

CEDEX

ACTIVIDADES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

MEMORIA
2023



ÍNDICE

HITOS CEDEX	6
PRESENTACIÓN	8
CONÓCENOS	12
TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO	40
ACTIVIDADES PRINCIPALES Y PROYECTOS DESTACADOS	42
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEH)	46
PROYECTOS DESTACADOS CEH	48
Apoyo en la revisión de la directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas	48
Estudio del transporte sedimentario del curso bajo del río Ebro	50
Visor de especies exóticas invasoras	52
Estudio hidráulico con modelación híbrida del aliviadero para el recrecimiento de la presa de Yesa	54
Diseño hidrodinámico de las estructuras de reincorporación al río Manzanares de los aliviaderos de Abroñigales y La Gavia	58
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBA- NISMO (CEHOPU)	62
PROYECTOS DESTACADOS CEHOPU	64
Participación en el I Congreso Internacional de Patrimonio de la Obra Pública y la Ingeniería Civil, Construir el paisaje y activar el turismo.....	64
Presentación del libro <i>Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico</i>	68
Jornada Polívka-Torroja. Homenaje a los ilustres ingenieros universales Jaroslav Josef Polívka y Eduardo Torroja Miret	70
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEPYC)	74
PROYECTOS DESTACADOS CEPYC	76
Medidas de seguimiento y control para frenar la llegada de microplásticos al mar	76
Estudio para la mejora del frente de costa del maresme para reducir la vulnerabilidad de la línea férrea frente a las acciones marinas	78

Estudio numérico de dispersión de material de descarga en el puerto de Santander.....	80
Restauración ambiental de entornos costeros. Culminación del proyecto de dragado ambiental de los sedimentos de la ría de O Burgo.....	82
Estudios sobre la dársena de la ampliación norte del puerto de Valencia	84
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE (CET).....	88
PROYECTOS DESTACADOS CET	90
Apoyo a la DGC para la adaptación de la infraestructura al vehículo autónomo y conectado	90
Seguimiento de los tramos de excepcionalidad normativa.....	92
Estudio de patologías en firmes de la RCE. Abombamientos en la A-66	94
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS (CETA)	98
PROYECTOS DESTACADOS CETA.....	100
Premio Piarc “Cambio climático y resiliencia” en el World Road Congress (Praga, 2023).....	100
Aprobación del encargo para la realización de “asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en conservación de la biodiversidad, ruido ambiental y adaptación al cambio climático en materias competencia de la dirección general de carreteras (2023-2027)”	102
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES (LCEYM)	106
PROYECTOS DESTACADOS LCEYM.....	108
Análisis de alternativas para minimizar el riesgo de colapso de pasos superiores por el impacto de vehículos ferroviarios cuando estos descarrilan	108
Instrumentación y monitorización en el viaducto de Minglanilla (Cuenca) en relación con el proyecto europeo de I+D+i Europe’s Rail Joint Undertaking (ERJU)	110
Rehabilitación del espaldón del dique de la bocana norte del puerto de Barcelona	112
Publicaciones en el campo de la corrosión de las armaduras en estructuras portuarias: espaldones de dique y cajones flotantes.....	114

Guía práctica para la inspección y seguimiento de las barreras geosintéticas poliméricas utilizadas en la impermeabilización de balsas.....	116
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL LABORATORIO DE GEOTECNIA (LG).....	120
PROYECTOS DESTACADOS LG	122
Instalación de un sistema de transmisión a distancia de elementos de auscultación. Autovía A-33 (La Font de la Figuera, Valencia)	122
Planteamiento de los trabajos de corrección de la patología de la A-2 en Sant Vicenç dels Horts	124
Ensayos para la caracterización de materiales gruesos para la construcción de la isla Princesa Isabel (Bélgica).....	126
Estudios del comportamiento de vías de alta velocidad. Campañas de auscultación en el P.K. 91+500 De la LAV Madrid-Barcelona.....	128
Estudio y modelización de las características geotécnicas y actuaciones necesarias para la estabilización de la ladera de cierre oeste en el embalse de la Breña II, T.M. Almodóvar del Río (Córdoba).....	130
ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA (LIF).....	134
PROYECTOS DESTACADOS LIF.....	136
Participación en R2DATO y Future. Proyectos emblemáticos de ERJU	136
Gemelo digital del ERTMS.....	140
Ensayos de ANTENA-BTM	144
Encargo ADIF-CEDEX actuación Nº5: centralización y mantenimiento de un registro mapas digitales de infraestructura y activos ERTMS de la red ferroviaria de interés general (RFIG)	146
ANEXOS.....	151

HITOS CEDEX

2023



ENERO

EUROPE'S RAIL JOINT UNDERTAKING

Arrancamos las actividades de los proyectos **FP1-MOTIONAL**, **FP2-R2DATO**, **FP3 IAM4RAIL** y **FP6-FutuRe** del partenariado ferroviario europeo ERJU

AGENDA ESTRATÉGICA

Presentamos la Agenda Estratégica del CEDEX 2023-2025

FEBRERO

HALLAZGO FICOLÓGICO

Participamos en un **gran hallazgo ficológico**. Primeros registros de ulvella spongophila (ulvophyceae: ulvellaceae) para la región paleártica: el descubrimiento de cuatro poblaciones en el sur de la península ibérica

MARZO

PROYECTO LIAISON

Firmamos el Grant Agreement de participación en el **Proyecto Horizonte Europa LIAISON** (Lowering transport environmental impact along the whole life cycle of the future transport infrastructure)

ABRIL

MIEMBROS FUNDADORES

Firmamos el convenio que regula nuestra **participación en el ERJU** del que somos miembros fundadores en el grupo liderado por ADIF y en el también participan ADIF AV, Renfe Operadora e INECO

MAYO

POLIVKA-TORROJA

Homenajeamos a dos grandes ingenieros: **Jaroslav Josef Polívka** y **Eduardo Torroja Miret**. Recibimos con agradecimiento la donación del archivo de Jaroslav Josef Polívka

JUNIO

CIENCIA Y AGUA

Organizamos la jornada de presentación del libro **"Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico"**, con motivo del 90 aniversario de la creación del Centro de Estudios Hidrográficos

JULIO

COLABORACIÓN CON CIEMAT

Firmamos un protocolo de colaboración con **CIEMAT** que regula nuestra estrecha colaboración

AGOSTO

125 ANIVERSARIO DEL LCEYM

Celebramos el 125 aniversario del Real Decreto de **creación del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales** (1898-2023) [12 de agosto de 1898]

SEPTIEMBRE

EXPOSICIONES

Inauguramos las exposiciones:

- "Artifex. Ingeniería romana en España"
- "Felipe II. Los ingenios y las máquinas"
- "Más allá del arco. Puentes de la modernidad"

Todas ellas en el marco del I Congreso Internacional de Patrimonio de la Obra Pública y la Ingeniería Civil organizado por el CICCIP con la colaboración del CEDEX

OCTUBRE

PREMIO LORENZO PARDO

El Centro de Estudios Hidrográficos es galardonado con el **Premio del Agua Lorenzo Pardo** organizado por la Diputación de Alicante y el Club Información

NOVIEMBRE

CONMEMORACIÓN CURSO

Conmemoramos el 40º aniversario del **Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras**

DICIEMBRE

PROYECTO GFRPORT

Nos conceden la **coordinación técnica del proyecto GFRPort** financiado por la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia e Innovación)



PRESENTACIÓN

ÁUREA PERUCHO MARTÍNEZ
DIRECTORA DEL CEDEX

Un año más tengo el gusto de presentar la Memoria anual de actividades del CEDEX, en esta ocasión correspondiente al año 2023.

En este año han destacado dos hechos fundamentales para marcar el rumbo del organismo, que son la aprobación de dos **documentos estratégicos**: la **Agenda Estratégica 2023-2025** y el **Plan Estratégico 2023-2025**, que han marcado nuestro rumbo en el año y lo continuarán marcando a lo largo del trienio. Mientras que la primera marca nuestras **principales prioridades** para este periodo y los **retos temáticos** en los que nos vamos a centrar para dar el mejor servicio y apoyo a los ministerios y, en definitiva, a la sociedad -a la que nos debemos- en el segundo, el Plan Estratégico, desarrollamos los **principales objetivos y acciones** a implementar, principalmente cuestiones de organización interna, para su consecución.

Así, nuestras prioridades a lo largo de 2023 se centraron en las tres marcadas en la Agenda:

- Máximo alineamiento con MITRAMS y con MITERD
- Consolidación de la proyección nacional e internacional
- Fortalecimiento para la mejora de la eficiencia

Prioridades que pasan a ser los **objetivos estratégicos** de nuestro nuevo Plan, en los que éstos se desgranar para buscar el camino para conseguirlos.

Por otra parte, el rumbo de los temas principales de nuestro trabajo se ha dirigido, en colaboración con los centros directivos a los que apoyamos, hacia la **innovación en la movilidad y en el medio natural**, con el foco puesto en el impulso de lo que son tres aspectos clave hoy en día: la **resiliencia**, la **sostenibilidad** y la **digitalización**.

El primero de ellos, la **resiliencia**, es un aspecto fundamental en el que nos debemos centrar hoy día si queremos mantener con eficiencia el rico patrimonio de obra pública e infraestructuras que tenemos en nuestro país y nuestro maravilloso entorno natural, puesto en riesgo hoy más que nunca por los desafíos que conllevan los **efectos del cambio climático** que estamos sufriendo. Por ello debemos trabajar no sólo en la **conservación** sino también en la **prevención de daños**, tanto en nuestras obras públicas como en el medio natural en el que se asientan.

