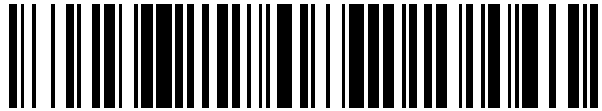


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 399**

51 Int. Cl.:

**G06Q 10/04** (2012.01)  
**G06Q 50/06** (2012.01)  
**E21B 43/00** (2006.01)  
**E03B 3/06** (2006.01)  
**G06F 3/05** (2006.01)  
**E03B 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2017 PCT/FR2017/052124**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2018 WO18020181**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2017 E 17754420 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2020 EP 3455452**

54 Título: **Procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible de una fuente de agua subterránea**

30 Prioridad:

**29.07.2016 FR 1657370**  
**20.12.2016 FR 1662916**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.08.2020**

73 Titular/es:

**VEOLIA ENVIRONNEMENT-VE (100.0%)**  
**21 rue de la Boétie**  
**75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**KECH, SÉBASTIEN;**  
**MARTIN, VINCENT;**  
**DECHESNE, MAGALI y**  
**MANDEL, PIERRE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 780 399 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible de una fuente de agua subterránea

5 La invención está relacionada con un procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible de una fuente de agua subterránea, estando dicho volumen de agua extraído en un punto de extracción y estando el estado hidrogeológico de la fuente de agua subterránea calificado por unas mediciones de cotas piezométricas en un piezómetro de referencia.

10 Campo técnico

15 Hoy en día, las órdenes de limitación de los usos del agua reflejan unas tensiones recurrentes sobre los recursos de agua subterráneos y, en concreto, sobre las capas freáticas, en período de estiaje. Estas tensiones están exacerbadas por la estacionalidad de las necesidades de agua vinculadas al riego agrícola o a la afluencia turística para la alimentación de agua potable. Para un sistema de producción de agua, estas tensiones pueden generar unos costes de explotación suplementarios vinculados a unas compras de agua, unos costes de bombeo o unos costes de tratamiento. El contexto del cambio climático podría amplificar estas tensiones a medio plazo.

20 El volumen de agua extraíble de un recurso de agua subterránea es, a menudo, difícil de estimar debido a la complejidad de los hidrosistemas, pudiendo el recurso de agua subterránea ser, por ejemplo, una capa freática contenida en un acuífero.

25 Estado de la técnica

Existen unos numerosos procedimientos de determinación de un volumen extraíble a escala de un recurso de agua subterránea. Por ejemplo, el documento US2010/193183 describe un procedimiento de gestión de la explotación de un acuífero. Pero la dificultad consiste en evaluar el volumen de agua realmente disponible en una obra de extracción de la fuente de agua subterránea, es decir, al nivel de un sistema de producción de agua constituido por una captación de agua subterránea (punto de extracción) o por un conjunto de captaciones (puntos de extracciones) que forman un campo de captación. La estimación de este volumen extraíble depende de las características de la captación ella misma y de las características hidrodinámicas locales de la fuente de agua subterránea.

35 La estimación de un volumen extraíble a escala de un sistema de producción de agua que moviliza una o varias captaciones de agua subterránea depende a la vez del volumen de agua extraíble en el recurso de agua subterránea y de la configuración de las captaciones ellas mismas. En teoría, solo un modelo espacial 2D o 3D permitiría efectuar este género de simulaciones y simular una serie de datos piezométricos prospectivos en un punto dado de la fuente de agua subterránea. Este tipo de herramienta es compleja de implementar, pero existen, igualmente, unos procedimientos simplificados gráficos, estadísticos y/o analíticos que permiten estimar un volumen extraíble para una perforación dada.

40 Unos procedimientos utilizados actualmente distinguen varios términos para definir los límites de un recurso o de un sistema de producción: límite hidrogeológico, límite potencial, límite del recurso/sistema y "Deployable Output" ("Salida Desplegable").

45 Hay que señalar que la "Deployable Output" ("Salida Desplegable") corresponde al volumen de agua bruta que se puede poner en distribución después de tratamiento, a partir de uno o varios recursos, teniendo en cuenta, para una demanda de agua determinada:

- 50 - los límites hidrogeológicos,
- las restricciones físicas y operativas (debidas a las capacidades físicas de las infraestructuras de bombeo, transporte y tratamiento, a las restricciones hidráulicas en términos de altura de agua a respetar o de presión mínima/máxima),
- 55 - las restricciones de calidad de agua (períodos asociados a un deterioro de la calidad de agua o nivel diana a no drenar para unos acuíferos, etc.),
- las restricciones regulatorias (autorizaciones de extracción).

