

Las técnicas de intervención bajo rasante, la importancia de su conocimiento y difusión en la Arquitectura.

Por: Fernando da Casa Martín, Dr. Arquitecto. Ernesto Echeverría Valiente, Dr. Arquitecto.
Flavio Celis D'Amico, Dr. Arquitecto. Andrés García Bodega, Dr. Arquitecto
Depto. Arquitectura. Universidad de Alcalá

Abstract: Los aspectos geotécnicos y las técnicas de intervención en la edificación bajo rasante, es un capítulo pendiente en el desarrollo habitual de la edificación, más cuando en toda intervención edificatoria es pertinente la participación de Arquitectos y Arquitectos Técnicos.

Este tipo de técnicas son de gran aplicación en el campo de la edificación, si bien hasta el momento han sido aplicados, fundamentalmente en recalces, también son aplicables a la edificación de nueva planta, eso sí siempre en las Unidades de Obra bajo rasante. De especial relevancia es el tratamiento para la ejecución de vaciados, sin elementos tradicionales de contención.

Pero no todas valen para todo. Un error en la selección puede provocar más perjuicio que beneficio, y por ello es de gran interés la investigación en este campo, desde un punto de vista, algo más allá del punto de vista de la ingeniería, esto es "con los ojos del Arquitecto, y a su vez es necesario difundir sus resultados de tal modo que sea accesible a los técnicos, así como sus posibilidades de aplicación profesional.

En la comunicación se presenta la situación actual y una breve síntesis de las diferentes técnicas de aplicación, generalmente desconocidas, con particularidad al campo de los tratamientos de terreno.

UNA APROXIMACIÓN A LA INTERVENCIÓN

Un recalce, por definición es toda actuación sobre una cimentación ya ejecutada. Es un tipo de actuación que conlleva una problemática diferente a otras actuaciones dentro del campo de la rehabilitación.

Las causas que pueden motivar este tipo de actuaciones, son diversas, desde patologías propias de las cimentaciones, patologías propias del suelo, inadecuación de la cimentación adoptada para el tipo de suelo sobre el que se apoyan, o a cambios de usos que impliquen un aumento de las cargas que resulten excesivas para la cimentación original, o en el caso de aún siendo suficiente la cimentación se necesite profundizar la cota de cimentación por necesidad de construir algún nivel bajo rasante.

Dos aspectos fundamentales, a la hora de analizar este tipo específico de intervención:

Desde el punto de vista económico, son intervenciones de gran volumen económico, que implican una gran inversión, con el handicap, de ser actuaciones que no tiene ningún resultado visible externamente, y por ello, para los profanos en la materia, de difícil comprensión.

Desde el punto de vista técnico, son intervenciones complejas. En la mayoría de las ocasiones en las que se interviene con alguna tecnología específica, que se aleje de los sistemas constructivos más tradicionales, se produce el hecho de que la dirección técnica se ve obligada a ir por detrás de la obra, de quedar en manos de asesores

externos, e incluso las más de las veces dependiendo directamente de la Empresa especializada que se consulte.

El desconocimiento, en general de esta temática por parte de los profesionales de la edificación, puede implicar “el miedo” a utilizar técnicas no conocidas, así como la falta de su posible control en el caso de verse en la obligación de su aplicación, le confieren una mayor importancia a la necesidad de abordar este tema.

Sin embargo, este tipo de técnicas son de gran aplicación en el campo de la edificación, si bien hasta el momento han sido aplicados, fundamentalmente, en actuaciones relacionadas con las patologías de la edificación en su cimentación, esto es en recalces, también se pueden plantear para intervenir en edificaciones existentes por razones ajenas al aspecto patológico, así como en actuaciones relativas a la edificación de nueva planta, eso sí siempre en las Unidades de Obra bajo rasante.

Hay que tener en cuenta que las técnicas de utilización en este campo son conocidas por todos de un modo muy generalista, esto es, se intuye lo que significan, y lo que se podría pretender con ello, pero se obvia, las más de las veces, que este campo es muy amplio, y que existen múltiples variantes de aplicación, y que por tanto el cómo se ejecuten, y lo que se pretende conseguir, implica diferentes sistemas, por lo que no se puede generalizar de modo absoluto.