En cuanto al mencionado en segundo lugar, la sostenibilidad-entendida en nuestro caso como **sostenibilidad ambiental**- no cabe duda de que es un aspecto clave a considerar si queremos actuar con **compromiso y responsabilidad** sobre el mundo que queremos dejar a nuestros hijos.

Por último, pero no menos importante, el mencionado en tercer lugar, la **digitalización**, es clave para el progreso implementarla al máximo hoy día, aprovechando todas las valiosas herramientas más recientes que tenemos a nuestra disposición con el tremendo desarrollo producido en los últimos años en **nuevas tecnologías** como el BIG Data, el BIM o la inteligencia artificial.

También quiero destacar que el año 2023 ha sido un año **especialmente activo para el CEDEX**, en el que hemos tenido una intensa participación en congresos y eventos, en publicaciones y en el fortalecimiento de colaboraciones, con la firma de

HOJA DE RUTA PARA EL PRÓXIMO TRIENIO

un Protocolo de colaboración con el CIEMAT y del convenio de la importante y estratégica empresa de investigación ferroviaria Europe Rail Joint Undertaking, ERJU, con Adif, Renfe e Ineco. Además, ha sido un año en el que hemos recibido un elevado número de encargos a medio propio de diferentes centros directivos y en el que hemos intensificado nuestra participación en proyectos internacionales

de investigación, en todos los cuales esperamos aportar gran valor con nuestros conocimientos y experiencia.

Ciertamente, las personas del CEDEX nos sentimos orgullosas del trabajo realizado en el año y agradecidas por los reconocimientos recibidos, galardones que nos animan a seguir esforzándonos por estar a la vanguardia del progreso y la innovación en nuestro ámbito de trabajo.

Para terminar, no quiero cerrar estas líneas sin expresar mi **agradecimiento a todo el personal del CEDEX**, porque todo este trabajo del año, mostrado de manera muy resumida en esta Memoria, sólo ha sido posible gracias a que el CEDEX no sólo dispone de unas valiosísimas instalaciones y equipamientos, sino porque tiene un inmenso y aún más **valioso equipo humano** detrás, repartido en nuestros ocho centros y laboratorios, en nuestra Secretaría y en nuestra Dirección. A todo el equipo, muchas gracias, **continuamos mejorando la calidad de vida de nuestra sociedad**.

AGENDA ESTRATÉGICA Y
PLAN ESTRATÉGICO
2023-2025



CONÓCENOS

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de conocimiento

Actividades Principales y Proyectos Destacados

Anexos

CONÓCENOS

QUIENES SOMOS

El **Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, O.A Y M.P., (CEDEX)** es un organismo autónomo con la condición de medio propio, de la Administración General del Estado, de los previstos en el artículo 98 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Además, ostenta la condición de agente de ejecución del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI). Como tal, es un organismo público de referencia en I+D+i en los campos de la ingeniería civil, la edificación y el medio ambiente.

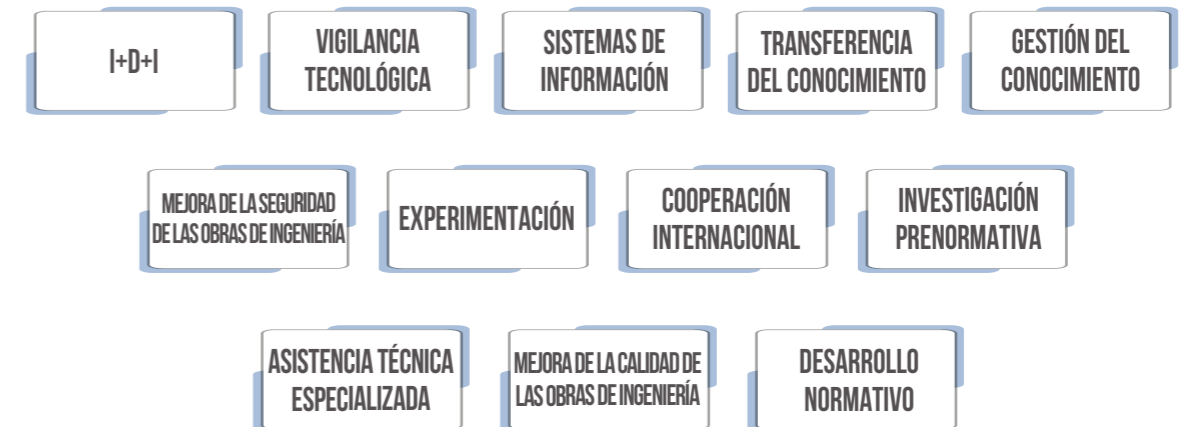
El **CEDEX** está adscrito orgánicamente al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de la Secretaría de Estado de Transportes y Movilidad Sostenible, y tiene dependencia funcional del **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITRAMS)** y del **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)**, en el marco de sus respectivas competencias.

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

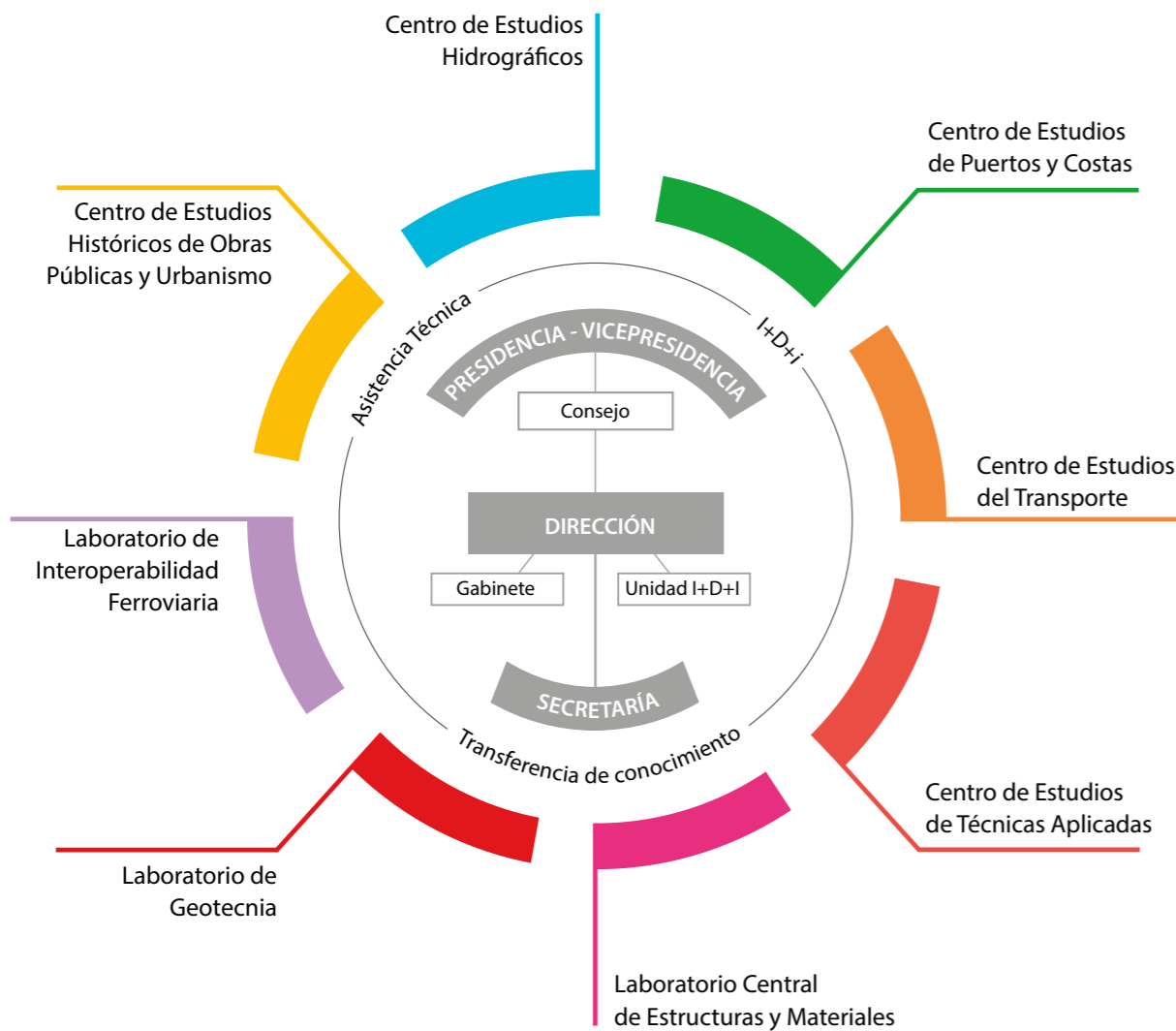
Sede del CEDEX en el Cerrillo de San Blas



FUNCIONES DEL CEDEX EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA CIVIL Y EL MEDIOAMBIENTE



NUESTRA ORGANIZACIÓN



Estructura organizativa del CEDEX

CENTROS Y LABORATORIOS

CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEPYC) ■

Centro especializado en puertos, costas, navegación y mar. El CEPYC es referencia para las Instituciones Públicas, ofreciendo sus servicios a todo tipo de entidades en España e internacionalmente



LABORATORIO DE GEOTECNIA (LG) ■

Centra su actividad en los aspectos relacionados con la mecánica de suelos y de rocas y con la ingeniería geológica y geotécnica aplicada a las vías de comunicación, obras hidráulicas, portuarias y ambientales y a las edificaciones



CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE (CET) ■

Centro dedicado a las tareas de asistencia técnica especializada, investigación y desarrollo tecnológico e innovación en materia de carreteras y transporte en general



LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA (LIF) ■

El laboratorio más joven de los que integran el CEDEX, y el primero del mundo acreditado para ensayar componentes y líneas equipadas con el ERTMS



CENTRO DE ESTUDIOS DE DE TÉCNICAS APLICADAS (CETA) ■

Orienta sus actuaciones fundamentalmente al estudio y caracterización de las afecciones y de los riesgos naturales o inducidos por la actividad humana, y en particular la obra pública, sobre el medio ambiente



CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (CEHOPU) ■

Tiene como objetivos la puesta en valor del patrimonio histórico de las obras públicas así como su recuperación, conservación y enriquecimiento mediante la investigación, estudio y difusión de la evolución de la ciencia y la técnica



CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEH) ■

El Centro desarrolla su actividad en el ámbito de las aguas continentales, destacando sus trabajos sobre recursos hídricos, crecidas e inundaciones, planificación hidrológica, seguridad de obras hidráulicas, hidráulica fluvial, estado de las aguas y tecnologías del agua, para lo que cuenta con instalaciones tan singulares como el Laboratorio de Hidráulica



LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES (LCEYM) ■

Especializado en los estudios y experimentación sobre estructuras de ingeniería civil y edificación y sobre los materiales y productos utilizados en construcción



TRABAJAMOS DANDO SERVICIO AL MITRAMS Y EL MITERD

Una parte fundamental de la actividad del **CEDEX** está centrada en la **asistencia técnica especializada, investigación y desarrollo tecnológico** en materias competencia de los ministerios de los que depende funcionalmente y que se materializa en la formalización de encargos a medio propio que suelen tener, en la mayoría de los casos, plazos de ejecución plurianuales.

FORMALIZACIÓN DE ENCARGOS A MEDIO PROPIO CON PLAZOS DE EJECUCIÓN PLURIANUALES

A lo largo del 2023, en el ámbito de los centros directivos del **MITRAMS**, se formalizaron **cuatro encargos con la Dirección General de Carreteras** con el objeto de llevar a cabo asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la citada dirección general incluyendo aspectos relativos al seguimiento del estado de las carreteras y de las prestaciones de tramos experimentales de firmes, conservación de la biodiversidad, ruido ambiental y adaptación al cambio climático. A los encargos anteriores se suma el encargo de la **Secretaría de Estado de Transportes y Movilidad Sostenible** para el desarrollo e innovación del modelo nacional de transporte.

En materia portuaria se formalizó un encargo por parte del organismo público **Puertos del Estado** para la realización de trabajos de asistencia técnica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en materias de interés para el sistema portuario de titularidad estatal y varios encargos con **Autoridades Portuarias**.



Se ha formalizado un nuevo encargo con la **Dirección General de la Marina Mercante** y siguen estando activos los encargos de **ADIF** y la **comisión permanente de investigación de accidentes e incidentes marítimos**.

En el ámbito de los centros directivos del **MITERD** se formalizaron encargos con la **Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental** en materia de ruido ambiental y mantenimiento del sistema de información sobre contaminación acústica y varios encargos con la **Dirección General del Agua** y **confederaciones hidrográficas** en materia de hidráulica continental.

Han seguido estando activos los encargos de la **Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación** en materia de biodiversidad y espacios marinos protegidos, con la **Dirección General de la Costa y el Mar** en materias de su competencia y el encargo de **ACUAMED** en materia de seguimiento y mejora ambiental de los vertidos al mar de las instalaciones que gestiona.

Todos estos encargos han marcado la actividad de los distintos Centros y Laboratorios del **CEDEX** en 2023, a lo que se suma la ejecución de las actuaciones correspondientes al Programa anual de I+D+i en recursos e infraestructuras hidráulicas para la **Dirección General del Agua**.

ALINEADOS CON LAS NECESIDADES DEL MITRAMS Y EL MITERD

APOSTAMOS POR IMPULSAR LA I+D+i Y UNA MAYOR INTERNACIONALIZACIÓN DEL CEDEX

Además de impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico a través de los encargos a medio propio, el CEDEX dedica una parte importante de su actividad a la **participación en proyectos de I+D+i** pertenecientes tanto a convocatorias del **Plan Estatal de Ciencia y Tecnología (PEICTI)** como a convocatorias de **Horizonte Europa** y otros instrumentos europeos de financiación de la I+D. Estos proyectos son ejecutados por los diferentes Centros y Laboratorios del CEDEX contando con la participación del personal funcionario y laboral fijo, pero también con el apoyo de 31 investigadores contratados.

La **Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación (UIDI)**, de carácter transversal, tiene entre sus funciones la de **promover e impulsar la participación del CEDEX en las distintas convocatorias de I+D+i** en todos los ámbitos de actividad del CEDEX. Esta actividad se lleva a cabo con el apoyo de la comisión de I+D+i, a la que pertenecen los miembros del Comité de Dirección del CEDEX, y de la red de coordinadores de I+D+i, con un representante por cada centro y laboratorio, para garantizar la mejor comunicación e implementación de las iniciativas que se están proponiendo. Entre los objetivos de esta Unidad se encuentra el de potenciar la colaboración entre los distintos centros y laboratorios del CEDEX y tener una mayor presencia en redes y foros vinculados a la transferencia de conocimiento y de los resultados de la I+D+i.

El objetivo último es reforzar al CEDEX como brazo tecnológico del MITRAMS en I+D+i aplicada a la movilidad y el transporte sostenible y del MITERD en lo relativo al medio natural y la calidad ambiental.



La **actividad internacional del CEDEX constituye uno de nuestros pilares estratégicos fundamentales**. En 2023, continuamos nuestro camino hacia un proceso de Internacionalización que nos ayude a fortalecer y mejorar nuestro posicionamiento e imagen externa, fortaleciendo nuestros vínculos con entidades homólogas, a fin de desarrollar proyectos de manera conjunta en los ámbitos de investigación y experimentación relacionadas con la ingeniería civil y el medio ambiente.

PARTICIPAMOS EN LOS IMPORTANTES PARTENARIADOS EUROPEOS ERJU Y CCAM

Participamos en dos importantes **partenariados europeos**: En el sector de ferrocarriles, junto con otras empresas del Grupo MITRAMS (Adif, Renfe-Operadora, Ineco y Adif-Alta Velocidad), somos **miembros fundadores de ERJU (Europe's Rail Joint Undertaking)** dedicado de forma específica a I+D+i en ferrocarriles; Dentro del sector de la movilidad, somos miembros del **partenariado europeo, CCAM (Connected, Cooperative and Automated Mobility)**, que apoya actividades de investigación e innovación destinadas a desarrollar un transporte por carretera seguro y sostenible a través de la automatización. Ambos partenariados publican convocatorias de proyectos en el marco de **Horizon Europe**.

Los Centros del CEDEX cuentan con una extensa experiencia en **proyectos europeos**. Durante el año 2023 hemos participado en cinco proyectos **Horizon Europe (HE)**, y dos proyectos **H2020**. Todos ellos relacionados con el sector del transporte.



En mayo del 2023, comenzamos el **proyecto de Horizonte Europa LIAISON**, “Reducción del impacto ambiental del transporte a lo largo de todo el ciclo de vida de la futura infraestructura de transporte”. Durante este año hemos seguido participando en cuatro **proyectos de ERJU** financiados con Horizonte Europa: **MOTIONAL**, gestión de la movilidad en entornos multimodales y facilitadores digitales; **R2DATO**, del ferrocarril a lo digital, operación automatizada y autónoma de trenes; **FuTuRe**, ofrecer servicios ferroviarios innovadores para revitalizar las líneas capilares y los servicios ferroviarios regionales; **IAM4RAIL**, gestión holística e integrada de activos para el sistema ferroviario europeo.

En cuanto al programa marco anterior, H2020, hemos seguido participando en dos proyectos en este año: **RailGap**, mapa digital de ferrocarril terrestre y **GEOLAB**, ciencia para mejorar la infraestructura crítica de Europa. También participamos en el programa European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund, EMFAF, con dos proyectos en curso sobre ordenación del espacio marino **MSP-OR y REMAP**.

INCREMENTAMOS NUESTRA PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS INTERNACIONALES



DESDE EL CEDEX IMPULSAMOS LA COLABORACIÓN CON OTRAS ENTIDADES HOMÓLOGAS QUE FORTALEZCAN LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO



PARTICIPAMOS EN NUMEROSAS REDES Y ASOCIACIONES INTERNACIONALES

Además, hemos participado en **grupos de trabajo europeos** relacionados con la Directiva de Ruido Ambiental, Directiva Marco de Estrategias Marinas y Regulación de Productos de Construcción, también en numerosos comités de normalización; en Comités Técnicos de normalización europeos (CEN), Comités Técnicos de normalización internacional (ISO) y en el Grupo europeo JTC-20 de Normalización de CEN-CENELEC.

Desde el CEDEX impulsamos la **colaboración con otras entidades homólogas** que fortalezcan el intercambio y transferencia de conocimiento. Participamos en numerosas **redes y asociaciones internacionales de nuestros ámbitos**, desde todos nuestros centros.

Nuestra actividad en materia de cooperación se desarrolla a través del **Fondo de Agua y Saneamiento (FCAS) de la AECID**, instrumento de la cooperación española que desarrolla programas de fortalecimiento institucional, desarrollo comunitario y promoción de servicios de agua y saneamiento en dieciocho países de América Latina y Caribe, participando activamente y proponiendo programaciones de capacitación técnica e innovación del **Plan Interconecta** de la Agencia Española de Cooperación internacional (AECID).