60 Hay que señalar, igualmente, que cada uno de estos parámetros puede constituir un factor limitante para la "Deployable Output" ("Salida Desplegable"). Una vez que la "Deployable Output" ("Salida Desplegable") ha sido determinada, las pérdidas de agua y exportaciones se sustraen y las importaciones se añaden, con el fin de obtener los volúmenes disponibles de distribución. No obstante, este enfoque no es satisfactorio, ya que no proporciona más que un valor único y muy conservador del volumen máximo extraíble.

65 Otros procedimientos se basan en una estimación del límite explotable a largo plazo de una perforación. Por ejemplo, para un acuífero cautivo, unos procedimientos analíticos permiten calcular un límite de explotación seguro teórico. Este límite representa, generalmente, el flujo que se puede mantener durante una duración larga, sin franquear la

detracción disponible. Hay que señalar que la detracción disponible corresponde a la diferencia entre el nivel de agua en ausencia de bombeo y la cota del techo del acuífero cautivo. Este límite se considera, entonces, como un indicador, en lugar de como un valor límite fiable.

- 5 No obstante, los procedimientos actualmente utilizados y dedicados a la estimación del volumen máximo extraíble sobre los puntos de extracción de agua subterránea sobre una duración larga proporcionan unas estimaciones muy seguras, ya que las captaciones, generalmente, no se explotan en continuo y los acuíferos se recargan en paralelo. La aplicación de estos procedimientos sobre unas duraciones tan largas, por ejemplo, veinte años, es poco realista, ya que las condiciones de aplicabilidad sobre unas duraciones de este tipo ya no se satisfacen. Por lo demás, estos procedimientos suponen una extracción de flujo constante a todo lo largo de esta duración larga, lo que es, igualmente, poco realista. En otros términos, los procedimientos utilizados actualmente no responden a los objetivos buscados, ya que proporcionan un valor único de volumen máximo extraíble, no actualizado en función de la situación hidrogeológica.
- 10
- 15 Por lo tanto, existe una necesidad real de proporcionar un procedimiento que remedie estos defectos, inconvenientes y obstáculos de la técnica anterior. En particular, existe una necesidad de proporcionar un procedimiento que permita responder al conjunto de las expectativas, en concreto:
- la evaluación de un volumen de agua subterránea extraíble realista y no simplemente seguro;
  - 20 - la evaluación de un volumen de agua subterránea extraíble variable en el tiempo según las diferentes restricciones;
  - una utilización simple, aplicable a un gran número de captaciones.

#### Descripción de la invención

25 Para resolver uno o varios de los inconvenientes citados anteriormente, la invención tiene como objeto un procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible de una fuente de agua subterránea, estando dicho volumen de agua extraído en un punto de extracción y estando el estado hidrogeológico de la fuente de agua subterránea calificado por unas mediciones de cotas piezométricas en un piezómetro de referencia, estando dicho procedimiento caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- 30
- a) medición en continuo por un primer sensor de nivel de cotas piezométricas sobre el punto de extracción, disponiendo dicho sensor de un primer historial de datos disponible sobre una duración predeterminada cumplida;
  - b) medición en continuo por un segundo sensor de nivel de cotas piezométricas en el piezómetro de referencia, disponiendo dicho segundo sensor de un segundo historial de datos disponible sobre la duración predeterminada cumplida;
- 35

comprendiendo dicho procedimiento, además, las siguientes etapas implementadas por una máquina de cálculo:

