

Patología de las cimentaciones: Técnicas de intervención en el terreno

Apellidos, nombre	Basset Salom, Luisa (lbasset@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

Cuando se detectan daños en el edificio y, tras un diagnóstico, se determina que su origen es un fallo de la cimentación, se debe realizar una intervención mejorando las condiciones del terreno o bien mejorando y reforzando la propia cimentación

En este artículo vamos a presentar las técnicas de intervención en el terreno mediante inyecciones o jet-grouting

2 Introducción

La intervención sobre la cimentación es siempre una operación delicada, aunque obligada cuando, tras detectarse daños en el edificio, se confirma mediante un estudio detallado, que su causa se debe a un fallo de la cimentación, o cuando están previstas modificaciones de las hipótesis de proyecto que incrementan la carga transmitida al terreno.

En el estudio de diagnóstico de la patología se recomendará cuál o cuáles son las intervenciones recomendadas para detener y/o corregir las deformaciones del edificio, eliminar o controlar las causas que han originado el fallo, estabilizar el proceso de deterioro de la cimentación del edificio y evitar que se produzcan más daños y movimientos. La intervención puede llevarse a cabo en el terreno o en la propia cimentación.

Las actuaciones en el terreno persiguen mejorar sus características geotécnicas, con el fin de recuperar o aumentar su capacidad portante, así como disminuir su deformabilidad.

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar las técnicas de intervención en el terreno más habituales como son las inyecciones y el jet-grouting.
- Determinar la técnica de intervención en el terreno más adecuada en función de la naturaleza y volumen del terreno a tratar, así como el grado de mejora que se quiere lograr (resistencia y/o impermeabilidad).

4 Técnicas de intervención en el terreno

Las técnicas de intervención en el terreno cuando se ha detectado una patología en la cimentación pueden utilizarse como una medida directa para detener los asentamientos del edificio evitando que se produzcan más daños o bien, como medidas complementarias de las intervenciones sobre la cimentación.

Las técnicas más habituales de intervención en el terreno son:

- las inyecciones
- el jet grouting

Además de ellas, hay otras técnicas para mejorar o transformar de no apto en competente un terreno sobre el que se quiere construir un edificio nuevo, como son la compactación, sustitución, vibroflotación, etc. , que no son objeto de este artículo docente

4.1 Inyecciones

Las inyecciones son intervenciones que consisten en la introducción de un fluido en el terreno que, al solidificar, aumenta su resistencia, reduce su compresibilidad y/o disminuye su permeabilidad. La ejecución debe realizarse siempre por empresas especializadas y experimentadas.

Una ventaja de esta técnica es que no es necesario apeaar la estructura durante el proceso de ejecución, por lo que la puesta en carga se va realizando simultáneamente.

Sin embargo, su efectividad nunca está totalmente asegurada ya que es difícil saber si el fluido se ha distribuido de forma homogénea y localizada en la zona a tratar. Por otra parte, se desconoce a priori cuánto material va a admitir, por lo que es difícil evaluar el coste.

A la hora de proyectar una intervención mediante inyecciones deben definirse los parámetros de la inyección (presiones de inyección, caudales de admisión y límite de admisión total); las fases del tratamiento; la situación, longitud e inclinación de las perforaciones; el sistema de inyección; los parámetros del tratamiento (estabilidad, viscosidad, durabilidad y tiempo de fraguado de la solución); el programa de seguimiento y control durante la ejecución así como las pruebas de control finales.

Hay tres tipos de inyecciones:

- Inyecciones de consolidación
- Inyecciones de impregnación o relleno
- Inyecciones de compactación

4.1.1 Inyecciones de consolidación

Las inyecciones de consolidación (o cementación) se utilizan para consolidar un terreno inyectando una mezcla que proporciona cohesión y rigidez por fraguado hidráulico o por reacción química. Se aumenta así la capacidad portante del terreno y se reduce su compresibilidad y permeabilidad.