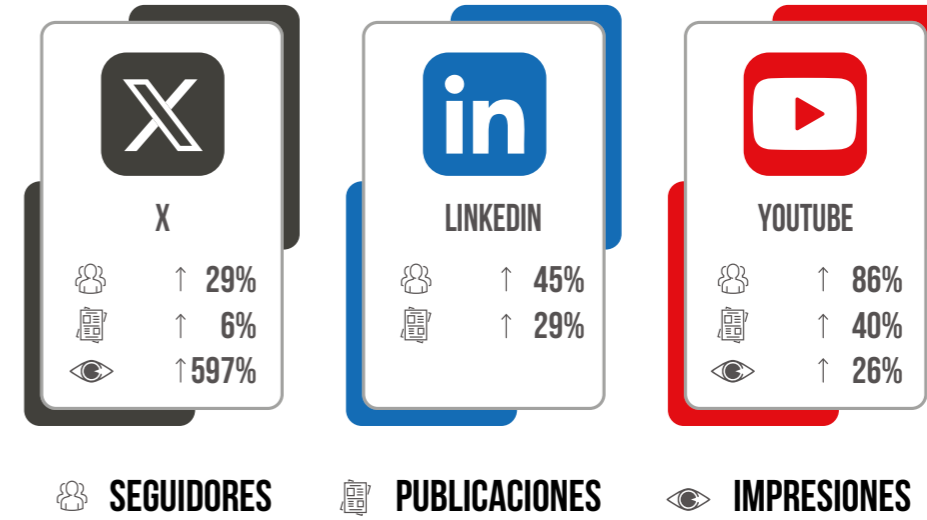


ACTIVIDAD DE COMUNICACIÓN

Durante el ejercicio 2023, se han fijado nuevos objetivos en la estrategia de comunicación acordes con las acciones previstas en el Plan de Estratégico del CEDEX para el trienio 2023-2025. Se ha continuado con la difusión de los trabajos y proyectos del Organismo a través de los canales digitales dando prioridad a la utilización de formatos más visuales, sencillos y accesibles a toda la ciudadanía. Tras la actualización de la página web del CEDEX, se ha prestado especial atención a mantenerla actualizada publicando en ella todas las noticias posibles de interés para la sociedad. Igualmente, se ha continuado con la divulgación de actividades, resultados de proyectos e investigación y la historia del CEDEX en las distintas redes sociales y a través de jornadas y presentaciones.



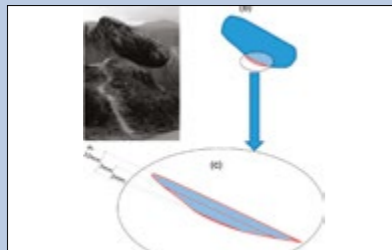
Declaración del edificio en el que se ubica el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX como **Bien de Interés Cultural**.



PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS

Desde el CEDEX impulsamos y gestionamos las tareas asociadas a la concesión del **Premio Nacional de Ingeniería Civil** del MITRAMS. Este galardón se establece con carácter anual desde 2001, como recompensa y reconocimiento a la meritoria labor desarrollada por un profesional relacionado con la ingeniería civil. En 2023 la entrega del premio se celebró en las instalaciones del CEDEX con la presencia de la ministra del MITRAMS.

PREMIO GIOVANNI BARLA AL MEJOR ARTÍCULO PUBLICADO EN EL 2023



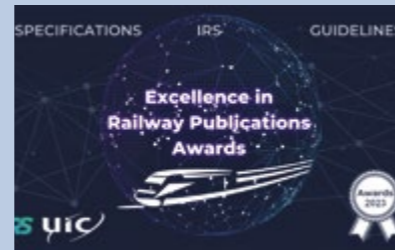
El artículo **A New Insight into the Stability of Precariously Balanced Rocks**, coautores del cual son Mauro Muñiz Menéndez (Laboratorio de Geotecnia) e Ignacio Pérez Rey (Universidad de Vigo), ha sido galardonado con el Premio Giovanni Barla al mejor artículo publicado en la revista **Rock Mechanics and Rock Engineering** (Springer) durante el año 2023

PREMIO DEL AGUA LORENZO PARDO 2023



El Centro de Estudios **Hidrográficos** ha sido galardonado con el **Premio institucional del Agua Lorenzo Pardo 2023**, cuyo objetivo es homenajear la labor de aquellos que trabajan por la preservación y el uso sostenible del recurso hídrico

PREMIO A LA EXCELENCIA EN PUBLICACIONES FERROVIARIAS AWARDS 2023



La **Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC)** ha otorgado, en su tercera edición, el premio a la excelencia en publicaciones ferroviarias a la norma UIC-IRS 70722 **Maintaining and improving earthworks and track bed layers** en la que el CEDEX, a través del Laboratorio de Geotecnia y coordinado por José Estaire, es ponente principal



NUESTRA LABOR EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN HA SIDO RECONOCIDA A TRAVÉS DE LA CONCESIÓN DE DIFERENTES PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS EN EL 2023

PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN LIBRE EN LA XIII JORNADA TÉCNICA DE ASEFMA



El Centro de Estudios del Transporte con el trabajo de nuestros compañeros Rafael Jiménez y María N. Sánchez junto con el laboratorio de la Demarcación de Carreteras de Murcia, ha sido distinguido con el **Premio Mejor Comunicación libre** por el trabajo de investigación basado en una nueva propuesta para **evaluar de una forma simple la compacidad de las mezclas BBTM 11B en laboratorio** frente a su equivalente en obra

PREMIO ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA, CATEGORÍA CAMBIO CLIMÁTICO Y RESILIENCIA 2023



El artículo **“Umbral de riesgo por cambio climático en las infraestructuras viarias en España”** elaborado por los autores del CEDEX Laura Crespo, Laura Parra, Alberto Gil y Fernando Jiménez, la demarcación de carreteras en Cantabria y de la Diputación de Valencia, recibe este premio por su metodología propuesta que permite **desarrollar medidas de adaptación al cambio climático**

PREMIO CARLOS OTEO 2023 AL MEJOR ARTÍCULO EN GEOTECNIA PUBLICADO EN ESPAÑOL EN 2022



Nuestro compañero del Laboratorio de Geotecnia, Pablo Mira McWilliams, ha sido galardonado con el **premio Carlos Oteo** por el artículo **“Análisis del efecto sobre la licuefacción de suelos del contenido de finos mediante plasticidad generalizada”** que firma junto a otros autores, por su contribución a la innovación científica en el campo de la ingeniería geotécnica

LA SECRETARÍA COMO MOTOR ADMINISTRATIVO DEL CEDEX

Las unidades técnicas del CEDEX cuentan con el valioso apoyo de los profesionales altamente cualificados de nuestra Secretaría, imprescindible motor administrativo y de gestión. Gracias a su dedicación, nuestras unidades técnicas pueden llevar a cabo con éxito la asistencia técnica de alto nivel, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en los ámbitos de la ingeniería civil y el medio ambiente.

■ RECURSOS HUMANOS

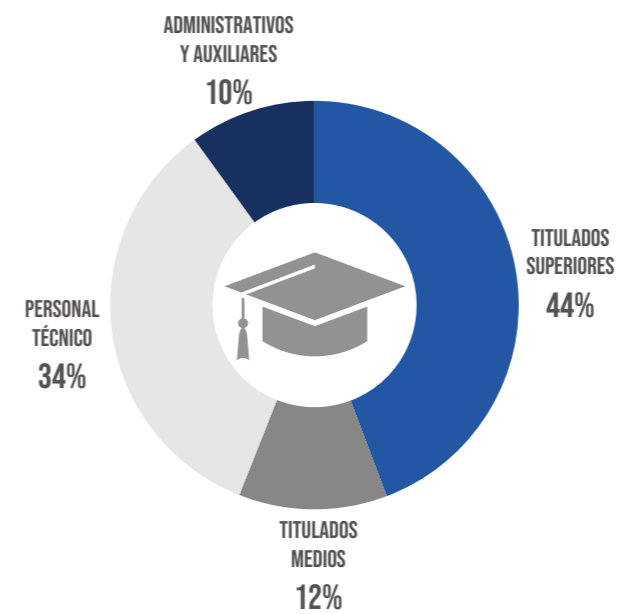
“NUESTRO MEJOR VALOR SON NUESTROS TRABAJADORES”



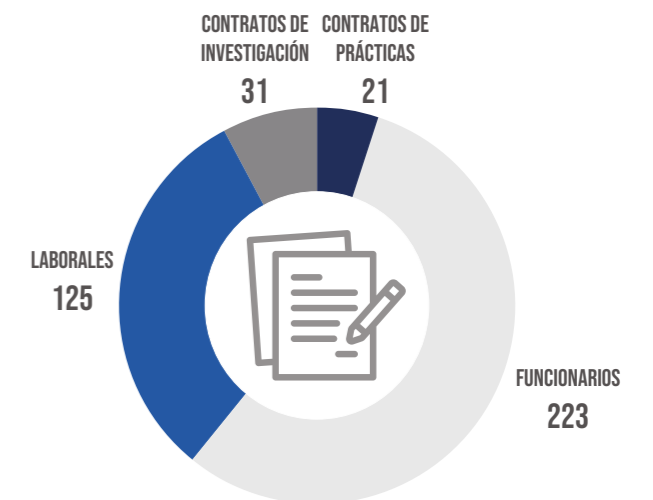
EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN A 31/12/2023

	FUNCIONARIOS	LABORALES	CONTRATADOS DE INVESTIGACIÓN	CONTRATADOS DE PRÁCTICAS	TOTAL	%
TITULADOS						
Titulados Superiores	135	3	31	8	177	44%
Titulados Medios	44	3	0	0	47	12%
PERSONAL TÉCNICO	24	99	0	13	136	34%
ADMINISTRATIVOS Y AUXILIARES	20	20	0	0	40	10%
TOTAL	223	125	31	21	400	100%