- c) tratamiento de los datos del primer sensor de nivel para crear una crónica de cotas piezométricas pseudoestáticas y una crónica de cotas piezométricas dinámicas sobre la duración predeterminada cumplida;
  - d) determinación de una crónica de detracciones en el punto de extracción sobre dicha duración predeterminada cumplida, estando una detracción definida como que es la diferencia, en un momento dado, entre la cota piezométrica pseudoestática y la cota piezométrica dinámica;
  - e) determinación de valores de transmisividad aparentes en el punto de extracción, que permiten reproducir de la mejor manera la crónica de detracciones determinadas sobre dicha duración predeterminada cumplida, utilizando la relación analítica de Cooper-Jacob, con el fin de asociar un valor de transmisividad aparente a diferentes clases de cotas piezométricas pseudoestáticas, constituyendo la asociación una primera relación;
  - f) determinación de un nivel crítico de explotación en dicho punto de extracción;
  - g) selección de un piezómetro de referencia que dispone de mediciones de cotas piezométricas sobre dicha duración predeterminada cumplida;
  - h) cálculo de medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y de las cotas piezométricas medidas en el piezómetro de referencia sobre dicha duración predeterminada cumplida;
  - i) determinación de una segunda relación entre dichas medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y las medias temporales de dichas cotas piezométricas medidas en el piezómetro de referencia sobre dicha duración predeterminada cumplida;
  - 55 j) determinación de una detracción máxima admisible para cada valor de cota piezométrica pseudoestática, estando una detracción máxima admisible definida como que es la diferencia entre una cota piezométrica pseudoestática y dicho nivel crítico de explotación;
  - k) determinación del volumen extraíble máximo admisible de dicha fuente de agua subterránea extraído en dicho punto de extracción utilizando la relación de Cooper-Jacob y dichas primera y segunda relaciones.
- 60

El recurso de agua puede ser un recurso de agua bruta subterránea, como unas fuentes, unas capas freáticas, unos karsts, explotado por una o varias captaciones. Preferentemente, el recurso de agua es una capa freática cuyo volumen de agua extraíble está determinado por el nivel piezométrico. Hay que señalar que este recurso de agua puede estar vinculado a una o varias entidades de producción de agua, tales como unas plantas de tratamiento.

65

En el sentido de la presente invención, se entiende por nivel crítico de explotación, el nivel por debajo del que la captación de agua altera la buena regeneración de agua del recurso y/o altera el material de captación.

Ventajosamente, las medias temporales son unas medias mensuales.

5 La invención tiene como objeto, igualmente, un programa informático que comprende unas instrucciones adaptadas para la implementación de cada una de las etapas del procedimiento descrito anteriormente cuando dicho programa se ejecuta en una máquina de cálculo.

10 La invención también tiene como objeto un sistema que comprende unos medios adaptados para la implementación de cada una de las etapas del procedimiento descrito anteriormente.

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue, hecha únicamente a título de ejemplo y proporcionada a título indicativo y en ningún caso limitativo.

15 Descripción detallada

Según un modo de realización de la invención, se aplica a una capa freática un procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible. El volumen de agua está extraído, entonces, en un punto de extracción que puede, por ejemplo, estar equipado con un dispositivo de captación cualquiera utilizado y conocido del estado de la técnica. El estado hidrogeológico de la capa freática está calificado, entonces, por unas mediciones de cotas piezométricas en un piezómetro de referencia.

20 Siendo el recurso de agua una capa freática, el volumen de agua extraíble que contiene está determinado, entonces, por nivel piezométrico. En esta configuración, el procedimiento de determinación por el nivel piezométrico permite tener indirectamente en cuenta la situación hidrogeológica de la capa freática y los fenómenos naturales y antrópicos que tienen un efecto sobre el estado cuantitativo del acuífero. Este método es simple, robusto y aplicable a unos acuíferos continuos, es decir, no kársticos y no fracturados y para unas múltiples configuraciones de dispositivos de captación, como las perforaciones, los pozos de desagües y los campos de captación, por ejemplo, con la excepción de las captaciones de fuentes.

25 Hay que señalar que la gestión cuantitativa de las aguas contenidas en la capa freática y la definición de volúmenes extraíbles dentro de esta capa freática necesita definir previamente unos límites espaciales del conjunto considerado. Estos límites están definidos en función de las características geológicas e hidrogeológicas locales.

30 Por ejemplo, se dispone, generalmente, de datos geológicos e hidrogeológicos de la piezometría regional, de la transmisividad o también del coeficiente de acumulación y de datos de explotación (por ejemplo, unas mediciones de nivel de agua y una cota del punto de referencia utilizado, unos volúmenes extraídos, unos flujos nominales de una o varias de las bombas).

35 La definición de volúmenes extraíbles de la capa freática necesita, igualmente, disponer de un buen conocimiento de su estado hidrogeológico, de un balance hidráulico preciso de todas las entradas y salidas de agua del sistema (naturales o antrópicas) y evaluar su capacidad de almacenamiento intrínseco.