También existe una creencia sobre la reciente aparición de estas técnicas, y que por recientes no están contrastadas, si bien hay que tener en cuenta que por ejemplo, el tratamiento de terrenos para su mejora, ya están citados por Vitrubio (1) “... *por ser paraje postizo hasta muy hondo, o fuera paludoso...*”, y han sido aplicadas en recalces de edificaciones de importante interés, como fue el caso del recalce de pilas en la Basílica del Pilar de Zaragoza en 1933 (2), mediante esta técnica.

Esta confusión, muy difundida en el campo de los profesionales del sector, implica en muchas ocasiones, que se generalicen los problemas o defectos de una tipología concreta, para todas ellas, y de hecho esta “mala prensa” ha provocado un gran desconocimiento de las diferentes técnicas y posibilidades, y una despreocupación de los técnicos por ellas. Esto queda patente en algunas publicaciones de este campo, en las que podemos encontrar citas como: “*Las inyecciones se emplean cada vez menos en el tratamiento de situaciones patológicas, pues la experiencia ha demostrado que las mismas presentan dos incógnitas. La primera es el resultado, en cuanto a lograr la mejora del terreno de una forma y homogénea y localizada en la zona que se proyecta tratar. Y la segunda, y no menos importante, es la incógnita de la admisión, que no permite evaluar a priori el costo del tratamiento*” (3).

Esto se suma al cierto abandono que se produce en lo relacionado con el conocimiento en el campo de la geotecnia, por parte de un gran número de los profesionales más relacionados con la edificación, si bien ya advertía Alberti (4) que “*tantas son las cosas que van debajo de tierra sin saberse, a las cuales no seguramente someteréis el peso y el gasto del edificio para que le sostengan, y cierto conviene así en todo el edificio, como principalmente en los fundamentos no menospreciéis cosa en que se puede echar de menos la razón y diligencia de un cauto y bien mirado edificador; pues si en algo se hierra en las demás cosas, daña más livianamente y se enmienda más fácilmente y sufre más cómodamente que no en los fundamentos, en los cuales no se puede admitir alguna excusa de error*”.

Como nos dice D. Fernando Ripollés (5) el terreno “*para un arquitecto-edificador, es el primer elemento constructivo, e incluso más concretamente, es el primer material con que tiene que contar para realizar sus construcciones*”.

Esta manera de entender el terreno, como un elemento constructivo, implica que por parte de muchos técnicos, se planteen en exclusiva como sistemas de aplicación bajo rasante, aquellos que se pueden entender como tales, esto es, que se introducen como nuevo material, o que tienen una configuración de ejecución similar a sistemas de aplicación sobre rasante (muros, pantalla de hormigón, pilotes,...) y por tanto supuestamente conocidos en general por el técnico.

Esta concepción, junto con la de que el terreno es el receptor universal de cargas, sin considerar la capacidad de respuesta del mismo, y de su comportamiento, como material heterogéneo, con planteamientos muy simplificados de los datos que se necesitan para “diseñar” una cimentación” (resistencia), implican un gran desconocimiento de la geotecnia aplicada a la edificación, y se convierte a su vez en un handicap para poder ampliar nuestros conocimientos sobre otro tipo de técnicas constructivas.

Si bien lo comentado hasta ahora se refiere a la totalidad de las intervenciones en una cimentación independientemente del tipo de edificio o construcción que soporten, hay que indicar que en la mayoría de los casos se trata de cimentaciones con una antigüedad importante, esto es, son cimentaciones que no responden a la tipología actual de cimentaciones de hormigón, y ante esto intervienen una serie de parámetros diferenciales que particularizan en gran medida este tipo de intervenciones.

