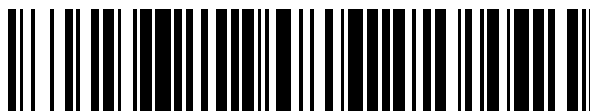


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 045**

51 Int. Cl.:
E02D 3/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06425705 .8**

96 Fecha de presentación: **13.10.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1914350**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2008**

54 Título: **Un método para homogeneizar y estabilizar un terreno mediante inyecciones**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.05.2012

73 Titular/es:
**GEOSEC S.R.L.
VIA FEDERICO II, 10
43100 PARMA, IT**

72 Inventor/es:
**Occhi, Marco;
Occhi, Andrea;
Gualerzi, Daniele y
Morelli, Gianfranco**

74 Agente/Representante:
Mir Plaja, Mireia

ES 2 380 045 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

Un método para homogeneizar y estabilizar un terreno mediante inyecciones.

5 La presente invención se refiere a un método para homogeneizar y/o re-homogeneizar las características físicas y químicas de terrenos de cimentación y/o áreas de edificación en general, destinado a combatir cualquier hundimiento posiblemente desencadenado por la modificación de las características químicas y físicas de terrenos que son particularmente sensibles a cambios en el contenido de agua o humedad que está relacionado con los mismos.

10 Se sabe que los terrenos son más o menos sensibles a cambios en su contenido de agua o humedad, especialmente debido a la acción de los ciclos climáticos estacionales, naturales, que fomentan la aparición de fenómenos de hinchamiento y hundimiento del terreno. Más particularmente, las correlaciones entre pesos/volúmenes de los diversos litotipos son exactamente las que pueden variar y diferir en función de los componentes que constituyan los terrenos en cuestión, tales como: turba, arcilla, cieno, arena, grava, o fracciones mezcladas de los mismos; de hecho, pueden variar
 15 en el tiempo de manera diferente, debido principalmente a acciones naturales tales como variaciones de condiciones del nivel, acciones mecánicas de sistemas radiculares de vegetales, cambios climáticos u otros efectos, o debido a acciones humanas, tales como la ejecución de trabajos de excavación contiguos, vibraciones, pérdidas de fluidos en el terreno u otro efecto similar, y que pueden intensificar o iniciar otros efectos posteriores o correlacionados, tales como: fenómenos de hundimiento, y los consiguientes derrumbamientos estructurales de edificios, depresión física de los
 20 terrenos y estructuras que entran en contacto con ellos, los cuales pueden aparecer incluso en terrenos que presentan buenas capacidades de soporte de carga.

Se sabe también que, para resolver problemas de hundimiento diferencial de cimentación o terrenos de edificación, actualmente se están adoptando varias técnicas en las que, más específicamente, algunas tienden a transferir las
 25 cargas de edificación sobre horizontes litológicos que presentan una mayor capacidad de sustentación, sin importar la profundidad, como en el caso de los postes, o cuerpos que se van ensanchando, para incrementar la huella de la cimentación estructural, ya que esto reduciría la carga unitaria que comunican los edificios al terreno.

Se sabe también que si estos fenómenos se producen de manera parcial y local en los terrenos de cimentación bajo la
 30 huella de los edificios, los mismos se definen técnicamente como casos de hundimiento diferencial.

Otras técnicas se basan en el concepto de buscar una mejora de la capacidad de soporte de carga del terreno de cimentación a través de la inyección de productos de cemento o formulaciones químicas, siempre expansivas, por
 35 ejemplo, la inyección de lechada (*jet grouting*), o alternativamente inyecciones de espumas de poliuretano y productos similares;

No obstante, los compuestos de cemento exigen la inyección de una gran cantidad de agua y agentes fluidificantes en un estado líquido con valores de presión medios-altos y valores de tiempo de mantenimiento que son considerablemente mayores que los relacionados con las resinas expansivas, y si los mismos se ejecutan en terrenos
 40 de cieno, arcilla o turba, se pueden dispersar fácilmente en el terreno con el que entran en contacto, mezclándose entre sí hasta el nivel de que resulte difícil comprobar su ubicación y cualesquiera efectos inmediatos de la operación, y no permiten la introducción de ninguna corrección de diseño adecuada con ningún sistema de monitorización instrumental, ni siquiera de carácter geofísico; especialmente si se realizan prospecciones geoelectricas directamente a través de los orificios de inyección hacia el terreno, según se describe en la patente EPO786673.

