

ARI DE CIUDAD DE LOS ÁNGELES, MADRID

REHABILITACIÓN EN 3D

La tomografía de resistividad eléctrica 3D se está revelando como una herramienta fundamental en la identificación de las concausas efectivas de asentamiento de una estructura cara a la planificación, control y verificación de inyecciones de resina expansiva.

texto_Marcos Leal Menéndez (Geólogo)
fotos_Geosec España, SL

La tomografía de resistividad eléctrica 3D ha sido una de las herramientas principales para acometer las obras llevadas a cabo en el Área de Rehabilitación Integral (ARI) de Ciudad de Los Ángeles, en Madrid.

Con una superficie de 59,6 hectáreas, en las que existen 7.996 viviendas, con 441 edificios potencialmente rehabilitables, su problemática se deriva, por una parte, del deficiente estado de conservación de los espacios de uso público con los que se dotó a la urbanización y, por otra, de los problemas estructurales, falta de aislamiento térmico y dificultades de acceso, que en un 52% de los casos carecen de ascensor.

La geología de la zona tampoco acompaña. Constituida por materiales pertenecientes a las facies intermedias de la cuenca terciaria de Madrid, es decir, arcillas plásticas, generalmente expansivas (peñuelas) y, ocasionalmente, niveles detríticos que forman auténticos lentejones arenosos recubiertos por materiales de origen aluvial fruto de la sedimentación en régimen de arroyada difusa de aguas de origen pluvial o, por acción antrópica, rellenos con características geotécnicas deficientes y altamente variables.

El edificio intervenido mediante uso de tomografía data de un proyecto inicial del año 1960. Fue concebido como bloque lineal de edificación abierta, siendo

A la derecha, en la otra página, la figura 1 (alzado) ilustra las lesiones del edificio, que se pueden observar en esta imagen: Grietas verticales entre dinteles y antepechos de ventanas. Fisuras inclinadas a 45° arrancando de las esquinas de las ventanas. Los arcos convergen hacia medianera donde hay una apertura en la junta de hasta 8 cm en cubierta.



Figura 2: Planta de cimentación; proyección de ensayos, E.R.T. 3D y D.P.M. 30.

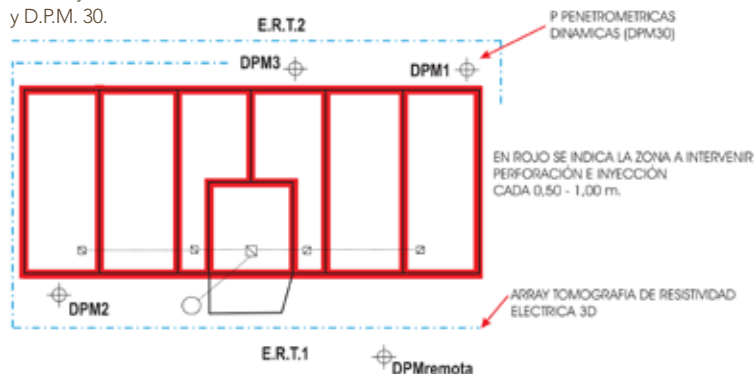


Figura 3: Implantación y realización de ensayos E.R.T. 3D diagnóstico.

un edificio de esquina con tres fachadas a vía pública y una sola medianera. El acceso se produce desde un solo portal formado por un cuerpo de una sola altura, exento y centrado en la fachada, dejando una vivienda a cada lado del mismo. Consta de ocho alturas sobre rasante (incluida planta baja), todas ellas destinadas al uso de vivienda, a razón de dos viviendas por planta. El edificio tiene forma lineal de pastilla rectangular con dimensiones $20,40 \times 7,85$ m, ocupando una superficie en planta de $160,14$ m². En sus lados mayores linda con espacios ajardinados, quedando su cabecera a vía pública y su otro testero formando medianera con edificio anexo. Esta separación entre el bloque se produce mediante un muro medianero de espesor

30 cm, existiendo junta de dilatación que independiza estructuralmente a ambos. Este edificio está incluido en la denominada Zona de Rehabilitación Integrada de la Ciudad de los Ángeles del PGOUM.

