

LABORATORIO DE GEOTECNIA (LG)

Memoria de Actividades 2024

“Al servicio de la sociedad frente a los desafíos del terreno y las cimentaciones”

Durante el año 2024, en el **Laboratorio de Geotecnia** hemos desarrollado una intensa y variada actividad, integrada dentro de los retos de la **Agenda Estratégica del CEDEX 2023 - 2025**, en particular, en los de resiliencia en la movilidad y en el medio natural, la movilidad sostenible y la sostenibilidad en el medio natural, y fundamentalmente en ámbitos temáticos competencia del **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS)** y del **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)**. La actividad del Laboratorio de Geotecnia (LG) redunda en un correcto mantenimiento y desarrollo de las infraestructuras del país mediante el análisis técnico de proyectos de nuevas obras o de patologías detectadas en las existentes, y la propuesta de soluciones razonables técnica y económicamente.

Geotecnia de carreteras

En relación con la línea de actividad de **geotecnia de carreteras**, en el Laboratorio de Geotecnia hemos realizado, en el marco del encargo de la **Dirección General de Carreteras (DGC)** al CEDEX de **“Asistencia Técnica en materia geotécnica en el ámbito competencial de**

la DGC”, labores de asesoramiento geotécnico y de instrumentación, seguimiento y análisis del comportamiento de diferentes tramos de la red de carreteras del Estado que han presentado problemas relacionados con el terreno. En total, hemos elaborado **39 informes técnicos** en 2024, relativos al estudio y resolución de patologías de terraplenes, muros, socavones y cavidades bajo calzada, cimentaciones de viaductos, túneles, desmontes y taludes naturales, afectando a diversos tramos de carreteras y autovías de la red estatal.

Entre los tramos estudiados, podemos mencionar los siguientes: **Autovía A-2** en Sant Vicenç dels Horts (Barcelona); **autovía A-49** en Camas (Sevilla); **autovía A-33** en Font de la Figuera (Valencia); variante de Alcoy de la **autovía A-7** (Alicante); carretera **N-420** en el Fuencaiente (Ciudad Real); autovía del Mediterráneo **A-7** en los tramos Polopos-Albuñol y Carchuna-Castell de Ferro (Granada) y en Málaga; carretera **N-432** (Córdoba); variante de la Escucha en la **N-420** (Teruel); terraplén en la **autovía A-3** en Rivas Vaciamadrid (Madrid); talud en la **N-625** en Oseja Sajambre (León); muro de la **N-502** en Cuevas del Valle (Avila); desprendimientos de rocas en el un tramo de la **N-536** en Puente de Domingo Flórez

(León); desmonte rocoso de la **N-332** en Altea, (Alicante); **autopista AP-4** en Jerez de la Frontera (Cádiz); **autovía A-44**, tramo Las Gabias-Alhendín (Granada); **autovía A-67** (Cantabria), en el ramal de salida a Corrales de Buelna; desmonte en la **N-320** en Sacedón (Guadalajara); **autovía VA-30** (Valladolid); **autovía A-44** en La Guardia de Jaén (Jaén); carretera **N-211** en Anquela del Ducado (Guadalajara); **A-8** en Reocín (Cantabria); **N-552** en Redondela (Pontevedra); y **N-320** en Horche (Guadalajara).

Finalmente, destacamos que, en los últimos meses del año, hemos prestado asesoría técnica a la DGC en el desprendi-

miento de rocas que provocó el cierre al tráfico las **dos calzadas de la AP-66 (Autopista del Huerna)**, así como en diversos puntos de la red de carreteras en la provincia de Valencia en las proximidades del **Barranco del Poyo**, debido a los daños causados por la **DANA del 29 de octubre**.

Como parte de los **programas de I+D+i** en el ámbito de las carreteras desarrollados este año por el Laboratorio de Geotecnia, mencionamos que se están implementando nuevas metodologías para el seguimiento de la evolución de patologías geotécnicas como las descritas, basadas en las nuevas tecnologías disponibles tipo láser-escáner, fotogrametría, interferometría, etc.