Por el contrario, con el método descrito en esta exposición, y justo en el contexto específico de la aplicación superficial en terrenos de cimentación, se pueden adoptar series alineadas ventajosas de electrodos y transmisores directamente en superficies circundantes de los edificios hundidos y/o en terrenos edificables prefabricados que en general se vayan a someter a pruebas, sin realizar ningún trabajo caro de excavación y/o perforaciones. Por otra parte, en el caso de la
 50 diseminación de elementos de detección y de transmisión mediante su ubicación en orificios que se realizarán en el terreno, este último resultará adecuado para este mismo fin y por lo tanto será diferente con respecto a los que se usan para inyecciones, puesto que los productos de resinas de inyección, que son de naturaleza significativamente resistiva, una vez insertados en los propios orificios que están destinados a alojar los detectores, impedirían la toma de todas las mediciones posteriores y necesarias de comparación, ya que aislarían los electrodos.

Según técnicas más recientes, las inyecciones de mezclas de cements fluidificadas a alta presión han sido sustituidas por inyecciones, realizadas con valores de presión muy bajos, de productos químicos expansivos que, en un espacio de tiempo extremadamente breve, reaccionan y se rigidizan en el terreno hasta que crean columnas endurecidas de acuerdo con niveles de inyección fijados que son diferentes entre sí y dispuestos en puntos de inyección que están
 60 separados tridimensional y regularmente unos con respecto a otros. No obstante, la desventaja que aportan es que principalmente actúan de manera "aleatoria" puesto que se aplican inyecciones sin usar sistemas que puedan verificar de forma precisa los efectos cuando el trabajo está en marcha; de hecho, estas técnicas únicamente recurren a la monitorización con instrumental situado fuera del terreno, con niveles láser y escáneres de alzado fijos en paredes y suelos que se levantan por encima del terreno que está sometido al tratamiento, y que indican que el terreno tratado se

ha reforzado a través del levantamiento exitoso de las estructuras que se alzan por encima, según se describe en la patente EP0851064.

5 Una evolución de estas técnicas consiste en el uso de resinas con una resistencia de expansión extremadamente
 10 potenciada, que sin embargo sigue estando más orientada al realce de la acción mecánica de compresión y compactación del terreno, según se describe en la patente EP1314824. Otras técnicas más recientes, que usan inyecciones de resinas expansivas, se han mejorado gracias a sistemas de cálculo empírico que, al basarse en la medición de la resistencia eléctrica entre diferentes puntos del terreno, a través de detectores que se conectan a tubos de inyección, permiten calcular el nivel de humedad y, por tanto, definir la calidad y cantidad empíricas mínimas de resina expansiva requerida para el reforzamiento, según se describe en la patente EP1536069. En el documento DE 430 48 16 A se describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

15 En cualquier caso, la experiencia actual en este campo revela que estos parámetros de evaluación (detección de productos inyectados, levantamiento de estructuras que se alzan por encima y cálculo de la cantidad mínima de resina) no se pueden considerar siempre como suficientes para garantizar el equilibrio final y el refuerzo exitoso del terreno que se está analizando, ni es posible concentrarse únicamente en la adopción de resinas que presentan una mayor resistencia de expansión, buscando así efectos de levantamiento de estructuras cada vez más mecánicos, en detrimento de los delicados equilibrios de los volúmenes de terreno situado por debajo y de la seguridad de los edificios o, como en el caso de las inyecciones de cemento, en valores de presión altos.

20 Estas desventajas existen realmente en la práctica, ya que las técnicas anteriores logran resolver los problemas de hundimiento a través de acciones que son meramente cuantitativas y mecánicas, destinadas a la búsqueda exclusiva de aumentos significativos de la capacidad de soporte de carga (denominadas acciones de refuerzo del terreno), mediante la ejecución de acciones de compresión "aleatorias", sin ningún control directo, mientras el trabajo está en marcha, sobre los efectos producidos sobre los volúmenes tratados y sobre los volúmenes contiguos no afectados por ningún hundimiento.