Esta técnica permite mejorar el apoyo de las cimentaciones superficiales existentes, creando macizos consolidados por debajo de las mismas (Figura 1), así como mejorar la resistencia en punta de los pilotes al consolidar el terreno que la rodea. Se utiliza también como técnica de recalce superficial de cimentaciones antiguas, realizando la inyección en el propio volumen de las mismas.

Por otra parte, mediante la ejecución de inyecciones en el perímetro del edificio se puede crear una pantalla que evite los posibles desplazamientos horizontales producidos por excavaciones próximas.

El tipo de producto utilizado en la inyección, y su forma de aplicación dependen de las características del edificio existente, de su cimentación, de las tolerancias y asentamientos que admite, de las posibilidades económicas y de la naturaleza y estructura del terreno.

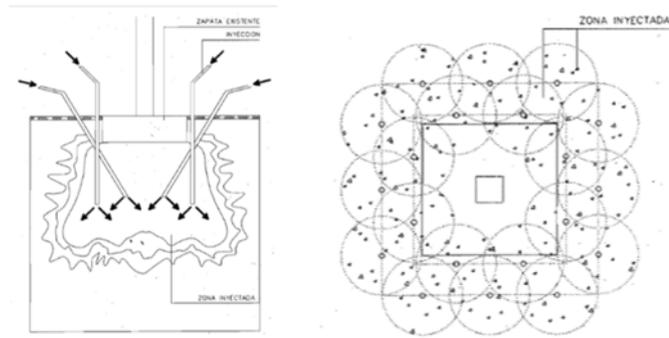


Figura 1. Inyecciones de consolidación [4]

Las inyecciones de lechada o mortero de cemento (a veces con bentonita) se utilizan en suelos granulares gruesos o cuando el objetivo es consolidar de forma permanente.

Las inyecciones químicas de resinas orgánicas diluidas en agua o de geles de sílice se utilizan en arenas finas o arcillosas y en suelos de muy baja penetrabilidad o cuando el objetivo es consolidar de forma provisional para facilitar la ejecución de un recalce.

EL procedimiento consiste en realizar en el terreno taladros de pequeño diámetro en los que se colocan unos manguitos a través de los cuales se inyecta el fluido que, al fraguar, forma con el terreno un material resistente de gran cohesión.

4.1.2 Inyecciones de impregnación o relleno

Las inyecciones de impregnación o relleno se utilizan para rellenar, colmatar y sellar capas de terreno muy porosas, en suelos arenosos para solidificarlos y evitar el riesgo de licuefacción (figura 2), o cuando existen huecos o cavidades producidos por arrastre de partículas (erosión interna) o por disolución (karstificación).

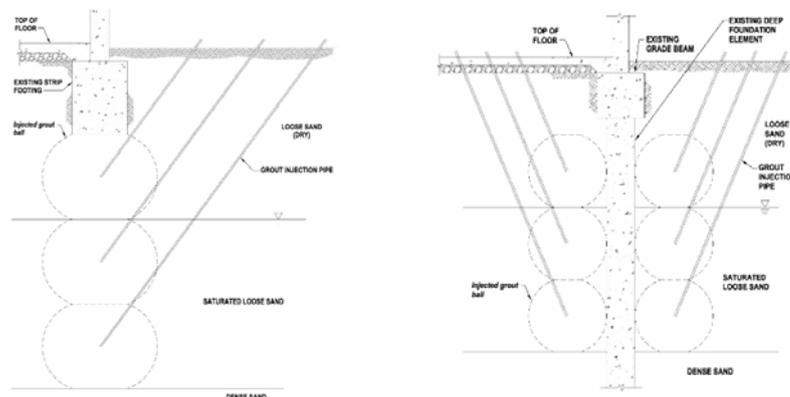


Figura 2. Inyección en suelos arenosos con riesgo de licuefacción bajo zapata continua y alrededor del fuste del pilote [10]

Estas inyecciones no producen alteraciones en la estructura original del terreno. Se sustituyen los poros o huecos por un material lo suficientemente resistente para que el conjunto resultante soporte las cimentaciones en condiciones adecuadas de seguridad y con pequeños asientos posteriores. Se utilizan mezclas con gran capacidad de absorción de agua como las lechadas de bentonita-cemento o los poliuretanos.