Es de interés conocer la historia de las cimentaciones, el como y porqué se realizan de determinada manera, y en este aspecto es fundamental el estudio de los tratados de Arquitectura como origen del diseño. Causa gran sorpresa cuando uno lee alguno de los tratados clásicos de Arquitectura (desde Vitrubio a Benito Bails, pasando por Alberti), y puede observar que si bien no se refieren aspectos de dimensionado vía cálculos, se dan pautas de soluciones constructivas, que hoy en día podíamos llegar a considerar ocurrentes:

“No porque sea de mucho aguante la peña dexa de ser necesario caminar con tiento quando ocurra levantar encima de ella algún edificio. Por de contado pide la prudencia que antes de todo se averigüe con la barrena si acaso hay debaxo de la peña algunas cuevas o huecos, de modo que por ser poco el grueso o la corteza de la peña en el parage donde se intenta fabricar, sea arriesgado cargar encima el peso de la fábrica” BENITO BAILS (6)

“Si no se hallare suelo firme, ... , entonces se cavará y vaciará la zanja, y se hincarán dentro estacas de chopo, de olivo, o de roble, chamuscadas, metiéndolas a golpe de máquina. Clavaranse bien espesas, y los intersticios que dexaren se llenarán de carbón. Sobre esta empalizada se construirán los cimientos de estructura solidísima” VITRUVIO (1)

Por otro lado los materiales que conforman las cimentaciones habitualmente son un punto de gran desconocimiento inicialmente, los procesos de degeneración no son controlables, al depender de múltiples factores la mayoría de las ocasiones desconocidos.

De todo lo expuesto hasta este momento se puede obtener una **PRIMERA CONCLUSIÓN**: Cada edificio es un caso único, irrepetible y necesita de un estudio específico de sus circunstancias

LA POSIBILIDAD DE INTERVENIR: Las Técnicas de aplicación

Una vez referido todo lo anterior hay que decir que la aplicación de este tipo de intervenciones no es una novedad, no es reciente, como muestra la intervención en el refuerzo de las pilastras de la Basílica de Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza en 1933, mediante inyecciones (2).

Tampoco es una cuestión exclusiva de una tipología concreta de técnicas. Muchas son las de posible aplicación, de hecho en general son utilizadas técnicas procedentes de otros campos, y en muchas ocasiones es una combinación de sistemas.

La eficacia de cualquier sistema de intervención (parafraseando un texto de F. Derqui (7)), depende de que se apliquen, o no, al sitio, o caso por extensión, donde son eficaces, y esto es lo que asegura el éxito, y para lograrlo hay que saberlo distinguir y luego aplicarlo con la intensidad necesaria.

De esto se puede obtener una **SEGUNDA CONCLUSIÓN**: La necesidad de conocimientos para intervenir, sobre las diferentes técnicas de aplicación y sus procesos de ejecución y para ello que mejor que hacer una breve visión sobre las técnicas de aplicación:

El campo de las técnicas tradicionales (actuación directa sobre la cimentación)

Los recalces más usuales, son aquellos que afectan a cimentaciones superficiales, y que por determinada razón no funcionan correctamente, para lo que, o bien se debe actuar de forma superficial, o bien hay que llevar, su cota de cimentación, a estratos más profundos, y, por tanto, utilizar técnicas de recalce profundo.

Las técnicas de recalce superficial, pueden tender a la profundización de la cota de apoyo, hasta un nivel relativamente cercano, o a la sustitución o ampliación de la cimentación existente.

Las técnicas de recalce profundo serán aquellas que facilitan la transmisión de las cargas hasta estratos a mayor profundidad, y que utilizan equipos especiales para ello. En las soluciones de este tipo es imprescindible una conexión con la cimentación original, bien atravesando este, o bien con la adopción de sistemas de conexión intermedios (zunchos bulonados o no, vigas aguja, ...).

Un aspecto fundamental es tener muy clara la consideración de cómo funciona estructuralmente el nuevo conjunto de cimentación. La puesta en carga de cada uno de los sistemas está en función del sistema elegido y de su dimensionado. Un error puede causar patologías mucho más graves que las iniciales. Entre los sistemas más habituales dentro de esta tipología se encontrarían:

- Los micropilotes son elementos de gran esbeltez, pequeño diámetro y gran longitud, que trata de transmitir las cargas hasta estratos competentes a mayor profundidad. Son de gran aplicación por su cierta versatilidad, sobre todo trabajando como conjunto (no como elementos individuales). El fallo más común es un deficiente dimensionado y/o ejecución de su conexión con la cimentación, que puede provocar la nula conexión con el edificio, y por tanto “como si no se hubiera ejecutado nada”.
- Los recalces superficiales que profundizan el estrato de apoyo, necesitan una puesta en carga correctamente ejecutadas, ya que pueden producir asientos bruscos en la estructura superior, de forma diferencial. La organización en la ejecución de este tipo de medidas es primordial, ya que

se pueden producir movimientos en el edificio durante las obras. Son fundamentales las medidas auxiliares.