30 Por lo tanto, es posible alegar que estas técnicas operativas no garantizan un nivel suficiente de uniformidad de las condiciones físicas y químicas de las partes tratadas de terreno, en comparación con las de partes contiguas presentes, no expuestas a ningún hundimiento. Estas desventajas demuestran ser todavía más importantes en presencia de terrenos arcillosos, cenagosos, turbosos o partes mezcladas de los mismos; de hecho, la experiencia muestra que, modificando las presiones hidráulicas del agua en estos terrenos y creando concentraciones nuevas y niveles de saturación nuevos a través de la inyección de tan solo unos pocos kilogramos de productos expansivos, se puede lograr inmediatamente un aumento ficticio de la capacidad de soporte de carga, que se verificará fuera del terreno con el levantamiento de las estructuras; no obstante, si las partes de terreno tratadas se expusieran especialmente a una desecación estacional y a fenómenos de hinchamiento debido, por ejemplo, a condiciones meteorológicas variables de corto y medio plazo, el problema del hundimiento aparecería nuevamente, ya que seguiría estando afectado por una distribución incorrecta del contenido de agua, huecos y resinas inyectadas, debido a la falta de una monitorización eficaz de los efectos producidos.

40 Este aspecto se ve considerablemente más amplificado por el hecho de que las pruebas e indagaciones tradicionalmente adoptadas para estas técnicas son principalmente de estilo puntual y de tipo cuantitativo, destinadas a verificar el aumento de la capacidad de soporte de carga únicamente del terreno tratado, fiables principalmente en torno a la línea vertical de las propias pruebas y, en ocasiones, limitadas a métodos de interpolación matemática entre varios puntos de prospección para formular posiblemente valoraciones globales posteriores sobre el terreno no analizado todavía, con los consiguientes márgenes amplios de error e interpretación.

50 Se sabe también que una parte de terreno en la que se ha introducido incorrectamente agua a presión a través de inyecciones de resinas expansivas ofrece, de manera inmediata, valores de resistencia mecánica aparentemente satisfactorios para la prueba de tipo puntual antes mencionada, pero que son de tal naturaleza que conducen a resultados erróneos. De hecho, cuando el contenido de agua a presión que se encuentra en el terreno, posteriormente se diluye y dispersa lentamente de acuerdo con el tiempo y los modos que son principalmente una función del tipo de litología y de las condiciones climáticas locales, se puede observar fácilmente que el hundimiento diferencial reaparece. Por otra parte se sabe que la realización de inyecciones de resinas expansivas, sin llevar a cabo un control cuidadoso sobre los efectos combinados y tales que puedan producir posibles concentraciones incorrectas de volúmenes de agua subterráneos y por debajo de los cimientos, resulta ser extremadamente peligrosa incluso desde el punto de vista de la seguridad sísmica, puesto que se podrían generar las condiciones justas para fomentar la aparición de fenómenos de licuefacción del terreno.

60 Por esta razón se puede establecer que estas técnicas actuales ofrecen amplios márgenes de interpretación y aproximación, ya que carecen de sistemas para ejercer un control directo sobre los efectos que produce la inyección de resinas en el terreno, en detrimento de la precisión, fiabilidad y duración requeridas de las operaciones con el paso del tiempo.

El objetivo de esta invención es ofrecer un método para combatir el hundimiento de los terrenos, que permita modificar activamente los parámetros operativos (alturas, cantidad y secuencia de ciclos de inyección, características de las resinas y/o mezclas de resina, consistencia de las resinas inyectadas, temperaturas de reacción de los productos inyectados, capacidad de absorción de agua, y otros) mientras el trabajo está en marcha, basándose de forma extremadamente cuidadosa y con mucha atención en el control directo sobre los efectos producidos por inyecciones secuenciales en partes seleccionadas de terrenos afectadas por hundimiento y monitorizando ventajosamente los cambios de características químicas y físicas de las propias partes tratadas mediante comparación con las correspondientes de partes contiguas no afectadas por ningún hundimiento, las cuales se toman como partes de referencia; esto tiene la mera finalidad material de remediar todas las desventajas enumeradas anteriormente y que se pueden encontrar en las técnicas operativas que se conocen en la actualidad.