Desprendimiento de rocas en AP-66

Geotecnia ferroviaria

En el ámbito de la **geotecnia ferroviaria**, en el **Área de Infraestructuras Tecnológicas**, destacan los trabajos relacionados con el **programa europeo GEOLAB** donde hemos comenzado los ensayos del modelo denominado **GEOLAB-PEDLER**, comprometido con **LECA**, como entidad externa, y hemos finalizado con éxito la gestión de las actividades relacionadas con el programa de **“Intercambio entre centros”**.

Así mismo, en el **Laboratorio de Geotecnia** hemos llevado a cabo la coordinación del **encargo de cuatro años a medio propio de ADIF al CEDEX** para la prestación de servicios de asesoramiento, investigación y desarrollo tecnológico en las diferentes técnicas del sistema ferroviario y de edificación, realizado en septiembre de 2022, que **incluye once actuaciones** a cargo de diferentes centros del CEDEX.

Hemos realizado un gran número de trabajos incluidos en las **cuatro actuaciones** que dependen de LG del **Encargo de Adif**: realizamos la instrumentación de dos secciones de la red convencional (en la línea Madrid-Irún y en la Madrid-Valencia), determinamos la velocidad crítica de secciones LAV que discurren sobre terrenos blandos para analizar la influencia de los tratamientos de mejora aplicados, desarrollamos una metodología para interpretar correctamente los resultados del equipo Panda cuando se hacen sobre balasto y

estamos analizando un método de laboratorio para determinar el momento en que una capa de balasto debe sustituirse.

Así mismo, en el Cajón hemos llevado a cabo trabajos de calibración de la instrumentación y de mantenimiento de la instalación.

Geotecnia de obras portuarias y costas

En **geotecnia de obras portuarias y costas**, durante el año 2024, hemos prestado asesoramiento geotécnico continuo a **Puertos del Estado**, en el marco del encargo de este organismo al CEDEX. Hemos participado en la valoración y mejora de anteproyectos y proyectos de diversas autoridades portuarias relativos a tratamientos del terreno, aumento de calado de cajones, pruebas *in situ*, resolución de patologías de cimentaciones mediante pilotes, cimentaciones de naves, edificios y estructuras, ampliaciones de muelles, y acondicionamiento de viales de acceso.

En este ámbito, destacamos las siguientes actuaciones relativas a: el aumento de calado de los cajones del **Muelle Sur del Puerto de Barcelona**; el **soterramiento/aparcamiento de la Avda. de Hispanoamérica** junto a los terrenos de la Autoridad Portuaria de **Huelva**; las alternativas de **rehabilitación del Muelle Armamento**, en el **Puerto de Sevilla**; la **prolongación del dique de abrigo de San Juan**, en el de **Gijón**; el aumento de calado mediante *jet grouting* bajo el **Muelle Castilla**, en el **Puerto de Tarragona**; la **creación del “Muelle Baleares”**, como

continuación del Muelle Cataluña, en ese mismo puerto.

También estamos prestando asesoramiento continuo a la **Autoridad Portuaria de Alicante** sobre las deficiencias en la ejecución del pilotaje de una estructura marina en la bocana su la dársena interior. Estas labores, basadas en el rigor técnico, redundan en mayor fiabilidad, durabilidad y reducción, en ocasiones muy notables, de costes, tanto en las fases de construcción y explotación, como ante imprevistos o comportamiento deficiente de las infraestructuras.

Esta línea **permite realizar ensayos singulares no disponibles en el sector privado**, orientados a evaluar la fiabilidad de las estructuras portuarias, impulsar nuevas técnicas para la inspección, caracterización y auscultación del medio portuario y sus infraestructuras y contribuir a la realización de documentos técnicos (normas, guías y manuales de buena práctica).

En lo referente al **I+D+i portuario**, se hemos avanzado en el **“Estudio para una propuesta de revisión de la R.O.M. 0.5-05, en línea con el Eurocódigo 7”**. Por otra parte, estamos realizando estudios experimentales de dispositivos de medida sacrificables en estructuras portuarias y otros sobre consolidación secundaria en suelos, así como la modelización de un muelle de tablestacas puesto en servicio recientemente con instrumentación.

Concretamente, en el ámbito costero, hemos seguido prestando asistencia

técnica a la **Dirección General de la Costa y el Mar del MITECO** en la cuestión de la sección estructural que adoptar en el túnel en construcción del **tramo Miraconcha – Easo del Metro de Donostia**, en la zona en que el túnel discurre bajo la zona marítimo-terrestre, donde tuvo lugar un desprendimiento del terreno en el hastial izquierdo de la sección de túnel y un colapso de la superficie.