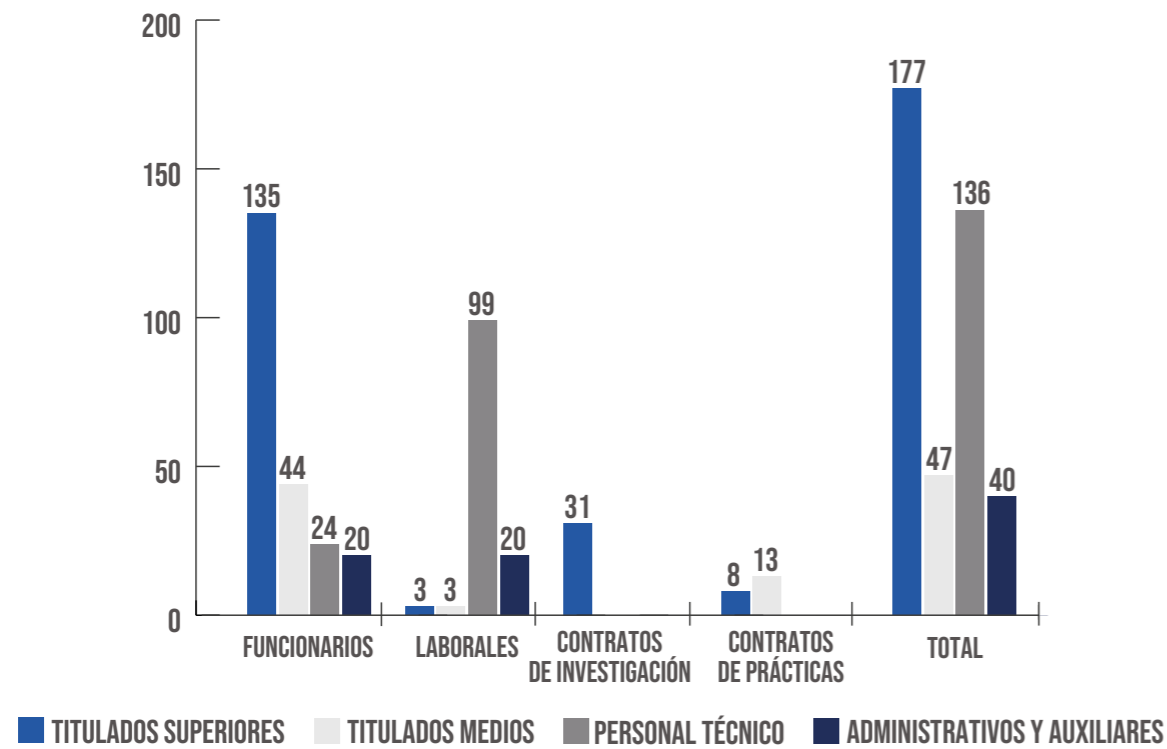
EFFECTIVOS POR TITULACIÓN



EFFECTIVOS POR CATEGORÍA



EFFECTIVOS POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN



DERECHOS Y POLÍTICAS LABORALES

Comprometidos con la igualdad de género, la inclusión y la diversidad, nos adherimos a la **Estrategia por la Igualdad del MITMA 2023-2026**, reforzando el apoyo a iniciativas que promuevan la equidad en todas nuestras áreas de actuación.

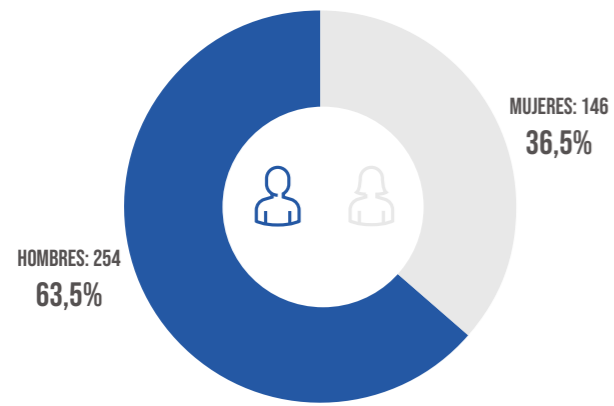


EFFECTIVOS DE PERSONAL POR GÉNERO

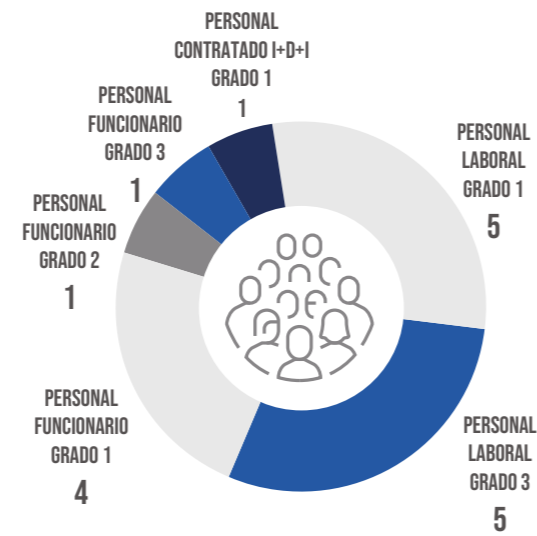
A 31/12/2023

	MUJERES	HOMBRES	TOTAL
TITULADOS			
Titulados Superiores	69 39%	108 61%	177
Titulados Medios	17 36%	30 64%	47
PERSONAL TÉCNICO	38 28%	98 72%	136
ADMINISTRATIVOS Y AUXILIARES	22 55%	18 45%	40
TOTAL	146 36,5%	254 63,5%	400

EFFECTIVOS POR GÉNERO



DIVERSIDAD FUNCIONAL



■ SALUD, SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

CUIDAMOS A NUESTROS TRABAJADORES

Creemos que la seguridad y el bienestar de nuestros trabajadores son importantes, por lo que hemos implementado un completo programa de prevención que incluye reconocimientos médicos anuales, evaluaciones de riesgos laborales, promoción de la salud mediante detección precoz de enfermedades, protocolos de seguridad y formación para emergencias



■ GESTIÓN DE CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE

En relación con Sistema de Gestión Medioambiental, el Organismo nos certificamos mediante la **Norma EN ISO 14001:2004** entre los años 2009 y 2017 en todos nuestros centros para las actividades de:

- Asistencia técnica de alto nivel a la administración.
- Investigación aplicada y desarrollo tecnológico en el marco de la ingeniería civil.
- Impartición de cursos de formación en materia técnica.

En el año 2023 mantenemos la certificación del cumplimiento de los requisitos bajo la **Norma UNE-EN ISO 14001: 2015**, renovada en abril de 2021 hasta abril de 2024 con el número de certificado: **ES09/6695**. Se trata de un certificado multisede que comprende todos los centros CEDEX.

**CERTIFICADO
MULTISEDE**
QUE COMPRENDE
TODOS
LOS CENTROS
DEL
CEDEX



■ COMPROMETIDOS CON LA TRANSPARENCIA Y EL BUEN GOBIERNO

Comprometidos con la transparencia y la mejora del **acceso a la información pública**, hemos continuado con la tramitación de las solicitudes de acceso a información pública recibidas al amparo de la Ley de Transparencia. Además, siguiendo las obligaciones de publicidad activa y las recomendaciones realizadas por el Consejo de Transparencia y Buen Gobierno (CTBG), hemos revisado y elaborado la nueva estructura del apartado de transparencia y Buen Gobierno de la página web.

Por otro lado, tramitamos las iniciativas parlamentarias asignadas a este centro a través del Buzón de iniciativas parlamentarias del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

■ CÓDIGOS ÉTICOS

Los códigos éticos específicos con los que contamos, siguiendo los protocolos del MITRAMS son:

- Declaración de Principios en Prevención de Riesgos Laborales (PRL)
- Declaración de Principios en Materia de Acoso Laboral en el CEDEX (AL)
- Declaración de la Política Medioambiental del CEDEX (GMA)
- Declaración de la Política de Calidad del CEDEX (Q)



■ RECURSOS ECONÓMICOS

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE INGRESOS 2023

CAPÍTULO	PRESUPUESTO FINAL	DERECHOS RECONOCIDOS	EJECUCIÓN
Tasas, precios públicos y otros ingresos	9.821.000,00	8.644.305,07	88%
Transferencias corrientes	16.713.920,28	16.761.726,54	100%
Ingresos patrimoniales	1.550,00		0%
Transferencias de capital	5.952.698,75	6.058.861,88	102%
Activos financieros	2.835.100,00	9.873,36	0%
TOTAL PRESUPUESTO INGRESOS	35.324.269,03	31.474.766,85	89%

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE GASTOS 2023

CAPÍTULO	CRÉDITO FINAL	OBLIGACIONES RECONOCIDAS	EJECUCIÓN
Gastos de personal	21.921.152,24	18.783.893,94	86%
Bienes y servicios	7.186.014,76	5.610.121,26	78%
Transferencias corrientes	319.720,00	136.652,41	43%
Inversiones	5.859.062,03	3.883.752,26	66%
Activos financieros	38.320,00	8.040,74	21%
TOTAL PRESUPUESTO GASTOS	35.324.269,03	28.422.460,61	80%