Por esta razón, las partes no homogéneas y/o no uniformes de terreno se detectan y monitorizan básicamente por medio de sistemas de prospección geofísica conocidos cuyo diagnóstico no se ocupa de la búsqueda de pruebas para incrementar la capacidad de soporte de carga de terrenos, sino que se usa para detectar, de una manera sensible, el efecto de la acción expansiva de resinas inyectadas en puntos seleccionados de terrenos tratados que, en una primera instancia, demostraron ser no uniformes y provocaron hundimientos, actuando sobre parámetros de evaluación cualitativos tales como la resistividad y la conductividad eléctricas.

La invención resuelve el problema a través de un método para homogeneizar y/o re-homogeneizar las características físicas y químicas de terrenos de cimentación, que puede combatir todo hundimiento diferencial del terreno debajo de los edificios existentes o en áreas edificables, y que consiste en la ejecución de pluralidades de orificios seleccionados, en la parte de terreno que se ha hundido o que necesita someterse a prueba, a través de los cuales se pueden inyectar sustancias químicas expansivas eficaces, con tubos especiales y también simultáneamente, incluso en presencia de agua y/o humedad, siendo tales estas sustancias que pueden: afectar a las correlaciones de peso/volumen de las diversas fases que constituyen el terreno, homogeneizar y uniformizar las características químicas y físicas de las partes tratadas con respecto a las de partes contiguas de terrenos tomadas como partes de referencia y que no están afectadas por un hundimiento diferencial, y comprobar las condiciones iniciales y los efectos logrados a través de la disposición en el terreno, incluyendo el que se va a homogeneizar, de series de electrodos de prospección instrumental geoelectrónica, que están separados y espaciados convenientemente con respecto a los tubos de inyección anteriores, destinados a medir la resistividad y la conductividad eléctricas a velocidades preestablecidas antes, durante y después de cada inyección, hasta que se alcanza la uniformidad deseada de las partes tratadas de terreno. Por otra parte, la definición de la posición de los puntos de inyección, la secuencia de inyecciones, la cantidad de resinas expansivas y sus características de reacción se evalúan y cambian basándose en los efectos reales que se detectan, mientras el trabajo está en marcha, en las propias partes de terreno, durante las inyecciones seleccionadas, de manera que la condición de las partes tratadas se compara periódicamente con la condición que precede a la última inyección realizada, hasta que el terreno se homogeneiza satisfactoriamente. El método determina que, cuando los valores de conductividad o resistividad eléctrica medidos previamente en las partes de terreno afectadas por un hundimiento diferencial se modifican de tal modo que se homogeneizan, en conjunto, con los correspondientes de las partes contiguas de terreno no afectadas por el hundimiento y tomadas como partes de referencia, el objetivo se considera como logrado y se interrumpen las inyecciones de sustancias expansivas. En la búsqueda de la reducción o eliminación del hundimiento diferencial del terreno, se puede intervenir de manera ventajosa y económica aprovechando sistemas de acción integrados que añaden inyecciones seleccionadas de productos químicos, incluso expansivos, y también eficaces en presencia de agua y/o humedad, para dirigir el control, mientras el trabajo está en marcha, sobre los efectos producidos por medio de prospecciones geoelectrónicas tomográficas tridimensionales, y que permiten introducir los cambios requeridos en el proyecto inicial basándose en los datos que se miden constantemente en la monitorización global y se comparan con los correspondientes de los terrenos contiguos que no están afectados por el hundimiento, con el fin de completar y/o corregir directamente los inconvenientes de los elementos primitivos disponibles mientras el trabajo está en marcha. Por otra parte, puesto que la monitorización adoptada llega al nivel tridimensional (3D), se pueden detectar las condiciones eléctricas del terreno que se está analizando, junto con los efectos consiguientes producidos por las inyecciones seleccionadas de resinas expansivas en el mismo, incluso y particularmente por debajo de la huella de los edificios, sin ninguna necesidad de excavar o derribar nada con fines relacionados con la inspección y el diagnóstico tradicionales.