SISTEMA CONSTRUCTIVO

La tipología estructural del edificio está formada por seis crujías paralelas a la fachada menor y muros de carga de hormigón de 30 cm de espesor, sin armar. En la fachada principal (acceso del portal) se sitúa la caja de escaleras, igualmente conformada en todo su perímetro mediante muros de hormigón en masa de espesor 30 cm. Sobre los muros de carga y en dirección de la fachada principal (lado menor) apoyan los paños de forjado en continuidad y con

una luz aproximada de 4 metros, formados por viguetas y bovedillas. La escalera está resuelta a la catalana, con tres hojas de rasilla, tomada la primera con yeso y las otras dos con cemento. Originalmente, la cimentación estaba formada por zanjas corridas de hormigón en masa, de una dimensión aproximada de $0,90 \times 1,80$ m, situadas bajo los muros de carga. El edificio no disponía de cámara sanitaria y la planta baja estaba separada del terreno natural mediante solera de hormigón en masa. Posteriormente, en 1986, se acometieron unas obras de consolidación y estabilización de la cimentación y estructura, que consistió en la realización de un recalce de todos los muros de carga, incrementando la profundidad del apoyo de las zanjas

corridas, ejecutado mediante batches rellenos de hormigón llegando hasta una profundidad de cuatro metros respecto a la cota de la calle.

Aprovechando la realización de las citadas obras, se procedió a ejecutar en la planta baja un forjado en sustitución de la solera inicial que formaba una cámara sanitaria sin acceso, y evitaba patologías de humedades sobre las viviendas de planta baja. Dicho forjado sanitario apoya sobre muretes de un pie de ladrillo situados junto a los muros principales de hormigón y apoyados sobre las mismas zanjas corridas. Según documentación facilitada, el pequeño anexo que conforma el portal de entrada fue recalzado en el año 2002 mediante micropilotes fabricados in situ de diámetro exterior 114 mm armados con tubo de acero ST-37, hasta una profundidad de 15 metros.

PATOLOGÍA

- Grietas y fisuras generalizadas de diversas trayectorias en cerramientos y caja de escalera a nivel de planta baja y superiores.
- Grietas en los revocos de las distintas fachadas, debido a manifestaciones del proceso patológico del punto anterior y a la deficiente calidad de los materiales, permitiendo filtraciones.
- Tela asfáltica despegada, sumideros deteriorados, piezas de solado rotas, petos y chimeneas degradados en azotea catalana, por falta de mantenimiento.

SISTEMA ELEGIDO

Debido al sistema constructivo que presenta el edificio, se plantea la posibilidad de llevar a cabo una intervención de baja invasividad que evitase el derribo del forjado sanitario, rapidez en su ejecución (visto que se actuaría en el interior de viviendas ocupadas) y bajo coste económico.

Una vez acordados plazos y procedimiento de ejecución con la dirección facultativa se procedió, según protocolo, a la caracterización del terreno mediante ensayos de penetración dinámica y ERT 3D (ver figuras 2 y 3). El registro de resistividad eléctrica 3D muestra la cota de cimentación del edificio