40 Por ejemplo, se dispone como características generales de la captación de explotación, de los cortes geológicos que son unas representaciones esquemáticas de la sucesión de las formaciones geológicas sobre un perfil vertical, con indicación de las cotas asociadas o también de los cortes técnicos que son unas representaciones esquemáticas de las características y de las cotas de los equipos de una obra subterránea, por ejemplo, sobre un perfil vertical. Se pueden citar, por ejemplo, unos agujeros desnudos, las características de la preentubación y de la entubación, macizo filtrante, cimentación, protección de cabeza.

45 Por lo tanto, la gestión cuantitativa de una capa freática necesita un conocimiento de su estado, de su recarga, de las extracciones y de las necesidades.

50 Otros datos de explotación, como el número de horas diarias de bombeo y el flujo instantáneo medio diario se pueden tener, facultativamente, en cuenta, igualmente.

55 El procedimiento según la invención comprende una etapa a) que consiste en medir en continuo, por un primer sensor de nivel las cotas piezométricas sobre el punto de extracción, disponiendo dicho sensor de un primer historial de datos disponibles sobre una duración predeterminada cumplida. Es necesario disponer de valores de cotas piezométricas de la capa freática que se extiendan sobre una duración predeterminada, que puede, por ejemplo, ser de al menos dos años. Este primer sensor puede funcionar con otros sensores, con el fin de permitir ulteriormente poner de relieve unas cotas pseudoestáticas, que definen el estado de la capa freática sin la influencia de la extracción en el punto de extracción, así como unas cotas dinámicas que definen el estado de la capa freática en fase de bombeo en el punto de extracción. Estas cotas son unos valores de entrada necesarios para la implementación del procedimiento según la invención.

El procedimiento comprende, igualmente, una etapa b), realizada después de la etapa a), que consiste en medir en continuo por un segundo sensor de nivel unas cotas piezométricas en el piezómetro de referencia, disponiendo dicho segundo sensor de un segundo historial de datos disponible sobre la duración predeterminada cumplida. Esta etapa permitirá seleccionar ulteriormente el piezómetro de referencia adecuado asociado a la capa freática en la que está extraído el volumen de agua. En otros términos, esta etapa permite vincular el comportamiento de la capa freática en el punto de extracción con el comportamiento de la capa freática en el piezómetro de referencia. Esta vinculación es posible, como se verá esto en la continuación de esta descripción, comparando las medias temporales de las cotas piezométricas pseudoestáticas en el punto de extracción y las medias temporales de las cotas piezométricas en el piezómetro de referencia sobre la misma duración predeterminada cumplida.

Después de la etapa b), el procedimiento comprende una etapa c) implementada por una máquina de cálculo y que consiste en tratar unos datos del primer sensor de nivel para crear una crónica de cotas piezométricas pseudoestáticas y una crónica de cotas piezométricas dinámicas sobre la duración predeterminada cumplida.

Para hacer esto, unos datos de explotación diarios sobre la captación pueden recuperarse sobre un período de al menos dos años. Estos datos de explotación pueden, por ejemplo, informar sobre:

- la cota pseudoestática (valor de profundidad diaria máxima, en m) de la capa freática estudiada;
- la cota dinámica (valor de cota diaria mínima, en m);
- la duración diaria de bombeo (en h);
- el flujo instantáneo medio diario (en m<sup>3</sup>/h);
- el volumen extraído diario (en m<sup>3</sup>/d).

A continuación, se realiza una etapa d) y consiste en determinar una crónica de detracciones en el punto de extracción sobre dicha duración predeterminada cumplida, estando una detracción definida como que es la diferencia, en un momento dado, entre una dicha cota piezométrica pseudoestática y dicha cota piezométrica dinámica.

Después de la etapa d), se aplica una etapa e) y consiste en determinar unos valores de transmisividad aparentes en el punto de extracción, que permiten reproducir de la mejor manera la crónica de detracciones sobre dicha duración predeterminada cumplida, utilizando la relación analítica de Cooper-Jacob, con el fin de asociar un valor de transmisividad aparente a diferentes clases de cotas piezométricas pseudoestáticas, constituyendo la asociación una primera relación.

Esta primera relación puede estar determinada por la siguiente relación analítica de Cooper-Jacob:  $s(r, t) = \frac{2,303Q}{4\pi T} \log \left( \frac{2,25Tt}{r^2 S} \right)$ . Esta se utiliza habitualmente en hidrogeología cuantitativa. En concreto, permite proporcionar una estimación del volumen máximo de agua subterránea extraíble en función de la detracción, que depende ella misma del nivel piezométrico estático de la capa freática.