En última instancia, por medio de esta invención, se puede obtener una reducción significativa y/o la desaparición total del hundimiento diferencial del terreno, para fomentar una optimización significativa de los costes y beneficios finales, con resultados duraderos con el paso del tiempo, y evitando la creación involuntaria de otros problemas que podrían provocar desequilibrios no deseados en el terreno en un intento por resolver problemas individuales.

Otras ventajas prevén:

- intervenciones de alta precisión, con un carácter invasivo minimizado de operaciones y una perturbación pequeña del equilibrio de los terrenos tratados;

- la posibilidad de definir de manera más precisa las cantidades y características requeridas de los productos y/o mezclas de productos – incluso de tipo expansivo – que es necesario inyectar, en función de los efectos reales que se miden constantemente mientras el trabajo está en marcha en el conjunto completo de partes de terreno tratadas;
- mediciones de alta precisión gracias a la distribución de electrodos, que son diferentes y están separados de los tubos de inyección tradicionales;
- optimización del tiempo de intervención;
- sin excavaciones y/o demoliciones;
- reducción de todos los efectos colaterales sobre los edificios, debido a la expansión de resinas y a sus acciones mecánicas.

La invención se describe minuciosamente en ejemplos de aplicaciones, que no limitan la invención a las formas precisas dadas a conocer por ellas, en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la fig. 1 es una vista en sección del contexto de edificación/terrenos de un ejemplo de carencia parcial de homogeneidad del terreno por debajo de una parte de edificación, y
la fig. 2 es una vista en sección del contexto típico de una técnica de inyección seleccionada de acuerdo con la invención, en asociación con sistemas de detección, monitorización y procesado de datos.

Las figuras representan un ejemplo práctico de un edificio 1 con una cimentación 2, situado en un terreno 3 que en general no está afectado por hundimientos, excepto por las partes/volumenes no homogéneos 4 cuyo hundimiento ha producido grietas 5 en las paredes concurrentes de una esquina del edificio.

La finalidad según la invención consiste en intervenir con inyecciones seleccionadas de productos químicos, incluso de tipo expansivo y eficaces también en presencia de agua y/o humedad, en las partes/volumenes mencionados 4 de terreno no homogéneo y/o no uniforme, y crear en ellos, con etapas de secuencias monitorizadas, características físicas y químicas iguales o básicamente correspondientes, por lo tanto homogéneas y/o uniformes, en comparación con las de las áreas contiguas 3 que ya son homogéneas y uniformes, y no están afectadas por hundimientos.

Con este fin, a través del uso de instrumentos convencionales, el comportamiento del terreno que se está analizando se monitoriza antes, durante y después de las inyecciones. Esto se logra a través de la colocación, en el terreno 3-4, sobre la superficie y/o en orificios de perforación a través de la capa 6 de relleno, de por lo menos un conjunto de electrodos 7 que, preferentemente aunque no de forma limitada, están realizados a partir de acero inoxidable en lugar de cobre, ya que el cobre no permite medir correctamente la conductividad eléctrica debido a que es fácilmente oxidable y, por lo tanto, no es adecuado para monitorizar mediciones con el paso del tiempo. Los conjuntos 7 de electrodos están conectados a un georresistímetro multicanal 8 que permite realizar una serie de mediciones cuadrupolares a través de una energización progresiva de por lo menos un par de electrodos y el cálculo del potencial eléctrico consecuente en otros pares de polos. El uso de por lo menos un georresistímetro multicanal 8 tiene preferencia con el fin de realizar mediciones muy rápidamente, para minimizar el carácter invasivo de las operaciones y permitir que se garantice una cobertura tridimensional de las partes analizadas de terreno, debido a las diversas combinaciones de mediciones realizadas, sin necesidad de realizar trabajos de excavación y/o demolición, para poder realizar evaluaciones globales de los cambios de resistividad de las partes tratadas de terreno en comparación con ellas mismas y en comparación con las partes contiguas de terreno, no afectadas por los hundimientos y tomadas como partes de referencia, incluso por debajo de unidades de edificación.