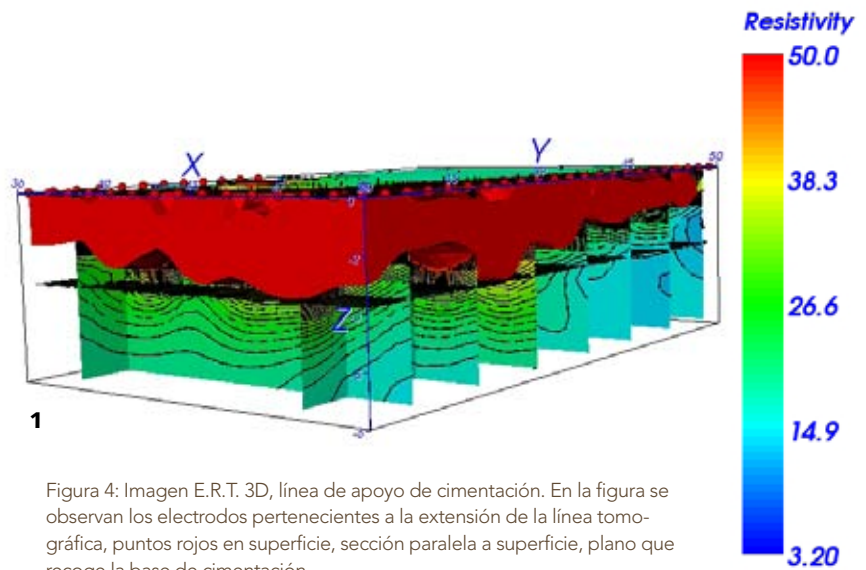


Figura 4: Imagen E.R.T. 3D, línea de apoyo de cimentación. En la figura se observan los electrodos pertenecientes a la extensión de la línea tomográfica, puntos rojos en superficie, sección paralela a superficie, plano que recoge la base de cimentación.