En particular, esta relación de Cooper-Jacob se utiliza, con el fin de calcular una detracción teórica s(r,t), fijando los parámetros necesarios para la aplicación de esta relación, es decir, la transmisividad (T), el coeficiente de acumulación (S), la distancia radial en el punto de extracción (r), la duración de la extracción diaria (t) y el flujo instantáneo medio diario (Q).

Por lo tanto, se pueden representar, a continuación, unos pares de puntos de detracción / cota piezométricas diarias pseudoestática sobre un gráfico para unos valores cercanos a flujo diario medio. El gráfico permite segmentar visualmente los valores de detracción observados según varias clases de cotas piezométricas diarias pseudoestáticas. Para cada clase, los valores de transmisividad aparente pueden ajustarse, con el fin de que el valor del indicador de desviación (comúnmente designado como RMSE por sus siglas en inglés) entre detracción observada y detracción simulada con la relación de Cooper-Jacob sea mínimo.

En una siguiente etapa f), se determina un nivel crítico de explotación en dicho punto de extracción. Hay que señalar que el nivel crítico de explotación de una captación, tal como un pozo o una perforación, puede estar condicionado por:

- la cota altimétrica superior de la parte tamizada de la entubación;
- la cota de explotación local límite de la capa freática, que puede ser:
  - o una cota de mantenimiento de cautividad de la capa freática,
  - o una cota de no invasión de bisel salado,
  - o una cota de no drenaje de una zona productiva,
  - o una cota regulatoria (piezometría objetivo, umbral de alerta...),
- la cota del tamiz de aspiración de la bomba o la cota de seguridad que activa la parada de la bomba.

La cota piezométrica más elevada, por lo tanto, la más desfavorable, puesto que minimizará la detracción máxima admisible y, por lo tanto, el volumen extraíble, será retenida como nivel crítico de explotación de la obra, anotada  $z_{nc}$ . Por lo tanto, la determinación del nivel crítico necesita disponer del corte técnico y del corte geológico de la obra y de la existencia eventual de cotas regulatorias de gestión de la capa freática. Hay que señalar que, en el caso de un campo de captación, se retendrá el nivel crítico más desfavorable y se aplicará a una captación conceptual que representará el campo de captación por un único punto de extracción. Hay que señalar que el nivel crítico de explotación puede estar fijado anteriormente y representar un umbral de alerta.

A continuación, se procede a una etapa g) de selección del piezómetro de referencia. Hay que señalar que la selección del piezómetro de referencia, que es, generalmente, un piezómetro regional de referencia, necesita listar el conjunto de los piezómetros de captación de la masa de agua subterránea de la capa freática estudiada. Estos piezómetros pueden ser identificados fácilmente consultando unas bases de datos y efectuando una búsqueda de las estaciones de seguimiento del nivel de agua por masa de agua. De entre estos piezómetros, solo se considerarán los que están en actividad y que disponen de un historial suficiente sobre una duración predeterminada cumplida (idealmente superior a 10 años). Este historial se conoce como continuación a las mediciones adquiridas por el segundo sensor.

A continuación, en una etapa h), se calculan unas medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y de las cotas piezométricas medidas en los piezómetros de referencia listados sobre dicha duración predeterminada cumplida.

Preferentemente, las medias temporales pueden ser unas medias mensuales. El piezómetro de referencia está retenido de la siguiente manera: minimización del RMSE (por sus siglas en inglés) entre media mensual de la cota piezométrica pseudoestática en la captación y la traslación de la media mensual de la cota piezométrica estática medida en el piezómetro sobre la duración de observación común.

Esta traslación (anotada  $h_{spi}$ ) se obtiene añadiendo a cada valor de la crónica mensual estática ( $h_{sp}$ ) del piezómetro, la desviación relativa entre la media de las cotas mensuales pseudoestáticas en la captación ( $\overline{h_{sc}}$ ) y la media de las cotas mensuales estáticas en el piezómetro ( $\overline{h_{sp}}$ ), como se indica a continuación:

$$h_{s_{pt}}(t) = h_{s_p}(t) + (\overline{h_{sc}} - \overline{h_{sp}})$$

En el caso de varios piezómetros con un RMSE (por sus siglas en inglés) cercano, el que dispone del historial más largo será idealmente retenido.