Los conjuntos 7 de electrodos de monitorización está dispuestos de acuerdo con configuraciones geométricas seleccionadas, junto a la parte 4 de terreno a homogeneizar o re-homogeneizar, incluyendo también aquellas partes 3 que no están afectadas por hundimientos, y que demuestran ser útiles como elementos de comparación. Los electrodos 7, que están distribuidos sobre la superficie o clavados profundamente en vertical, están dispuestos preferentemente a una distancia constante, y suficiente para garantizar una cobertura correcta de todo el terreno que se está analizando. La ejecución correcta del método en cuestión en la exposición de esta patente requiere que los electrodos 7 estén localizados sobre y en el terreno, y que estén diferenciados, que sean independientes y que estén separados con respecto a los orificios que están destinados a prestar servicio a tubos 9 de inyección de productos (incluso expansivos), tales como, por ejemplo, compuestos y resinas de poliuretano. Estos es debido a que, a nivel local, los productos inyectados provocan que la resistencia de contacto se eleve, lo cual hace que resulte imposible transmitir corrientes apropiadas al medio analizado, y en caso de que los electrodos 7 entraran en contacto con ellos, experimentarían una pérdida irrecuperable de la fuerza de detección. Por tanto, los electrodos 7 se anclan al terreno virgen y, si fuera necesario, se humedecen para garantizar una continuidad eléctrica con el terreno. Operarios especializados 10 procesan los datos monitorizados, a través de por lo menos un Ordenador Personal equipado con software dedicado y, en función de los resultados, otros operarios 11 se ocupan de la ejecución de las inyecciones de productos requeridas según ordenen los primeros, en las cantidades y combinaciones que se requieran expresamente. El(los) Ordenador(es) personal(es) se puede colocar, de manera indiferente, directamente in situ o se puede situar en un lugar ubicado en algún otro lugar y conectado por red, por ejemplo, a través de Internet, a las unidades 8 de detección multicanal. El(los) sistema(s) de inyección se puede(n) colocar en medios automotores 12.

El procedimiento de funcionamiento de este método está compuesto principalmente por las siguientes etapas principales de funcionamiento:

- 5 a) Preparación de por lo menos un conjunto de electrodos 7 anclados al terreno virgen a analizar y conectados a por lo menos una unidad de monitorización y procesado de datos que incluye por lo menos un georresistivímetro multicanal 8 y por lo menos un Ordenador Personal, situada in situ o un lugar remoto con una conexión de red.
- 10 b) Energización del(de los) conjunto(s) de electrodos 7 y registro de voltajes de salida de mediciones de perfiles del comportamiento eléctrico del terreno a analizar, a través de un procesado con algoritmos de simulación.
- 15 c) Monitorización antes de la inyección, que permite: analizar las condiciones iniciales del estado de volúmenes, o partes/volúmenes de terreno, encontrar e identificar las partes que presentan una característica 3 de homogeneidad adecuada, junto con aquellas que podrían experimentar hundimiento 4, y hallar los motivos de dichas condiciones, y permitiendo a continuación el diseño del número y las ubicaciones horizontales y verticales de los puntos de inyección, los parámetros de inyección del sistema, el tipo y las características del(de los) producto(s) o mezclas de inyección.
- 20 d) Realización de orificios en el terreno, destinados a llegar a los volúmenes que son evidentemente diferentes y no homogéneos 4, tales como por ejemplo partes con concentraciones diferentes de huecos y humedad, en comparación con las partes restantes de terreno homogéneo 3 no afectadas por hundimientos.
- 25 e) Introducción, en los orificios mencionados, de tubos inyectoros 9, que están equipados preferentemente con mezcladores estáticos aunque no de tal manera que se limite la invención, y ejecución de las inyecciones seleccionadas en el terreno de acuerdo con secuencias preestablecidas en función de datos monitorizados y procesados a través de un Ordenador Personal; los productos de inyección, incluso los expansivos, pueden incluso ser espumas de poliuretano de dos componentes o compuestos químicos equivalentes.
- 30 f) En presencia de concentraciones de agua medias-altas en el terreno subterráneo tratado, cualquier exceso de humedad y/o agua también se puede eliminar a través de un efecto de drenaje controlado eficaz para fomentar la expulsión de toda cantidad en exceso, evitando la colocación o concentración incorrecta de la misma en otras partes contiguas de terreno, posiblemente también con el uso de tubos especiales insertados en canales de inyección que han sido usados todavía.
- 35 g) Mientras los procesos de homogeneización y/o re-homogeneización se están ejecutando, el sistema de monitorización continúa registrando, en secuencia temporal, las variaciones de parámetros geofísicos (resistividad y conductividad) del terreno o parte del terreno referidos, permitiendo de este modo una comparación contigua y directa *in situ* con las lecturas previas realizadas y las características de las partes de terreno homogéneo 3, no afectadas por el hundimiento, tomadas como unidades de referencia.
- 40 h) Los datos registrados se procesan por medio de por lo menos un Ordenador Personal PC que, usando software dedicado que incluye algoritmos que simulan magnitudes eléctricas, genera y realiza configuraciones tridimensionales gráficas de los volúmenes de terreno que se están homogeneizando o re-homogeneizando actualmente, disponibles directamente in situ, de acuerdo con sus características geofísicas y geológicas en ese momento. La interpretación de los datos se basa en métodos de procesado tridimensional sobre los Elementos Acabados que pueden proporcionar reconstrucciones detalladas de las distribuciones de resistividad y conductividad subterráneas. La visualización gráfica
- 45 in situ se proporciona a operarios directamente a través de imágenes, incluso de tipo volumétrico, en el Ordenador Personal, que transfieren las isolíneas del parámetro eléctrico medido de manera que, de una manera rápida y ventajosa, se puede comprobar fácil e intuitivamente la evolución de los efectos producidos durante la ejecución por las inyecciones en el terreno, comparando los resultados con las imágenes anteriores. El software dedicado se encuentra también en posición de extrapolar gráficamente las variaciones en porcentaje de los parámetros medidos, acelerando de
- 50 este modo su comprensión y los estudios.
- 55 i) Sobre la base de las comparaciones entre mediciones realizadas en tiempos diferentes y secuenciales, los técnicos de campo expertos pueden corregir y/o modificar, durante la ejecución, los parámetros de inyección del proyecto, a través de la evaluación de los últimos datos registrados y la intervención subsiguiente con más inyecciones seleccionadas, actuando sobre los parámetros físicos y mecánicos de sistemas de inyección, tales como: puntos de inyección, temperaturas, valores de presión, valores de tiempo, cantidades de productos inyectados, tipos de productos de inyección, nivel de mezcla (si hubiera alguna), densidad y otros.

60 Debe clarificarse también que en el sistema en cuestión, el nivel láser situado fuera del terreno se puede usar exclusivamente para monitorizar cualquier posible deformación que afecte a las estructuras y no, incorrectamente, para considerar el objetivo principal como logrado, puesto que la intervención solamente se considera finalizada cuando el terreno tratado se ha homogeneizado satisfactoriamente, es decir, cuando las características físicas y químicas del volumen tratado 4 están más próximas a las medidas sobre las áreas de edificación o terrenos de edificación que no

están afectados por el hundimiento 3 u otros motivos que producen perturbaciones en el terreno debajo de los edificios y/o en áreas edificables.

5 El método en cuestión no busca simplemente el objetivo de entender en dónde es necesario aplicar los productos
inyectados, sino el de entender principalmente los efectos producidos durante las inyecciones seleccionadas para
posiblemente tomar, durante la ejecución, todas las medidas requeridas con el fin de alcanzar los niveles de
homogeneización demandados para reducir o eliminar el hundimiento diferencial, desplazando conceptual y
operativamente la monitorización mientras el trabajo está en marcha, desde “fuera del terreno” (nivel láser común) a
10 “dentro del terreno”; esto es, dentro del volumen de terreno tratado con exploración geoelectrica tomográfica
tridimensional antes, durante y después de la obra.