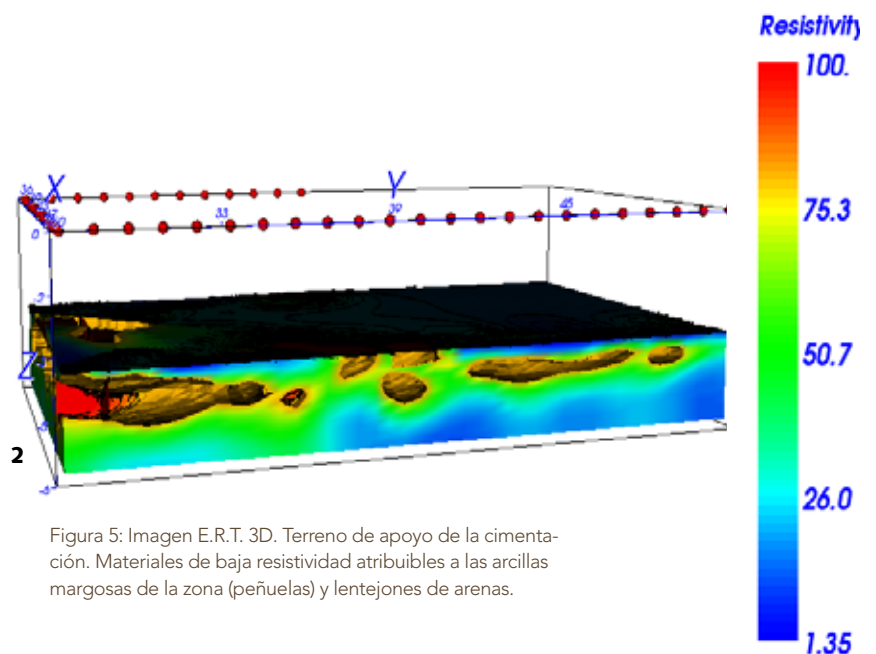


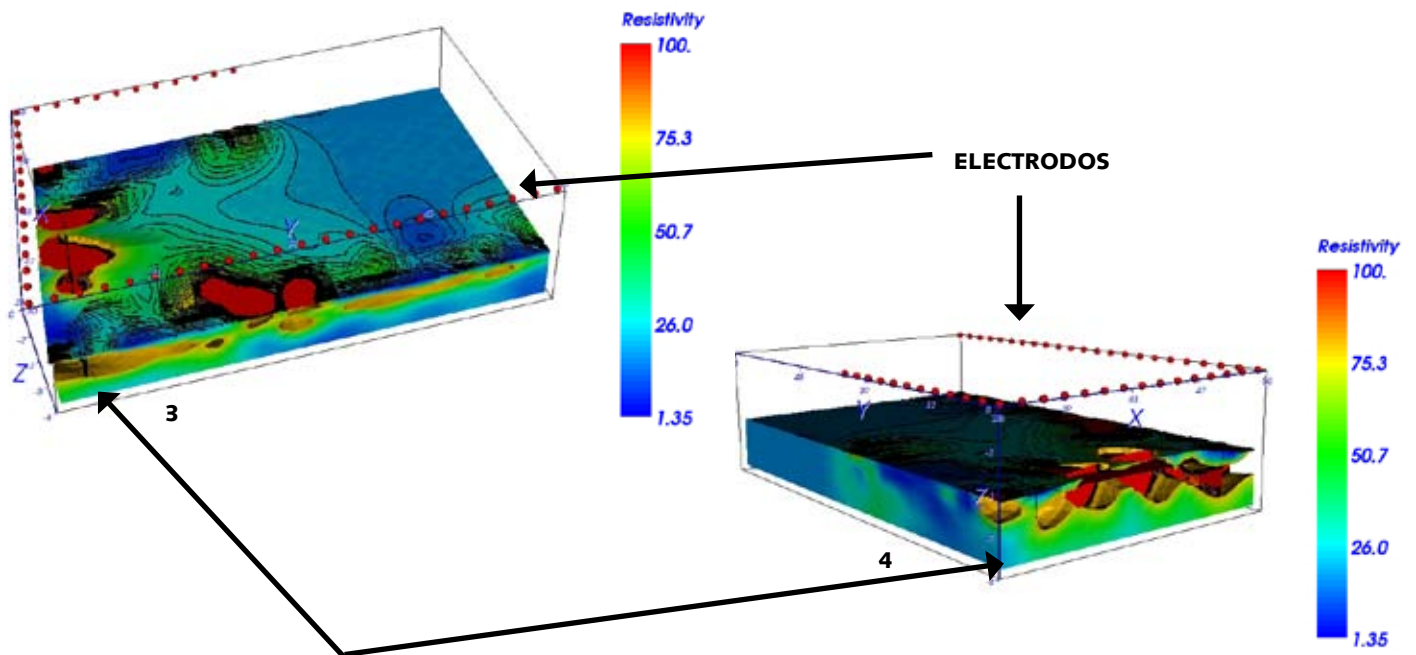
Figura 5: Imagen E.R.T. 3D. Terreno de apoyo de la cimentación. Materiales de baja resistividad atribuidos a las arcillas margosas de la zona (peñuelas) y lentejones de arenas.

y los materiales infrayacentes a la misma compuestos por arcillas y lentejones de arena (identificables en la figura 5).

Se realizaron ensayos de expansividad de muestras recogidas denotando carácter de moderado a altamente expansivo. La falta de homogeneidad del terreno, expansividad del mismo así como posible lavado de las arenas, como muestra los altos registros de resistividad eléctrica se barajan como concausas efectivas de la desestabilización de la estructura. Las inyecciones de resina expansiva ejecutadas a dos niveles de profundidad, cuatro y cinco metros, permitieron la homogeneización del terreno, disminuyendo la presencia

de agua en el mismo, relleno de cavidades y porosidades excesivas en las arenas, consolidando el bulbo de presiones generado por la cimentación del edificio.

La comparación entre el estudio geofísico y geotécnico pre y post intervención del terreno bajo la huella del edificio objeto de intervención, realizado gracias al método de la tomografía de la resistividad eléctrica 4D $f(x,y,z,t)$ en tiempo casi real y a los ensayos de penetración dinámicos, así lo confirman, permitiendo verificar un aumento significativo de resistividad y resistencia a la punta respecto a los valores iniciales medidos antes de las inyecciones (ver figura 8).



Arriba, figura 6: imagen E.R.T. 3D a cota de apoyo de cimentación donde se muestran altos registros de resistividad atribuibles a lavados en los lentejones de arena detectados.