4.1.3 Inyecciones de compactación

En este tipo de inyecciones se introduce en el terreno un mortero plástico de arena-cemento a elevadas presiones. Por su viscosidad el mortero desplaza el terreno modificando su estructura, haciéndolo más denso, compacto y resistente.

La elevada viscosidad del material de inyección, no le permite avanzar a mucha distancia del punto de inyección por lo que sus efectos y la amplitud de la zona inyectada se controlan mejor que con otros sistemas.

Durante la ejecución se controla de forma continua la presión y el volumen de mortero inyectado, así como posibles deformaciones en superficie o si fuera el caso de edificios vecinos.

Se utiliza esta técnica para mejorar la capacidad portante del terreno y la cimentación, recuperar y estabilizar asientos diferenciales, levantar o rectificar rasantes en soleras, mejorar el apoyo de las zapatas o la resistencia del terreno a lo largo del fuste de los pilotes.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de aplicación en el caso de una iglesia, en el que las inyecciones se han realizado debajo de las zapatas y hasta la profundidad en la que se encuentra el estrato resistente.

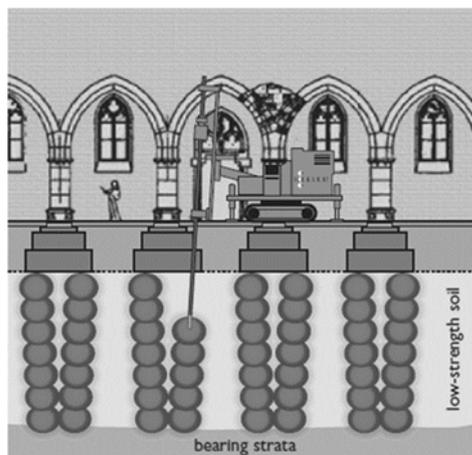


Figura 3. Inyecciones de compactación [8]

Esta técnica también puede aplicarse en el caso de viviendas unifamiliares en las que se haya detectado problemas de asientos porque la capacidad del terreno sobre el que apoya no es suficiente. En el caso de que la cimentación sea a base de zapatas corridas se distribuye uniformemente, a lo largo del perímetro exterior de la misma, unos tubos de pequeño diámetro (figura 4) por los que se inyecta el mortero.



Figura 4. Inyecciones de compactación, zapata corrida vivienda unifamiliar [11]

4.2 Jet-grouting

Se trata de un sistema de inyección a presión muy alta en el que el fluido sale a gran velocidad por las toberas rompiendo el suelo, desplazándolo hacia afuera y mezclándose con él, formando columnas de un cuerpo sólido, cuya resistencia y permeabilidad son mejores a las del suelo original.

Esta técnica tiene numerosas aplicaciones no solo para el recalce de estructuras con problemas de cimentación o el refuerzo de una cimentación por aumento o redistribución de cargas o por cambio de uso sino también para cimentación de edificios de nueva planta de difícil acceso o ubicación de equipos, para la protección y sostenimiento de excavaciones de sótanos adyacentes a estructuras construidas, así como para obra pública.

El proceso de ejecución consta de dos fases (figura 5):

- Fase 1: perforación del terreno con tricono o trialeta (suelos cohesivos, arenas y rocas blandas) o a rotoperCUSión (gravas, rocas duras, hormigón y fábricas) hasta situar el varillaje a la cota inferior del tratamiento donde se sitúa la tobera
- Fase 2: inyección de abajo hacia arriba, rompiendo el terreno con el fluido que sale por la tobera de corte y rellenando el terreno fracturado con lechada de cemento. Las columnas deben ejecutarse de forma alterna, con el fin de garantizar que el fraguado sea adecuado.