REIVINDICACIONES

1. Método para homogeneizar y/o re-homogeneizar las características físicas y químicas de terrenos de cimentación y/o áreas de edificación en general con el fin de combatir todo hundimiento diferencial de edificios, que comprende las etapas de:
 - realizar primeras inyecciones, en el terreno, de productos químicos, efectuándose las inyecciones mencionadas en las partes de terreno (4) que demuestran ser no homogéneas y/o no uniformes en comparación con áreas contiguas (3), siendo homogéneas y uniformes estas últimas, no estando afectadas por hundimientos y tomándose como áreas de referencia, para cambiar las características de las partes anteriores de terreno (4);
caracterizado porque incluye las etapas de
 - monitorizar estos terrenos de cimentación y/o áreas de edificación en general, con frecuencias dadas y de acuerdo con patrones fijados, antes, durante y después de las primeras inyecciones mencionadas, usando sistemas integrados de tomografía eléctrica, con el fin de detectar los cambios de características químicas y físicas de las propias partes tratadas, en comparación con las tomadas como partes de referencia;
 - modificar los parámetros de dichas primeras inyecciones hasta que se consiga que las características químicas y físicas de las propias partes tratadas, en comparación con las tomadas como partes de referencia, sean homogéneas y/o uniformes así como coincidentes con o similares a las de las partes contiguas mencionadas (3);
 - y posiblemente realizar inyecciones seleccionadas subsiguientes, cuyas alturas, cantidades y características específicas, que también pueden diferir con respecto a las acciones previas, son una función de los efectos que se han observado en el terreno tratado, hasta que se alcance la homogeneidad y/o uniformidad deseadas.

2. Método de homogeneización y/o re-homogeneización según la reivindicación 1, caracterizado porque la definición de la posición de los puntos de inyección, la cantidad de productos químicos, y las características de reacción de estos productos, se evalúan y modifican basándose en los efectos registrados durante la ejecución en las partes de terreno (4) antes y durante las inyecciones seleccionadas, y porque las condiciones de las partes tratadas se comparan secuencialmente con las condiciones que precedieron a la última inyección realizada, hasta que se alcance la homogeneización deseada de las partes tratadas de terreno (4), que se compara con las características de las partes mencionadas de terreno (3) que no están afectadas por ningún hundimiento, tomadas como áreas de referencia.

3. Método de homogeneización y/o re-homogeneización según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque se completa cuando los valores de resistividad y conductividad eléctricas medidos en las partes de terreno (4) que han experimentado el tratamiento de inyección resultan ser homogéneos y/o comparables con los de las partes contiguas de terreno (3) no afectadas por ningún hundimiento.

4. Método de homogeneización y/o re-homogeneización según las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizado porque dicha monitorización (7) es tridimensional (3D) y está destinada a la monitorización, en tiempo real, de las condiciones del terreno que se está analizando y de los efectos producidos en el mismo por las inyecciones.

5. Método de homogeneización y/o re-homogeneización según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque las inyecciones de los productos químicos necesarios se realizan a través de orificios efectuados en el terreno, para tubos especiales (9), realizándose estas inyecciones de acuerdo con frecuencias preestablecidas, en función de datos monitorizados y procesados por un dispositivo de cálculo electrónico (PC).

6. Método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos productos químicos inyectados son resinas expansivas o espumas de poliuretano de dos componentes.

7. Método de homogeneización y/o re-homogeneización según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la monitorización, a frecuencias y de acuerdo con patrones preestablecidos, antes, durante y después de las operaciones mencionadas de inyecciones seleccionadas, incluye por lo menos un conjunto de electrodos (7) para medición instrumental geoeléctrica, insertados en la superficie o en orificios perforados en terrenos a analizar y posiblemente a tratar (3-4) y conectados a por lo menos un georresistímetro multicanal (8) para la adquisición de un conjunto de mediciones cuadrupolares a través de la energización progresiva de por lo menos un par de electrodos y la evaluación del consiguiente potencial eléctrico en pares de polos; estando conectado el conjunto multicanal mencionado (8) a por lo menos un dispositivo de cálculo electrónico (PC), equipado con software dedicado que comprende algoritmos que simulan las características eléctricas de los terrenos, y que actúan directamente en la valoración de la configuración gráfica tridimensional de terrenos o partes de terreno sometidos al tratamiento.