ZONAS DE ALTA RESISTIVIDAD EN EL SENO DE LAS ARENAS ATRIBUIBLES A LAVADOS PUNTUALES

Figura 7. Abajo, imagen E.R.T. 3D del terreno infrayacente a la cimentación a cota $h=3,50$ m, donde se aprecia la homogeneización y aumento de resistividad eléctrica del terreno del 25%. Derecha, imagen E.R.T. 3D intermedia, durante la ejecución de las inyecciones, mostrando la interacción de la resina con el terreno tratado, permitiendo llevar a cabo modificaciones / repetición de las inyecciones si los resultados obtenidos no fuesen los esperados.

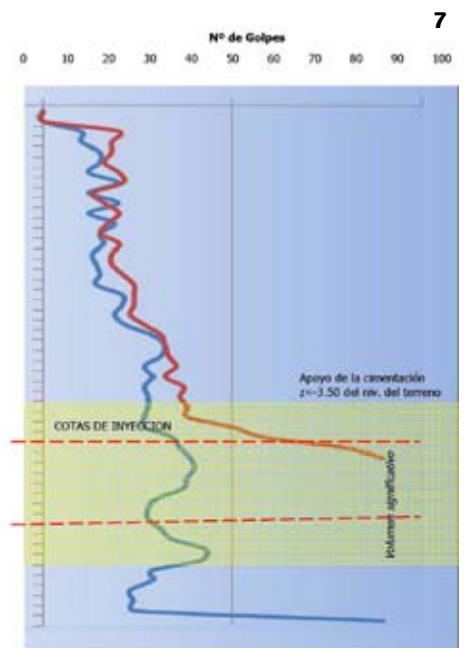
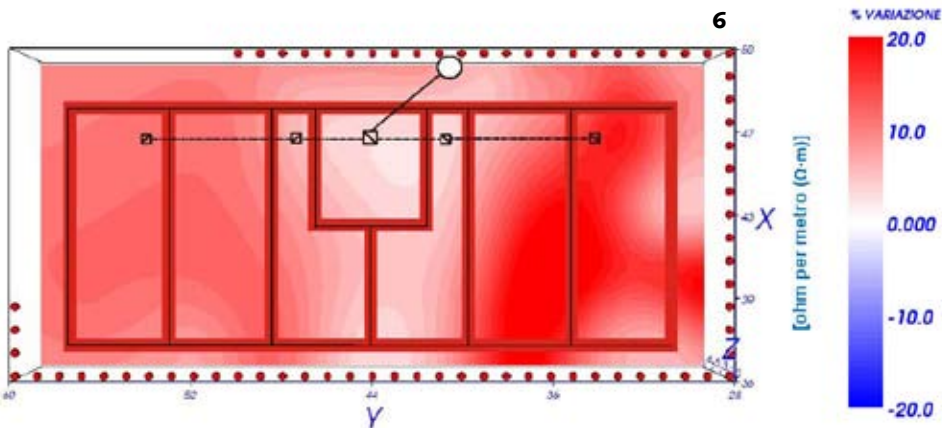
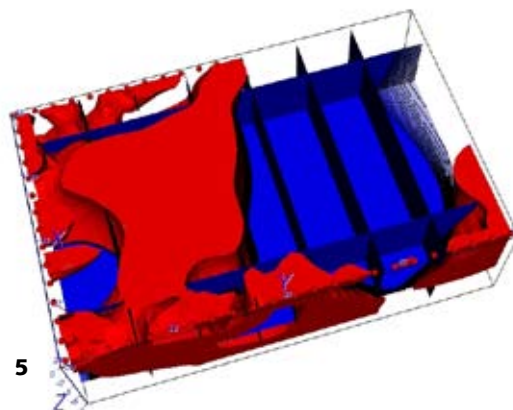


Figura 8: registro de golpeo de uno de los ensayos de penetración dinámica DPM 30 realizados antes (color azul) y después de la intervención (rojo). Se observa un claro aumento de la resistencia mecánica a la punta con rechazo prácticamente en la primera de las cotas de inyección.