. El SAG es el primer proyecto de las Américas dedicado a los acuíferos transfronterizos y una de las primeras iniciativas del mundo en la que varios países están involucrados.
- ✓ **La OEA/UDSMA,** además, conjuntamente con el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, está ayudando a coordinar el desarrollo y ejecución en las Américas del **Programa UNESCO/OEA ISARM2 Américas (Acuíferos Transfronterizos de las Américas)** que apunta a mejorar la comprensión y el intercambio y comunicación en temas científicos, 78E. Gorbatić, H. Barrera, E. Schneider L., F. Riaño S., F. Gindre. M. D. López De Luise Webcrawling clustering... Ciencia y Tecnología, 12, 2012, pp. 73-82 ISSN 1850-0870 socioeconómicos, legales, institucionales y ambientales relacionados con el manejo de los acuíferos transfronterizos.
- **Normativa Internacional aplicable a los acuíferos**
Durante las últimas décadas los organismos nacionales e internacionales especializados en protección ambiental y desarrollo sustentable han elaborado diversas normativas, que se han aplicado al cuidado y manejo de los acuíferos. De esta forma, se ha comenzado a generar un marco normativo, que debe ser respetado tanto por los Estados que poseen estos recursos hídricos en su territorio, como así también por el resto de la comunidad internacional. A continuación, se presenta una síntesis de dichas normativas y sus puntos de mayor relevancia:
 - ❖ **Resolución 1803 (XVII) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, relativa a la soberanía permanente sobre los recursos naturales** aprobada el 14 de diciembre de 1962.
 - ❖ **Resolución 63/124 aprobada por la Asamblea General sobre el derecho de los acuíferos transfronterizos.** La misma fue sancionada en el 11 de diciembre de 2008 y menciona los factores de mayor importancia para la protección de los acuíferos transfronterizos por parte de los Estados que los poseen.
 - ❖ **Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, Estocolmo.** Fue elaborada entre del 5 al 16 de junio de 1972 con el objetivo de ofrecerle a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio ambiente.
 - ❖ **Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.** Fue elaborada del 3 al 14 de junio 1992, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas y procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial.
 - ❖ **Cumbre sobre Desarrollo Sostenible en las Américas, de Santa Cruz de la Sierra.** Se llevó a cabo entre del 7 al 8 de diciembre de 1996. En la misma, se asumió el compromiso de poner en ejecución el primer Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible de las Américas con base en los principios de la Declaración de Santa Cruz de la Sierra, con el propósito de superar los más apremiantes problemas que afrontan nuestros pueblos y asegurar un nivel de vida adecuado y digno para las generaciones presentes y futuras. 79Webcrawling clustering... E. Gorbatić, H. Barrera, E. Schneider L., F. Riaño S., F. Gindre. M. D. López De Luise Ciencia y Tecnología, 12, 2012, pp. 73-82 ISSN 1850-0870
 - ❖ **Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo.** Se llevó a cabo del 2 al 4 de septiembre de 2002 con el objetivo de tratar las problemáticas ambientales y sociales existentes a nivel mundial, de forma de poder hallar un desarrollo sostenible a las actividades que realiza el hombre.

- ❖ **Tratado de la Cuenca del Plata.** fue realizado entre los Gobiernos de las Repúblicas de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, en Brasilia, el 22 y 23 de abril de 1960 para mancomunar esfuerzos con el objeto de promover el desarrollo armónico y la integración física de la Cuenca del Plata y de sus áreas de influencia directa y ponderable.
- ❖ **Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR.** Fue realizado en Asunción el 21 de junio de 2001 entre la República Argentina, la República del Brasil, la república del Paraguay y la República Oriental del Uruguay con objetivo de cooperar con la protección del medio ambiente y la utilización sustentable de los recursos naturales, con vistas a alcanzar una mejor calidad de vida y un desarrollo económico, social y ambiental sustentable.
- ❖ **Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní.** El 2 de agosto de 2010, en la provincia de San Juan, República Argentina, se firmo un acuerdo entre la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay, la República Argentina y la República Oriental del Uruguay, con el propósito de ampliar el alcance de sus acciones concertadas para la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos transfronterizos del Sistema Acuífero Guaraní, que se encuentra localizado en sus territorios.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTOLINI, J.C. LELL, R. G. y TOMAS, M. A. (1.989), Inventario del Recurso Aguas de la Provincia de Entre Ríos.
- BERTOLINI, J.C. (1995), Mapa Geológico de la Provincia de Entre Ríos. Secretaría de Minería. Gobierno de Entre Ríos. (Buenos Aires). Mapa Esc. 1:500.000.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. Agua Subterránea. (Tomos I y II).
- Aceñolaza, F. G. Consideraciones estratigráficas sobre el terciario marino de Paraná y alrededores. Acta Geológica Lilloana 13: 91-118. (1976).
- GONZALEZ C, TABARES H. LELL, R.G. "Guía de Riego para el Producto". Dirección General de Desarrollo Agrícola y Recursos Naturales. (1997).
- LELL, R. G. "Estudio del Efecto Hidráulico por Bombeo de la Perforación N° 9. Interferencia entre conos de abatimiento". Inédito. Municipalidad de Gualeguay. Dirección de Minería y Recursos Hídricos. Departamento Hidrogeología (1990).
- LELL, R. G. "Proyecto y ejecución de obras de riego con equipamiento automatizado" Pívor Central y abastecimiento desde Arroyo Feliciano en establec. San Juan. Dpto. La Paz, Entre Ríos. (1997)
- LELL, R. G. Ensayos de Bombeo y Recuperación en la Prov. De Entre Ríos Conv. Dirección. de Hidráulica - C.F.I (1998-99)
- LELL R. G. MILDENBERGER, M. – Dirección de Agricultura. Medición de Parámetros Hidráulicos del Sistema de Riego Presurizado "Establecimiento La Maqueta". (2.003).
- LELL, R. G. Estudio integral y replanteo Obras de Defensa, Drenaje Superficial y Subterráneo. Establecimiento "Isla Irupé". Dpto. Victoria. Prov. de Entre Ríos. (2.009) inédito.
- LELL, R. G. Obras de Defensa y Drenaje "Est. Vuelta del Sur", Dpto. Gualeguay- Entre Ríos . (2012). Inédito.
- LELL R. G. Correlación Estratigráfica entre perforaciones de YPF y perforaciones termales en Entre Ríos. (2013)
- LELL, R. G. Relevamiento de datos estratigráficos y químicos de perforaciones en cabeceras departamentales y Jurisdicciones intermedias. Provincia de Entre Ríos. (2013-15). Informes parciales inéditos.
- LELL, R. G. Los Recursos Hídricos Subterráneos en la Provincia de Entre Ríos - Argentina. Tomo I (inédito; 2016).
- LELL R. G. Entre Ríos, Naturaleza Hídrica y Potencialidad Económica-Productiva. Tomo II (inédito; 2019).



CATASTRO DE LAS OBRAS DE REPRESAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES CON FINES DE RIEGO - PROVINCIA DE ENTRE RIOS - ARGENTINA. -CORUFA - Edic. 2021

18

☐ Sólido
☐ Líquido
☐ Gas
☐ Sintético

Fuente: RSEQ / Pascual Román
Asesoramiento: Gabriel Pinto