A continuación, en otra etapa i), se determina una segunda relación entre dichas medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y dichas cotas piezométricas medidas en el piezómetro de referencia sobre dicha duración predeterminada cumplida. Esta etapa permite, a continuación, en el caso de escenarios prospectivos sobre el estado hidrogeológico de la capa freática, determinar una media temporal de la cota piezométrica pseudoestática en la captación a partir de una media temporal de la cota piezométrica en el piezómetro de referencia utilizando dicha segunda relación.

La segunda relación, lo más a menudo lineal o constituida por varios segmentos lineales, se retendrá y permitirá expresar la cota piezométrica pseudoestática mensual media teórica en la captación en función de la cota piezométrica mensual media en el piezómetro de referencia. Esta relación empírica podrá obtenerse utilizando una o varias regresiones lineales sobre un gráfico de tipo diagrama de dispersión u otras funciones de correlación.

Después de esto, se realiza una etapa j) y consiste en determinar la detracción máxima admisible para cada valor de cota piezométrica pseudoestática, estando una detracción máxima admisible definida como que es la diferencia entre una cota piezométrica pseudoestática y dicho nivel crítico de explotación. Hay que señalar que la detracción máxima admisible se considera como que es la diferencia entre la cota piezométrica pseudoestática y el nivel crítico de explotación, es decir, el umbral de alerta. Una detracción máxima admisible más elevada autorizará un mayor volumen extraíble. La detracción máxima admisible,  $s_{m\acute{a}x}$ , variable en el transcurso del tiempo  $t$ , está definida como la diferencia entre el nivel piezométrico pseudoestático  $h_{ps}$  y el nivel crítico de explotación, anotado  $z_{nc}$ .

$$s_{m\acute{a}x}(t) = h_{ps}(t) - z_{nc}$$

La detracción máxima admisible tiene en cuenta indirectamente las extracciones y los fenómenos de recarga y descarga naturales de la capa freática. Estos últimos influyen en el nivel pseudoestático.

Luego, finalmente, se realiza una etapa k) y consiste en determinar el volumen extraíble máximo admisible de dicha fuente de agua subterránea en dicho punto de extracción utilizando la relación de Cooper-Jacob y dichas primera y segunda relaciones.

El volumen máximo extraíble  $V_{m\acute{a}x}$  se calcula, en cada paso de tiempo de la simulación, con la ayuda de la relación de Cooper-Jacob (1946) y de la relación  $T = f(h_{ps})$  obtenida durante la etapa anterior. Depende de la detracción máxima

admisibles  $s_{m\acute{a}x}$ ,

$$V_{m\acute{a}x} = Q_{m\acute{a}x} \cdot t_{exp} = \frac{4\pi T(h_{ps})s_{m\acute{a}x}}{2,303} \frac{t_{exp}}{\log\left(\frac{2,25T(h_{ps})t_{exp}}{r^2 S}\right)}$$

5

siendo  $t_{exp}$  la duraci3n máxima de explotaci3n.

10

En el cálculo del volumen máximo extraible, el valor de  $t_{exp}$  está fijado por defecto en 20 horas/día. En el caso de un campo de captaci3n, el volumen máximo extraible será el volumen extraible por el conjunto de las captaciones que contiene.

15

De este modo, este procedimiento tiene en cuenta indirectamente la situaci3n hidrogeol3gica, los efectos de recarga/descarga de la capa freática y los fen3menos naturales, que influyen en las cotas pseudoestáticas medidas en la captaci3n. Igualmente, tiene en cuenta indirectamente los efectos de las extracciones globales sobre la capa freática y las actividades antr3picas, que influyen en las cotas pseudoestáticas medidas en la captaci3n.

20

De este modo, según este método preferente según la invenci3n, es posible realizar unas previsiones de disponibilidad futura del recurso de agua, en particular, de la capa freática, basadas en:

- las tendencias hídricas conocidas día a día,
- la integraci3n como variable del cambio climático en los escenarios a medio y largo plazo.

25

El seguimiento cuantitativo de las aguas subterráneas se vigila, según el modo preferente de la invenci3n, vigilando las variaciones de nivel piezométrico de las capas freáticas. No obstante, este seguimiento cuantitativo puede vigilarse, igualmente, midiendo el flujo de las emergencias (fuentes) según la naturaleza de la captaci3n.