BALANCE DE SITUACIÓN

ACTIVO	2023	2022
ACTIVO NO CORRIENTE	81.862.689	81.972.241
Inmovilizado intangible	1.038.843	505.583
Propiedad industrial e intelectual	1.235	1.430
Aplicaciones informáticas	1.037.608	504.153
Inmovilizado material	80.819.108	81.457.214
Terrenos	28.515.852	28.515.852
Construcciones	32.159.434	39.274.433
Otro inmovilizado material	8.786.933	11.508.598
Inmovilizado en curso y anticipos	11.356.889	2.158.331
Inversiones financieras a largo plazo	4.738	9.444
Crédito y valores representativos de deuda	4.738	9.444
Otras inversiones financieras	0	0
ACTIVO CORRIENTE	12.479.330	9.373.439
Deudores y otras cuentas a cobrar	8.191.917	6.674.347
Deudores por operaciones de gestión	4.683.669	3.084.682
Otras cuentas a cobrar	205.909	143.835
Administraciones públicas	3.302.339	3.445.830
Inversiones financieras a corto plazo	3.964	1.092
Créditos y valores representativos de deuda	3.964	1.092
Otras inversiones financieras	0	0
Ajustes por periodificación	372	296
Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	4.283.076	2.697.705
Tesorería	4.283.076	2.697.705
TOTAL ACTIVO	94.342.019	91.345.680

PATRIMONIO NETO Y PASIVO	2023	2022
PATRIMONIO NETO	92.926.729	89.535.662
Patrimonio aportado	84.251.752	84.251.752
Patrimonio generado	7.784.791	4.997.543
Resultados de ejercicios anteriores	973.771	-506.684
Resultados de ejercicio	6.811.020	5.504.227
Otros incrementos patrimoniales pendientes de imputación a resultados	890.186	286.366
PASIVO CORRIENTE	1.415.078	1.810.018
Deudas a corto plazo	29.015	212
Otras deudas	29.015	212
Acreedores y otras cuentas a pagar	1.374.862	1.808.807
Acreedores por operaciones de gestión	148.636	0
Otras cuentas a pagar	779.794	1.300.678
Administraciones públicas	446.432	508.129
Ajustes por periodificación	11.202	1.000
TOTAL PATRIMONIO NETO Y PASIVO	94.342.019	91.345.680

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de conocimiento

Actividades Principales y Proyectos Destacados

Anexos

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

● INSTITUTOS:

23

PRÁCTICAS

8.510

HORAS

UNIVERSIDADES:

CONVENIOS **9**

12 ESTUDIANTES

PROGRAMAS DE COOPERACIÓN EDUCATIVA



JORNADAS Y EVENTOS

73

DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS



1.050 HORAS

FORMACIÓN INTERNA

INSCRIPCIONES **617**

33 FORMACIONES



MÁSTER MECÁNICA DEL SUELO E INGENIERÍA GEOTÉCNICA

41ª EDICIÓN **23** ALUMNOS **560** HORAS

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS

40ª EDICIÓN **56** ALUMNOS **80** HORAS

FORMACIÓN EXTERNA IMPARTIDA



368

VENTAS



SERVICIO DE PUBLICACIONES

37

PUBLICACIONES

EJECUCIÓN

53%



REVISTA INGENIERÍA CIVIL

Nº202

PUBLICADO

947

REGISTROS



DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECAS

134.069

TÍTULOS TOTALES

VOLÚMENES TOTALES

169.325

ACTIVIDADES PRINCIPALES Y PROYECTOS DESTACADOS

- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEH)
- CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (CEHOPU)
- CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEPYC)
- CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE (CET)
- CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS (CETA)
- LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES (LCEYM)
- LABORATORIO DE GEOTECNIA (LG)
- LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA (LIF)



**ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS**
**CENTRO DE
ESTUDIOS
HIDROGRÁFICOS**

Anexos

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Transferencia de
conocimiento

Conócenos

Presentación

Índice

CEH

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

CENTRO DE ESTUDIOS
HIDROGRÁFICOS

APOYO A LA DGA

Prestamos apoyo a la Dirección General del Agua en la trasposición e implantación del nuevo Reglamento europeo de reutilización y en el desarrollo de diferentes metodologías para su aplicación.

Estudiamos la actualización de la regla de explotación del trasvase Tajo-Segura con objeto de tener en cuenta el incremento de los caudales ecológicos en la cuenca del Tajo

PREMIO DEL AGUA

El Centro de Estudios Hidrográficos es galardonado con el Premio del Agua Lorenzo Pardo organizado por la Diputación de Alicante y el Club Información, cuyo objetivo es homenajear la labor de aquellos que trabajan por la preservación y el uso sostenible del recurso hídrico

AGUAS RESIDUALES URBANAS

Apoyamos a la Dirección General del Agua en la revisión de la Directiva 91/271 sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas y hemos realizado varios estudios para evaluar las repercusiones de su implantación en España



GRAN HALLAZGO FICOLÓGICO

Participamos en un gran hallazgo ficológico. Primeros registros de *ulvella spongophila* (ulvophyceae: ulvellaceae) para la región paleártica: el descubrimiento de cuatro poblaciones en la península sur ibérica



PRESENTACIÓN DE GUÍA

Presentamos la guía "Selección de Tecnologías de Tratamiento" elaborada por técnicos del CEH para el Fondo de Cooperación para el Agua y Saneamiento (FCAS) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)

MIEMBRO DE HONOR DE LA IAHR

La International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) reconoce el valor del apoyo del CEDEX nombrando Miembro de Honor a su directora que es el reconocimiento de mayor prestigio otorgado por el Council de la Asociación



CIENCIA Y AGUA

Presentamos en una jornada especial el libro "Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico" con motivo del 90 aniversario de la creación del Centro de Estudios Hidrográficos



BIEN DE INTERÉS CULTURAL

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX es declarado Bien de Interés Cultural con la categoría de Monumento. El edificio fue proyectado por el arquitecto español Miguel Fisac (Daimiel 1913 - Madrid 2006) y se inauguró en el año 1963

CONMEMORACIÓN CURSO

Conmemoramos el 40º aniversario del Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras. Desde su primera edición en 1983, este curso ha intentado profundizar en los conocimientos clave que permite abordar los retos actuales y futuros relacionados con la recogida, tratamiento y reutilización de aguas residuales

ANUARIO DE AFOROS

Actualizamos la base de datos hidrológicos de la red de control de los ríos, embalses y canales españoles (HIDRO) y elaboramos el anuario de aforos del año hidrológico 2020/21

Resumen de las actividades del CEH durante la anualidad 2023





Entre 2022 y 2024 se ha llevado a cabo la negociación de la revisión de la Directiva 91/271, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas en el seno de las instituciones de la Unión Europea. Desde el Centro de Estudios Hidrográficos hemos prestado apoyo técnico a la Dirección General del Agua en este proceso.

**PRESTAMOS APOYO
Y COLABORACIÓN**

PROYECTOS DESTACADOS CEH

APOYO EN LA REVISIÓN DE LA DIRECTIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

CONTACTO: IGNACIO.RIO@CEDEX.ES

El 26 de octubre de 2022 la Comisión Europea publicó la propuesta de la **nueva Directiva sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas**, comenzando entonces la negociación en las distintas instituciones de la Unión Europea. Primero se debatió el texto en paralelo en el Parlamento Europeo y en el Consejo de la Unión Europea y, posteriormente, en la fase de trílogos, se consensó la posición común de las tres instituciones (Comisión, Parlamento y Consejo). Este periodo, que ha durado en torno a un año y medio, ha coincidido con la Presidencia Española del Consejo de la Unión Europea, durante el último semestre de 2023, por lo que el papel de España ha sido muy notable en el proceso de negociación.

Desde el **Centro de Estudios Hidrográficos** hemos prestado apoyo a los equipos de la **Dirección General del Agua** y de la **Representación Permanente de España en la Unión Europea** encargados de esta Directiva, desde que se requirió, unos dos años antes del comienzo de la negociación. Este apoyo ha sido horizontal, abarcando desde el establecimien-



to de una posición a nivel país o la revisión de los textos oficiales y borradores intermedios generados hasta los estudios de costes para la estimación del esfuerzo financiero necesario. El apoyo a la Dirección General del Agua continuará en los próximos años en la transposición de la Directiva, en el desarrollo de los planes de inversión asociados, así como en la elaboración de guías y recomendaciones para el sector del saneamiento y el tratamiento de las aguas residuales en España.

Las **novedades más importantes** de la Directiva han sido:

- El establecimiento de obligaciones en la depuración de **pequeñas aglomeraciones** hasta 1.000 habitantes equivalentes
- La imposición del **desarrollo de planes integrados de gestión**, que incluyen el tratamiento de desbordamientos de redes unitarias en tiempos de lluvia y de escorrentía
- La **eliminación de nutrientes** hasta unos límites más restrictivos que los actuales
- La **eliminación de microcontaminantes**

Otras novedades relevantes son:

- La obligación de alcanzar el **objetivo de neutralidad energética** para 2045
- La **recuperación de fósforo** de los fangos
- La inclusión de la **responsabilidad ampliada del productor**, que obligará a las industrias farmacéuticas y cosméticas a contribuir significativamente en los costes de eliminación de contaminantes presentes en sus productos

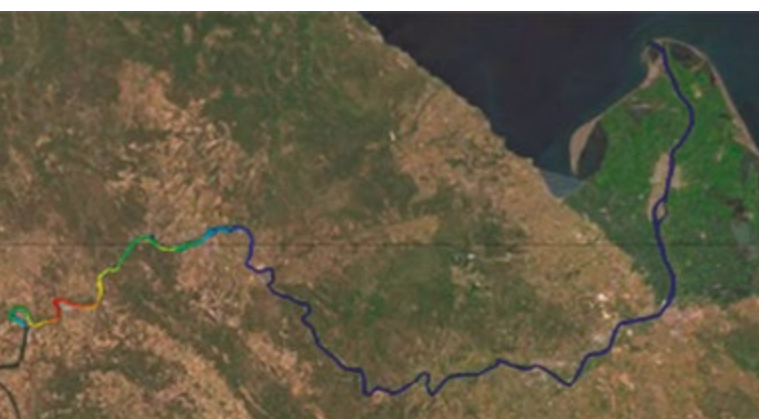
Es de destacar la labor desempeñada en los estudios de determinación del **esfuerzo financiero**, en los que se han estimado tanto costes de inversión como de operación y mantenimiento para las medidas más importantes que implicará la Directiva. Tanto en diversos grupos de trabajo de la Asociación Española de Abastecimiento de Aguas y Saneamiento (AEAS) como con otras organizaciones y expertos del sector se han debatido las metodologías propuestas desde el Centro de Estudios Hidrográficos para los distintos estudios, consensuándose procedimientos, bases de partida y funciones de costes, y recopilándose numerosa información para su elaboración, parte de ella a través de dos encuestas al sector lanzadas junto con AEAS.