- También se han desarrollado soluciones combinadas mediante la aplicación de elementos tipo pilote, bien los habituales, o bien los de ejecución más compleja, como podrían ser los tipo “pretest”

El campo de los Tratamientos de Terrenos

El campo de las inyecciones como técnica de mejora del terreno tiene por principio básico la mejora del terreno por la modificación de sus parámetros geotécnicos mediante la introducción de un fluido. Este campo es conocido por todos de un modo muy generalista, esto es, se intuye lo que significa la operación, y lo que se podría pretender con ello, pero se obvia, las más de las veces, que este campo es muy amplio, y que existen múltiples variantes de aplicación, y que por tanto el cómo se ejecuten, el qué se introduzca, y lo que se pretende conseguir, implique la aplicación de diferentes sistemas.

A la hora de diferenciar los tipos de sistemas de inyección hay que tener en cuenta diversos factores, entre los que hay que tener en cuenta: el proceso de ejecución, los objetivos del tratamiento, las implicaciones que sobre el edificio se producen, y la forma de tratar la zona de terreno afecta a la cimentación, esto es, la zona del bulbo de transmisión de carga, ya que fundamentalmente el contacto directo del terreno con la cimentación no se ve alterado, ya que al tratar el terreno directamente, no es necesario la colocación de elementos de conexión con la cimentación original.

Haciendo un breve resumen de las tipologías de inyección, más básicas, según su funcionamiento, se podrían citar las siguientes:

- Inyecciones de impregnación, a muy baja presión, incluso nula, con la inserción de un material con densidad similar al agua, y cuya funcionalidad es disminuir la porosidad del terreno, aumentando así su comportamiento impermeable.
- Inyecciones de compactación, a presión media, con la inserción de un material de gran viscosidad, que desplaza el terreno en torno al punto de inyección sin penetrar en sus huecos. Pretenden aumentar la cohesión del terreno por densificación.
- Inyecciones de baja movilidad, similares a las anteriores, pero cuya misión es el relleno de huecos de grandes dimensiones en el terreno, primando su concentración en el punto requerido y su no dispersión.
- Inyecciones de fracturación, a media presión (en ocasiones alta), introduciendo material de baja viscosidad, y que busca la rotura del terreno para la introducción de la lechada de pronto fraguado., produciendo la densificación y rigidización del terreno, creando una red estructuradora del terreno.
- Inyecciones de desestructuración, a muy alta presión, que introducen un material que se mezcla con el terreno, creando columnas de nueva consistencia. Su aplicación más conocida es el “jet Grouting”
- Inyecciones armadas, ejecutadas mediante tubo manguito, sobre un prisma predefinido tanto en geometría como en parámetros a alcanzar. Es una técnica multifase (permite repetir las operaciones hasta alcanzar el nivel definido con la posibilidad de modificación de los parámetros de inyección durante las operaciones), y ejecución puntual (en distancias equidistantes en el tubo de armado introducido y permanente, dotando al conjunto con una estructura interna, que permite un mejor comportamiento mecánico respecto al correspondiente al terreno natural.

Como se puede observar, los diferentes tipos de inyecciones tienen objetivos diferentes, tanto en su comportamiento y tipo de mejora del terreno, como en su propio proceso de ejecución en la obra, lo que implica que una selección inadecuada puede ser fatal para el objetivo de su realización, teniendo en cuenta que son inversiones, literalmente enterradas, que no muestran su fallo hasta que es demasiado tarde.