30

Hay que señalar que este procedimiento permite calcular un volumen máximo extraible te3rico sobre la base de una cota piezométrica pseudoestática y de un nivel crítico de explotaci3n sobre una captaci3n. Este volumen máximo extraible te3rico no es necesariamente alcanzable en condiciones de explotaci3n.

Programa informático

35

Hay que señalar que puede elaborarse un programa de ordenador que comprenda unas instrucciones adaptadas para la implementaci3n de cada una de las etapas del procedimiento descritas más arriba. De este modo, una máquina de cálculo es adecuada para ejecutar este programa de ordenador, con el fin de ganar en eficacia y en rapidez.

Sistema

40

Por otra parte, puede realizarse un sistema que comprenda unos medios adaptados para la implementaci3n de cada una de las etapas citadas anteriormente.

45

La invenci3n se ha ilustrado y descrito en detalle en la descripci3n anterior. Esta debe considerarse como ilustrativa y dada a título de ejemplo y no como limitante de la invenci3n a esta sola descripci3n. Son posibles unas numerosas variantes de realizaci3n.

En las reivindicaciones, la expresi3n "que comprende" no excluye otros elementos y el artículo indefinido "un/una" no excluye una pluralidad.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de determinación temporal de un volumen de agua extraíble máximo admisible de una fuente de agua subterránea, estando dicho volumen de agua extraído en un punto de extracción y estando el estado hidrogeológico de la fuente de agua subterránea calificado por unas mediciones de cotas piezométricas en un piezómetro de referencia, estando dicho procedimiento caracterizado por que comprende las siguientes etapas:
- 10 a) medición en continuo por un primer sensor de nivel de cotas piezométricas sobre el punto de extracción, disponiendo dicho sensor de un primer historial de datos disponible sobre una duración predeterminada cumplida;
- 10 b) medición en continuo por un segundo sensor de nivel de cotas piezométricas en el piezómetro de referencia, disponiendo dicho segundo sensor de un segundo historial de datos disponible sobre la duración predeterminada cumplida;
- 15 comprendiendo dicho procedimiento, además, las siguientes etapas implementadas por una máquina de cálculo:
- 15 c) tratamiento de los datos del primer sensor de nivel para crear una crónica de cotas piezométricas pseudoestáticas y una crónica de cotas piezométricas dinámicas sobre la duración predeterminada cumplida;
- 20 d) determinación de una crónica de detracciones en el punto de extracción sobre dicha duración predeterminada cumplida, estando una detracción definida como que es la diferencia, en un momento dado, entre la cota piezométrica pseudoestática y la cota piezométrica dinámica;
- 20 e) determinación de valores de transmisividad aparentes en el punto de extracción, que permiten reproducir de la mejor manera la crónica de detracciones determinadas sobre dicha duración predeterminada cumplida, utilizando la relación analítica de Cooper-Jacob, con el fin de asociar un valor de transmisividad aparente a diferentes clases de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas, constituyendo la asociación una primera relación;
- 25 f) determinación de un nivel crítico de explotación en dicho punto de extracción;
- 25 g) selección de un piezómetro de referencia que dispone de mediciones de cotas piezométricas sobre dicha duración predeterminada cumplida;
- 30 h) cálculo de medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y de las cotas piezométricas medidas en el piezómetro de referencia sobre dicha duración predeterminada cumplida;
- 30 i) determinación de una segunda relación entre dichas medias temporales de dichas cotas piezométricas pseudoestáticas y las medias temporales de dichas cotas piezométricas medidas en el piezómetro de referencia sobre dicha duración predeterminada cumplida;
- 35 j) determinación de una detracción máxima admisible para cada valor de cota piezométrica pseudoestática, estando una detracción máxima admisible definida como que es la diferencia entre una cota piezométrica pseudoestática y dicho nivel crítico de explotación;
- 35 k) determinación del volumen extraíble máximo admisible de dicha fuente de agua subterránea extraído en dicho punto de extracción utilizando la relación de Cooper-Jacob y dichas primera y segunda relaciones.
- 40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, según el que dichas medias temporales son unas medias mensuales.
- 40 3. Programa informático que comprende unas instrucciones adaptadas para la implementación de cada una de las etapas del procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2 cuando dicho programa se ejecuta en una máquina de cálculo.
- 45 4. Sistema que comprende unos medios adaptados para la implementación de cada una de las etapas del procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2.