Imágenes del satélite Sentinel-2. Comparativa antes y durante la tormenta Gloria. 22 de enero de 2020



Imagen del satélite Sentinel-2 del día 31 de enero de 2024. Se aprecia la pluma de sedimentos al día siguiente de la avenida controlada



Simulación numérica con Iber de la avenida controlada del 30 de enero de 2024

ESTUDIO DEL TRANSPORTE SEDIMENTARIO DEL CURSO BAJO DEL RÍO EBRO

CONTACTO: DAVID.LOPEZ@CEDEX.ES

Colaboramos con la Dirección General del Agua para mejorar el conocimiento de la dinámica sedimentaria del curso bajo del río Ebro, dando soporte técnico a la Confederación Hidrográfica del Ebro en el diseño y coordinación de pruebas piloto.

La tormenta Gloria, que se produjo en enero de 2020, puso de manifiesto la **vulnerabilidad del delta del Ebro** ante la importante subida del nivel del mar registrada en los últimos años. Asimismo, los cambios en los usos del suelo experimentados en estos últimos 40 años han reducido la escorrentía y el transporte de sedimento en el curso bajo. Finalmente, la importante regulación de la cuenca supone una barrera importante al tránsito de sedimentos, en especial el complejo de embalses Mequinenza, Ribarroja y Flix, que regula el curso bajo del río Ebro. De acuerdo con los últimos estudios realizados por el CEDEX, actualmente la tasa media de transporte en el curso bajo es de 0,15 Mt/año, alcanzando un máximo de 0,5 Mt/año en períodos húmedos.

En este contexto, se ha planteado profundizar en el **estudio de la dinámica de transporte** de sedimentos en el curso bajo, y estudiar la forma de incrementarlo. En una primera fase, se analizó el marco

general del transporte con la información disponible. Como resultado de este análisis se evidenció la necesidad de hacer trabajos de campo para mejorar el conocimiento. Así se llevó a cabo la batimetría y caracterización sedimentaria de los 120 km del curso bajo del río, desde Flix a la desembocadura, así como de los embalses de Mequinenza, Ribarroja y de los tres pequeños embalses de la cuenca del Ciurana. Se estima que en el embalse de Mequinenza existen unos 200 hm³ de sedimento y unos 24 hm³ en Ribarroja.

La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) ha puesto en marcha una serie de pruebas piloto, que sirvan de base para mejorar el conocimiento del transporte de sedimento y permitan, además, analizar las mejores estrategias para la gestión del sedimento en los embalses.

Desde el CEDEX hemos diseñado la **campana experimental para la medición del transporte en suspensión** llevada a cabo durante las dos últimas avenidas controladas. Estas avenidas se vienen realizando dentro del plan de renaturalización de los caudales ecológicos, con el fin de movilizar el exceso de macrófitos que se desarrollan en el curso bajo por la poca turbidez del agua, asociada a las reducidas tasas de transporte. En estas campañas de muestreo, además de los equipos de la CHE, Dirección General del Agua y CEDEX, colaboran equi-

HEMOS DISEÑADO LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL PARA LA MEDICIÓN DEL TRANSPORTE EN SUSPENSIÓN

pos de las Universidades Politécnicas de Madrid y Cataluña y de la Universidad de Valencia.

Los resultados de las campañas experimentales han proporcionado una información muy valiosa. Estas campañas han sido simuladas numéricamente con el **modelo Iber**, mostrando una gran consistencia con los resultados experimentales. En base a esta validación se ha podido comprobar la elevada capacidad de transporte de arenas en suspensión del curso bajo. También se ha podido comprobar que reduciendo los niveles de los embalses de Ribarroja y Flix durante las avenidas generadas desde Mequinenza es posible aumentar considerablemente la carga de sedimento aguas abajo, lo que permitirá incrementar las aportaciones de finos a través de los canales de riego en la llanura deltaica, así como de arenas en la desembocadura para alimentar los cordones dunares.

Con todas estas experiencias se trata de obtener herramientas que permitan **optimizar la gestión de los sedimentos en los embalses**.

Punto de muestreo en el embarcadero de Flix, durante la avenida controlada del 30 de enero de 2024



VISOR DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

CONTACTO: LAURA.HERNANDEZ@CEDEX.ES

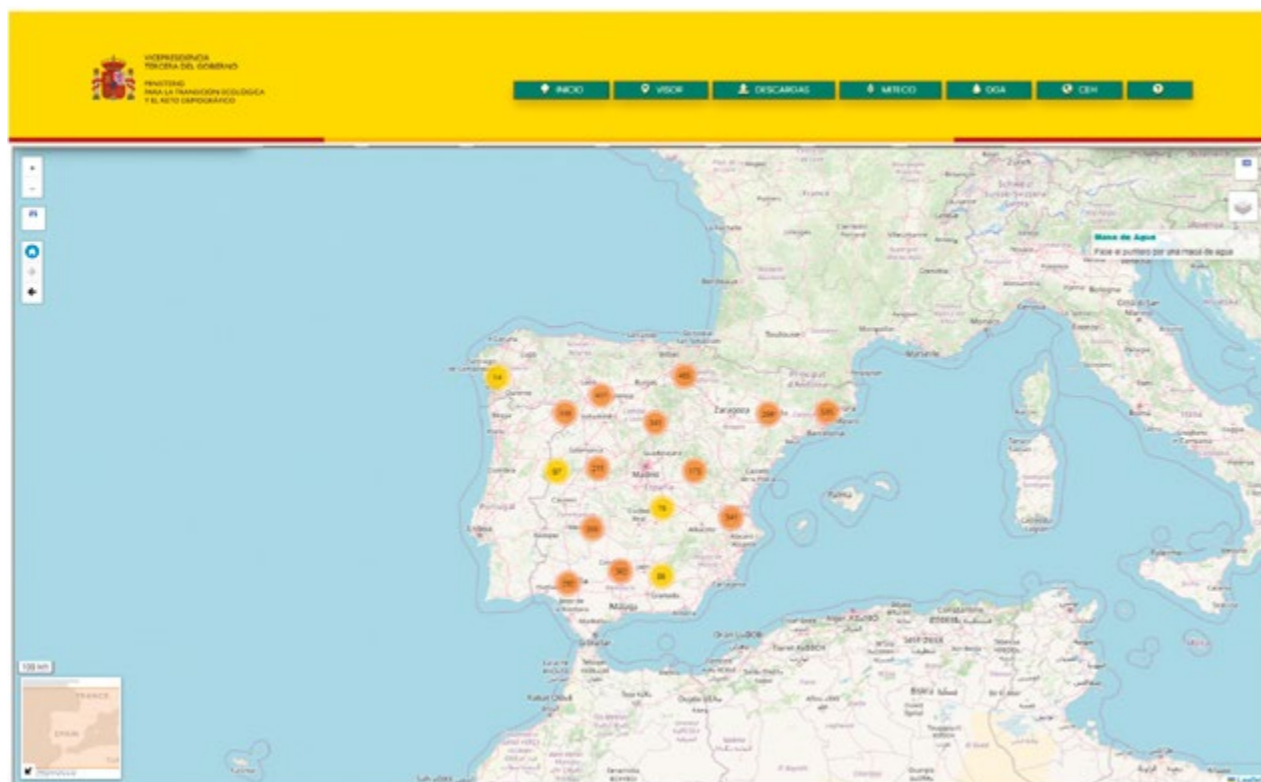
Desde el Centro de Estudios Hidrográficos estamos desarrollando un visor interactivo para el seguimiento de especies exóticas invasoras en medios acuáticos continentales. Esta herramienta proporciona una visión completa y detallada de la presencia y evolución de estas especies en las masas de agua de España.

La llegada y adaptación rápida de especies exóticas a nuevos entornos supone un desafío considerable para la gestión de nuestros ecosistemas acuáticos. Ante este problema, **el visor del CEDEX** se presenta como una solución efectiva, permitiendo la identificación precisa de estas especies, su distribución y su seguimiento temporal. De esta forma, se facilita

a los gestores el conocimiento de la situación actual del problema de las especies invasoras y la toma de decisiones informadas para su control y vigilancia.

Este visor permite **difundir y mostrar los trabajos elaborados por el CEDEX en este campo**, así como la información recopilada en las campañas de muestreo para el seguimiento de la calidad de las aguas que realizan anualmente las confederaciones hidrográficas.