Geotecnia de obras hidráulicas

En **geotecnia de obras hidráulicas**, hemos desarrollado una notable actividad en la asistencia técnica a la **Dirección General del Agua (DGA)** y a confederaciones hidráulicas, tanto en materia de patología como de evaluación de seguridad de presas.

Durante 2024, hemos continuado con los siguientes trabajos: valoración de la estabilidad de túnel de desvío clausurado y de la ladera izquierda de la **Presa de Riaño** (Confederación Hidrográfica CH Duero); detección mediante técnicas no invasivas de la coronación del núcleo de la **presa de Canales** (CH Guadalquivir); trabajos de campo ligados a la seguridad de la **presa de El Atance** (CH Tajo). Hemos puesto en marcha los estudios sobre las filtraciones y posibles erosiones de la **Presa de Argos** (CH Segura); sobre el cimiento de la **presa de la Rambla del Moro** (CH Segura); y sobre las condiciones geotécnicas de la poza de desagüe de la **presa de Mediano** (CH Ebro). Además, en el Laboratorio de Geotecnia también estamos participando en la **redacción de un manual de inspección de presas**, que está impulsando la DGA.

Por otra parte, hemos finalizado el **encargo de la CH del Guadalquivir** sobre los sobrevertidos a través la ladera oeste del vaso de la **Presa de la Breña II**.

También, hemos llevado a término con éxito el **encargo de la CH del Júcar** para la realización de un ensayo *in situ* para determinar la resistencia del contacto fricción hormigón-cimiento al pie de la **Presa de Amadorio**.



Configuración de un ensayo de corte in situ para uno de los dados. Vista lateral

Toda esta actividad redunda en la mejora y optimización de proyectos, fundamentalmente de rehabilitación y refuerzo de presas en servicio, con rigor técnico, y ofreciendo fiabilidad, durabilidad y reducción de costes.

Geotecnia ambiental

En lo referente a la **geotecnia ambiental**, dentro de las actividades de **I+D+i** para **Puertos del Estado**, estamos elaborando un documento sobre el aprovechamiento de dragados y materiales alternativos (excavaciones de obra civil, RCD y áridos siderúrgicos), así como sus limitaciones normativas y las alternativas de fijación o

confinamiento, si procede.

Así mismo, para el **MITMS**, en coordinación con otros centros del **CEDEX**, se ha retomado la **actualización del Catálogo de residuos utilizables en construcción**.

Ensayos de laboratorio

Por lo que respecta a realización de **ensayos de laboratorio**, hemos terminado un total de **17 trabajos**, tanto para clientes externos como para trabajos de investigación internos y apoyo a otras áreas.

Destacamos el trabajo para la empresa minera **Sandfire MATSA**, con multitud de ensayos de laboratorio en general y dinámicos en particular, sobre muestras con unas características especiales que han hecho necesaria la puesta a punto de procesos y metodologías de ensayo fuera de lo habitual.



Material extraído de uno de los tubos Shelby recibidos en el Laboratorio de Geotecnia para la realización de ensayos.

Igualmente podemos destacar los **trabajos realizados sobre muestras granulares gruesas** en los equipos de corte de 30x30 cm y 1x1 m, ensayos en los que nuestro laboratorio es un referente. Hemos adquirido varios equipos de ensayo y hemos modernizado los sistemas de adquisición y registro de datos (nuevo equipo triaxial para suelos, sistema de toma de datos para edómetros y cortes en suelo, sistema de presión para el triaxial de rocas, sistema de control y adquisición de datos para las prensas de mecánica de rocas).

En la **sección de química**, hemos renovado los equipos informáticos y los programas para el control y tratamiento de datos de los sistemas de análisis de IC, TGA-DSC y WD-XRF. También destacamos la puesta en marcha del **Sistema de Calidad ISO 9001** para los ensayos de laboratorio del LG, que pretendemos implantar en 2025.