Hay que incidir en la necesidad de conocer los diferentes tipos de inyecciones, entre las diversas disponibles, ya que cada una de ellas tienen sus aplicaciones y particularidades, no siendo "intercambiables" en sus aplicaciones. Este aspecto es desconocido para un gran número de profesionales, que identifican todas las inyecciones como una, la que denominan "tradicional", y que suelen considerar como la introducción de material en el terreno sin control, a efectos de relleno.

Una particularidad especial es la especialización de las empresas que las ejecutan. Cada una de ellas tiene mayor o menor versatilidad y experiencia, en las diferentes técnicas de aplicación. No por ello, hay que confundir la especialización en obras geotécnicas, con la factibilidad de ejecutar cualquiera de sus técnicas de aplicación.

Pocas empresas del sector recomiendan, cuando es menester, la utilización de técnicas diferentes a su especialización, aspecto que cuando sucede favorece una mayor dinámica de confianza en la relación entre profesionales.

Esta relación de confianza entre los diferentes protagonistas técnicos y empresa, cobra gran importancia en este campo de actuación, ya que el grado de especialización y la complejidad de los problemas en resolución, implica una necesaria coordinación, comunicación y capacidad de toma de decisiones durante el propio proceso de obra. La buena relación, confianza y profesionalidad no solo favorece este aspecto, sino que se convierte en un requisito para el correcto desarrollo de la obra.

NECESIDAD DE UNA METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN

Se comprende pues que en este campo se ha de entender la importancia que tiene el saber donde y como, es decir, que a la elección del procedimiento y previo dominio y supuesta eficacia del como, siempre ha de preceder una investigación y un análisis del donde.

Es necesario saber mirar, como decía Víctor Hugo "produce una inmensa tristeza observar como la naturaleza habla, mientras que el ser humano no escucha", y utilizando el símil médico, la terapia debe estar basada en un buen diagnóstico, que no se encuentra sino se busca.

Cada uno de los sistemas de recalce, tiene un campo de aplicación más o menos definido, lo que debe permitir seleccionar el más adecuado para cada situación que se plantee, no se debe entender por tanto, la relación de soluciones expuestas, como un catalogo de soluciones a adoptar.

La selección del sistema de intervención habrá sido como consecuencia del seguimiento de una metodología dirigida a tocar todos los aspectos del problema, y que principalmente deben tratar aspectos referentes a:

- La realización y análisis de los estudios previos necesarios.
- Búsqueda y determinación del problema existente e hipótesis de sus causas.
- Selección del sistema de actuación concreto y su problemática a resolver.

Los criterios de selección serán fundamentalmente técnicos y económicos, aunque hay que tener en cuenta otra serie de factores, como son:

- Viabilidad y rapidez de la ejecución
- Peligrosidad durante la ejecución, evitando situaciones no deseadas.
- Comodidad para la Propiedad, evitar el desalojo de los inquilinos.

Todo esto sería válido para cualquier actuación de recalce, independientemente del tipo de suelo.

CONCLUSIÓN

Como se ha observado, y dada la gran variedad de circunstancias que pueden presentarse a la hora de plantear el sistema a utilizar en las unidades de obra bajo rasante, tanto en los procesos de rehabilitación como de obra nueva, no se pueden presentar soluciones generales, ni catálogo de soluciones sistemáticas, siendo de gran importancia la metodología aplicada en el análisis de la problemática, que lleven tanto a un diagnóstico completo del problema a solucionar como a la técnica concreta de aplicación.

Para poder seleccionar, diseñar y poner en marcha cualquier solución es necesaria la preparación científica y técnica adecuadas, por parte de los técnicos que intervienen en este tipo de actuaciones, de tal manera, que se prevean las acciones derivadas del tipo de solución aplicada, y no se condicionen las obras a decisiones provenientes de otros sectores con otro tipo de prioridades (económicas, espaciales, ...), de tal modo que se adopten las medidas de cautela específicas, cuyo olvido puede dar lugar a fracasos o a imprevistos de carácter importante.

Además de todo lo expuesto, hay que incidir, que en este tipo de actuaciones es de gran importancia la visión interdisciplinar, ya que es necesario tener en cuenta y compendiar opiniones desde los diferentes puntos de vista que intervienen según los casos (el arquitecto, el ingeniero, el arqueólogo, el historiador, los oficios artesanos,...).