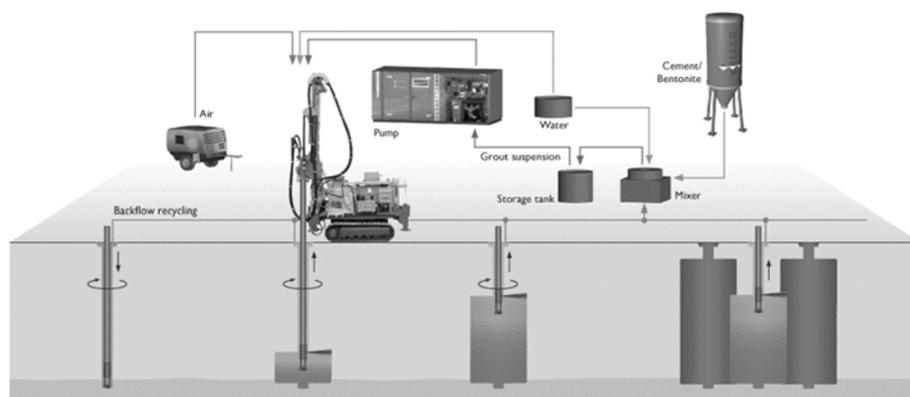


Figura 5. Proceso de ejecución del jet-grouting [7]

Durante todo el proceso debe llevarse un control estricto de los parámetros (presiones, admisiones, velocidad de ascenso del varillaje, velocidad de giro) y

de la resurgencia (material que sale por la boca de la perforación), tanto en composición como en volumen.

Hay tres tipos de sistemas (Figura 6):

- Sistema sencillo o Jet 1, con una sola tubería por la que se inyecta la lechada de cemento.
- Sistema doble o Jet 2, inyectando por una parte la lechada de cemento y por otra parte aire o agua a presión con el fin de incrementar la erosión y mejorar la penetrabilidad.
- Sistema triple o Jet 3, con tres tubos por los que se inyecta por separado agua, aire y la lechada de cemento.

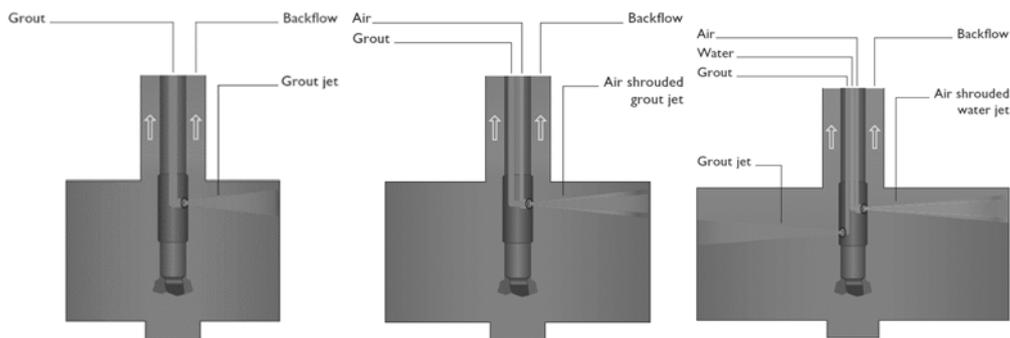


Figura 6. Sistemas de jet-grouting: Jet1, Jet 2, Jet 3 [7]

En la figura 7 corresponde a una intervención de refuerzo de la cimentación con la técnica del jet-grouting [9].



Figura 7. Ejemplo de aplicación de la técnica de Jet-grouting [9]

Puede utilizarse en todo tipo de suelos y permite trabajar en espacios y solares de pequeñas dimensiones y difícil acceso. Por otra parte, su ejecución y puesta en carga no provoca impactos ni vibraciones y se pueden crear apoyos no puntuales bajo las zapatas a recalar. Tiene el inconveniente de que requiere un montaje inicial importante (instalaciones de bombeo) así como un control de ejecución muy estricto, lo que representa, en ocasiones, mayores costos y tiempos.

Posteriormente al tratamiento a veces se realiza, a modo de muestreo, nuevos ensayos (testigos a rotación, penetrómetros, geofísicos, pozos excavados, etc.).