Geofísica

Por lo que respecta a la **geofísica**, mención especial merecen los trabajos llevados a cabo dentro de los **encargos de ADIF** (auscultación de vías de alta velocidad al paso de trenes y ensayos de ondas superficiales para estudio de la velocidad crítica de secciones ferroviarias), **Puertos del Estado** (Puerto de Avilés y el Puerto de Tarragona), así como del programa con la **Dirección General del Agua** (Presa de Canales, Presa del Mediano y redacción de una guía de ensayos geofísicos y geotécnicos en el interior de sondeos).

Adicionalmente, hemos coordinado la realización de un **curso sobre adquisición de señales con LabVIEW** para ensayos de campo y laboratorio, y continuamos representando al **CEDEX** en las **reuniones de la Comisión Española de Geodesia y Geofísica**.

Dentro del ámbito de los **ensayos geotécnicos *in situ* e instrumentación**, destacamos los trabajos de realización de los ensayos de corte *in situ* de grandes dimensiones para determinación del rozamiento hormigón -cemento en la **presa de Amadorio**.

En **normalización**, seguimos trabajando en **comités de UNE CTN 103 Geotecnia**, en el que ostentamos la presidencia, y **CTN 140-SC7**, relativo al **Eurocódigo 7 (EC7)**, así como en los comités europeos (CEN) e internacionales (ISO) correspondientes.

Así mismo, hemos terminado el trabajo del comité redactor de la **actualización de la Guía de Anclajes de la Dirección General de Carreteras**, y estamos a la espera de su publicación.

También, hemos comenzado la redacción de la **“Guía de Aplicación del Eurocódigo 7 en obras portuarias”** para **Puertos del Estado**, y los trabajos para la redacción del **Anejo Nacional Español del futuro EC7**. Estamos finalizando la redacción de la **“Guía técnica para el uso de arcilla expandida en proyectos y obras de infraestructuras”**, que se publicará como **Monografía CEDEX**.

Dentro del **comité ISO 182 (Geotechnics)**, hemos impulsado la normalización de

ensayos de laboratorio en Mecánica de Rocas. En el Laboratorio de Geotecnia hemos liderado, dentro el **comité CEN 396 (Earthworks)**, el impulso de los ensayos químicos en el ámbito geotécnico.

I+D+i

Dentro del ámbito de la **I+D+i**, las actividades del Laboratorio se han visto reflejadas en la publicación de **8 artículos en revistas internacionales JCR** (y otros cuatro en proceso de revisión), **23 ponencias en congresos internacionales, 1 en congresos y jornadas nacionales y una monografía CEDEX**. Varias tesis doctorales se han seguido realizando parcialmente en el laboratorio, tales como las relativas a dimensionamiento estructural de pilotes; y a la caracterización geotécnica de la arcilla expandida como árido ligero.

Hemos contado con la presencia de **cuatro investigadores predoctorales** de la **Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (Argentina)**, que desarrollan sus tesis doctorales sobre el almacenamiento geológico de CO₂ y siendo uno de ellos codirigido por técnicos del LG.

En el ámbito de la mecánica de rocas, hemos continuado la línea de investigación centrada en el comportamiento a tracción de materiales rocosos. El artículo **“A New Insight into the Stability of Precariously Balanced Rocks”**, de coautoría de investigadores del LG, fue galardonado en 2024 con el **Premio Giovanni Barla** al mejor artículo publicado en la revista **Rock Mechanics**

and Rock Engineering (Springer) durante el año 2023.

Transferencia tecnológica

Por lo que se refiere a las actividades de **transferencia tecnológica**, en 2024 tras una preselección de más de 70 candidatos de diversos países, hemos realizado exitosamente la **42ª edición del Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica del CEDEX/UNED** con **23 alumnos** (de Bolivia, Chile, Costa Rica, España y México). Fue el cuarto año en modalidad semipresencial, con formato telemático en el periodo lectivo (febrero-junio) y presencial el periodo de prácticas (octubre). En el Laboratorio de Geotecnia, así mismo, hemos impulsado junto la **Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación (UIDI)**, vías para la agilización y apoyo en la **tramitación de patentes**.

Por último, hemos realizado un importante esfuerzo por mantener la presencia y participación del CEDEX en los foros nacionales e internacionales de geotecnia: sociedades españolas de geotecnia; comités nacionales de normalización UNE, europeos (CEN), e internacionales (ISO); plataforma ELGIP; jornadas técnicas y congresos.