Por ello se considera de gran interés la investigación en este campo, ya que el potencial que tiene este tipo de técnicas una vez que se conocen, es muy amplio, y, para poder obtener sistemas más eficaces, poder incrementar las medidas de control, así como la posibilidad de incrementar las aplicaciones actuales, de tal modo que se solucionen algunos de los problemas actuales de la edificación, teniendo en cuenta el crecimiento espectacular de nuestras poblaciones, implica la utilización de cada vez más suelos con grandes problemáticas desde el punto de vista geotécnico, teniendo en cuenta que en ocasiones este ha sido el motivo de su no urbanización en tiempos pasados.

La Universidad de Alcalá tiene una gran preocupación sobre la intervención en el Patrimonio (no en vano ella misma es Patrimonio de la Humanidad), y dentro de ello una de sus misiones está centrada en la investigación, actualmente y desde el Departamento de Arquitectura, concretamente el Área de Construcciones Arquitectónicas, sobre diversas técnicas de aplicación en las intervenciones en el Patrimonio Arquitectónico.

Con el objeto de profundizar en el conocimiento y la difusión del sistema de las inyecciones armadas, actualmente se está desarrollando un Proyecto de Investigación junto con la Empresa CIMTRA (Cimentaciones y Tratamientos S.A.).

Uno de los objetivos principales de esta colaboración, está en la difusión de los resultados que se van obteniendo, de tal modo que permitan un mayor acercamiento profesional a esta, u otras técnicas de intervención bajo rasante.

BIBLIOGRAFÍA

- LOSSIER, H. (1955).Pathologie et Thérapeutique du béton Armé.
- AA.VV. (1994) "Recalces en la rehabilitación de edificios". Apuntes curso. Comisión tecnológica COAATM. Madrid
- SANTOS, A & CUELLAR, V. (2000)."Mechanical improvement of an angillaceous marl through cement-based reinforced grouting" Grouting Soil Improvement. Geosystems Including Reinforcement. Hans Rathmayer ed., Finnish Geotechnical Society. Helsinki
- SANTOS, A., GARRIDO, C. ET AL. (2000)."Sistema de mejora prefijada del terreno compatible con movimientos milimétricos del entorno" Libro homenaje a José Antonio Jiménez Salas". AA.VV. Ed. Mº Fomento. Madrid,
- DA CASA, F., CELIS, F. & ECHEVERRIA, E. (2001) "Los recalces de cimentación. Una técnica de intervención específica". Revista dda Nº 4. Ed. Munilla-Leria. Madrid.
- CUELLAR, V. (2004)."Inyecciones por fracturación e inyecciones de impregnación". 4ª Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS, Febrero 2004. Ed. CEDEX. Madrid.
- DA CASA, F., CELIS, F. & ECHEVERRIA, E. (2005). "La inyección armada: aplicación en la edificación actual". Cap 12. INGOTER nº 6. Madrid.

REFERENCIAS

- (1).- VITRUBIO, (Traducido por Carmen Andréu) (1972) Los diez libros de Arquitectura, Libro III, cap III.. Ed. Unión Explosivos Riotinto. Madrid.
- (2).- JIMÉNEZ SALAS, J.A. (1980), Geotecnia y cimientos III. Cap 8, pag 954-955. Ed Rueda. Madrid.
- (3).- CANALDA J. Y FERNÁNDEZ SALSO, J. L. (1998) Tratado de Rehabilitación, cap. 2. pág. 55. Ed Munilla Lería. Madrid.
- (4).- ALBERTI, L.B (1582) Los diez libros de la Arquitectura, Libro III, cap II, traducido por Francisco Lozano, Alonso Gómez. Madrid.
- (5).- RIPOLLÉS, F. (1999) Manual de Construcción. Cap. 8. Ed Munilla-Lería. Madrid.
- (6).- BAILS, B. (1796) Arquitectura Civil.
- (7).- DERQUI, F. (1948). "Refuerzo de edificios".