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto técnicas de intervención en el terreno mediante inyecciones y jet-grouting.

Imagínate el caso de una vivienda unifamiliar en la que han aparecido grietas, cuya causa, definida en el correspondiente estudio de diagnóstico, son los asientos diferenciales. El estudio revela, por una parte, que ha habido una rotura en el saneamiento en una zona muy próxima a la misma (provocando el lavado del terreno debajo de la cimentación) y, además, que por un error de proyecto (mala calificación del terreno), la capacidad portante del terreno es insuficiente. Teniendo en cuenta lo que has aprendido, ¿qué técnica crees que sería adecuada para mejorar el terreno y evitar un nuevo fallo de la cimentación?¹

6 Bibliografía

6.1 Libros:

- [1] "Enciclopedia Broto de patologías en la construcción. Patología de los elementos constructivos (III): cimentaciones. Ed. Broto y Comerma, 2005.
- [2] Maña i Reixach, F. ESTRUCTURES: 1. Tècniques de recalçament dels fonaments. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya_I TEC 1990
- [3] Ministerio de la Vivienda. CTE DB SE-C. Seguridad Estructural. Cimientos, 2006
- [4] Monjo, J., Maldonado, L.: "Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas". Ed. Munilla-Lería, 2001
- [5] Tratado de rehabilitación. Tomo 3. Patología y técnicas de intervención. Elementos estructurales. I. Recalces, apeos y demoliciones. 1. Patología de cimentaciones García López M., Máster de Restauración Arquitectónica UPM. Dep. Construcción y Tecnología Arquitectónicas. ETSAM, Ed. Munilla-Lería, 2008.
- [6] Torreño Gómez, Ildfonso. Manual de patología de la edificación Tomo I, Cap. V Recalces y refuerzos en las cimentaciones. Dep. Tecnología de la Edificación E.U.A.T.M. U.P.M. 2004

¹ En primer lugar, tras reparar el saneamiento, debería realizarse una inyección de relleno con el fin de rellenar los huecos entre la cimentación actual y el terreno. Posteriormente, debería aumentarse la capacidad portante del terreno mediante una inyección de consolidación, creando macizos consolidados por debajo de la cimentación, hasta llegar a la profundidad necesaria especificada en el estudio (volumen de terreno afectado por las cargas transmitidas por las zapatas. Si hubiera una capa inferior resistente y se deseara y fuera posible recuperar el asiento producido, podría optarse por una inyección de compactación con un mortero más viscoso. La columna de mortero creada partiría de la capa de terreno resistente inferior.

6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[7] Keller Holding GmbH. The Soilcrete® –Jet Grouting Process. Brochure 67-03E. <http://www.kellerholding.com/soilcrete-jet-grouting.html> (último acceso 10 abril 2020).

[8] Keller Holding GmbH. Compaction grouting. Brochure 66-01E. <https://www.kellerholding.com/compaction-grouting.html> (último acceso 10 abril 2020).

[9] Keller France <https://www.keller-france.com/realisations/rehabilitation-de-la-bibliotheque-humaniste> (último acceso 10 abril 2020).

[10] Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings: FEMA 547, 2006. <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1554-20490-7382/fema547.pdf> (último acceso 25 abril 2020)

[11] Uretek, España <https://www.uretek.es/wp-content/uploads/2018/08/J22-vivienda-unifamiliar-en-uceda-guadalajara-vivienda-1.pdf> (último acceso 10 abril 2020)

6.3 Figuras:

Figura 1. Inyecciones de consolidación [3]

Figura 2. Inyección en suelos arenosos con riesgo de licuefacción bajo zapata continua y alrededor del fuste del pilote [10]

Figura 3. Inyecciones de compactación [8]

Figura 4. Inyecciones de compactación, zapata corrida vivienda unifamiliar [11]

Figura 5. Proceso de ejecución del jet-grouting [7]

Figura 6. Sistemas de jet-grouting: Jet1, Jet 2, Jet 3 [7]

Figura 7. Ejemplo de aplicación de la técnica de Jet-grouting [9]