Pantalla de inicio del Visor



Detalle de la ventana emergente al pinchar sobre un punto con presencia de Ludwigia grandiflora

EL ACCESO AL VISOR, PUBLICADO EN AGOSTO DE 2023, SE REALIZA A TRAVÉS DE LA PÁGINA WEB DEL CEDEX O DESDE LA PÁGINA WEB DEL MITERD



Acceso desde CEDEX



Acceso desde MITERD

ACTUALMENTE EL VISOR OFRECE INFORMACIÓN DE 54 ESPECIES CON 7.552 REGISTROS, QUE VAN AMPLIÁNDOSE Y ACTUALIZÁNDOSE DE FORMA CONTINUADA

Todas las especies incluidas son acuáticas y causan afección al dominio público hidráulico. Actualmente el visor ofrece información de **54 especies con 7.552 registros**, que van ampliándose y actualizándose de forma continuada.

Pueden consultarse las masas de agua en las que se ha detectado la presencia de una especie invasora, el año y la fuente original de la información. Además, en el área de descargas, pueden descargarse fichas descriptivas de las especies, información geográfica, en formato geojson, e información alfanumérica, en formato csv.

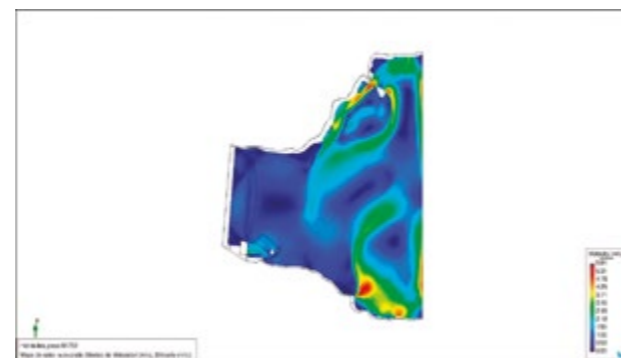
ESTUDIO HIDRÁULICO CON MODELACIÓN HÍBRIDA DEL ALIVIADERO PARA EL RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE YESA (NAVARRA)

CONTACTO: JUAN.J.REBOLLO@CEDEX.ES

Dentro del encargo suscrito entre la Dirección General del Agua y el CEDEX en el año 2020, se ha incluido la revisión del nuevo aliviadero que se ha diseñado para el recrecimiento de la presa de Yesa. La importancia de esta estructura, ubicada entre las comunidades de Navarra y Aragón, radica en que, con el aumento de la capacidad tras el recrecimiento de la presa, los requisitos hidráulicos de los nuevos órganos de desagüe son más exigentes. Para ello, desde el Laboratorio de Hidráulica (CEH) hemos configurado un estudio completo del conjunto del aliviadero, desde la embocadura hasta su incorporación al cauce, que incluye un análisis en modelación física y numérica 2D y 3D.

El recrecimiento de la presa de Yesa supone un importante cambio en la regulación del río Aragón, uno de los principales afluentes del Ebro por la margen izquierda, y la consideración del embalse como plurianual a efectos de explotación. La idea de aumentar la capacidad surgió en la década de los setenta para asegurar el abastecimiento del área metropolitana de Zaragoza y aumentar la zona regable vinculada a la presa en 30.000 ha más, hasta

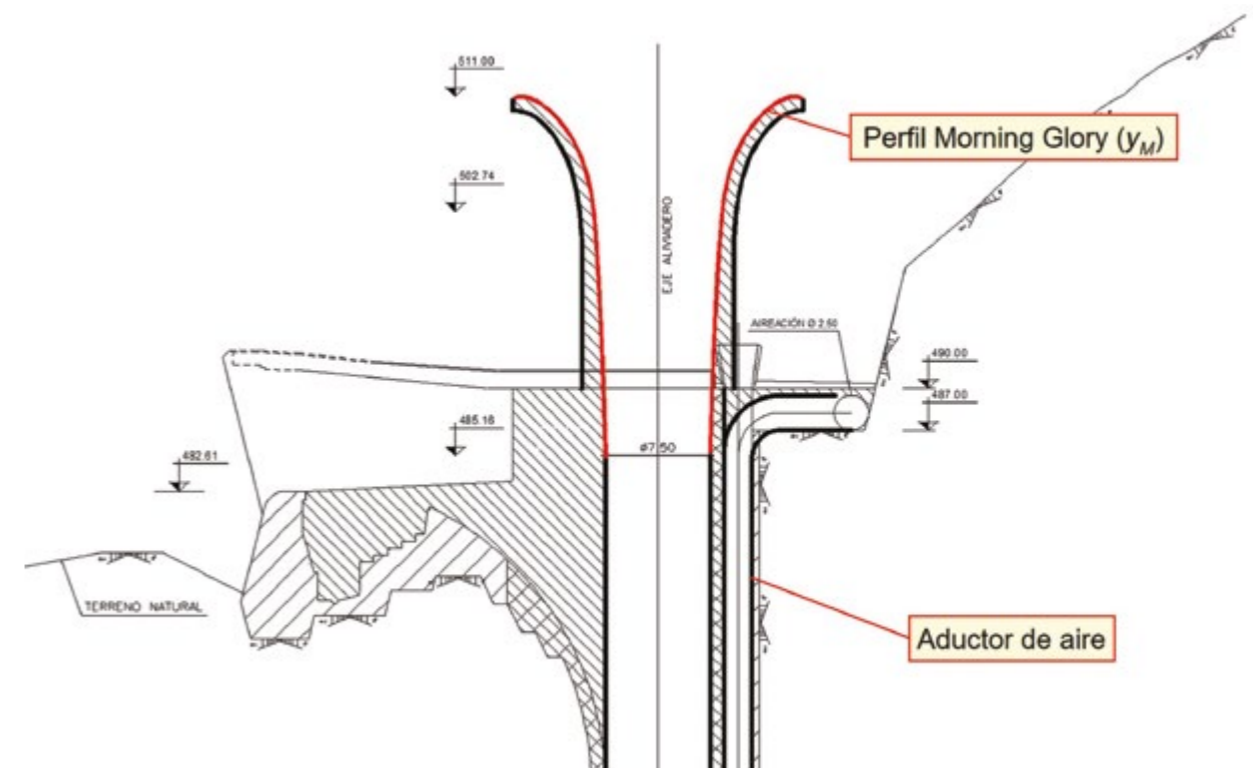
**MODELACIÓN
FÍSICA Y NUMÉRICA
2D Y 3D**



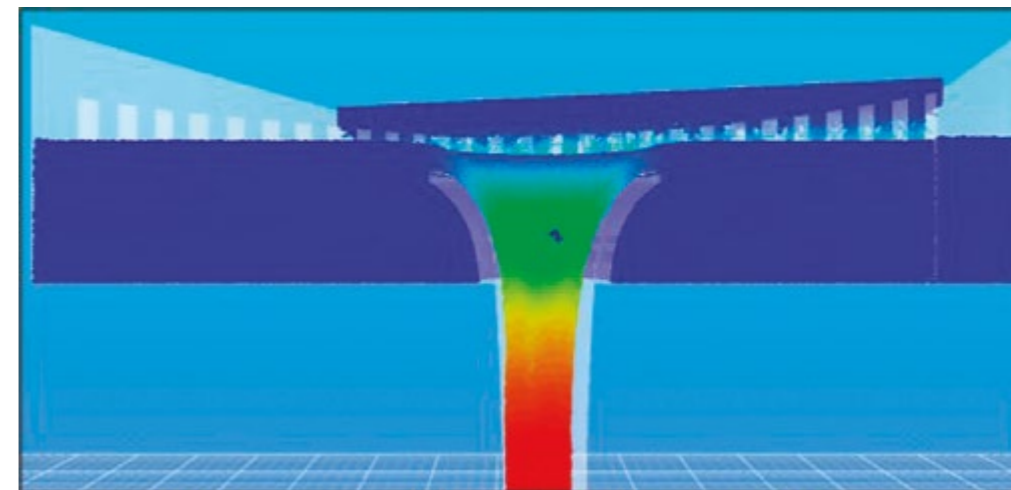
Campo de velocidades en el embalse (2D)

cubrir un área total de 110.000. Desde entonces, se han desarrollado numerosos proyectos para elevar la cota de coronación y asegurar la correcta evacuación de las avenidas asociadas con un diseño de aliviadero óptimo. Tras muchas propuestas, todas analizadas en el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, la solución elegida consiste en un aliviadero mixto con cuatro vertederos, uno tipo Morning Glory y otros tres con perfiles Bradley regulados por compuertas.

El objetivo del estudio se ha centrado en el funcionamiento de la nueva estructura y en alcanzar un diseño óptimo desde el punto de vista hidráulico, caracterizando los efectos dinámicos y la capacidad de desagüe del conjunto de órganos. Además del análisis con modelación física, se han incluido previamente otros esquemas de simulación numérica para reproducir distintas fases del funciona-



Perfil del Morning Glory propuesto para el nuevo aliviadero



Campo de velocidades en el Morning Glory (3D)

miento, tanto del embalse como del Morning Glory. En primer lugar, se ha incluido un estudio del flujo de aproximación a la embocadura con el modelo Iber, un modelo bidimensional de flujo turbulento en lámina libre y en régimen no-permanente, que utiliza las ecuaciones de Saint Venant y con el que se ha caracterizado el campo de velocidades y las líneas de corriente para diferentes caudales y condiciones de apertura.

En base a estos resultados, el siguiente análisis se ha focalizado en reproducir el comportamiento del Morning Glory con el modelo SPHERIMENTAL, un modelo 3D basado en un esquema lagrangiano que discretiza en partículas el fluido para resolver las ecuaciones de Navier-Stokes de forma discreta.

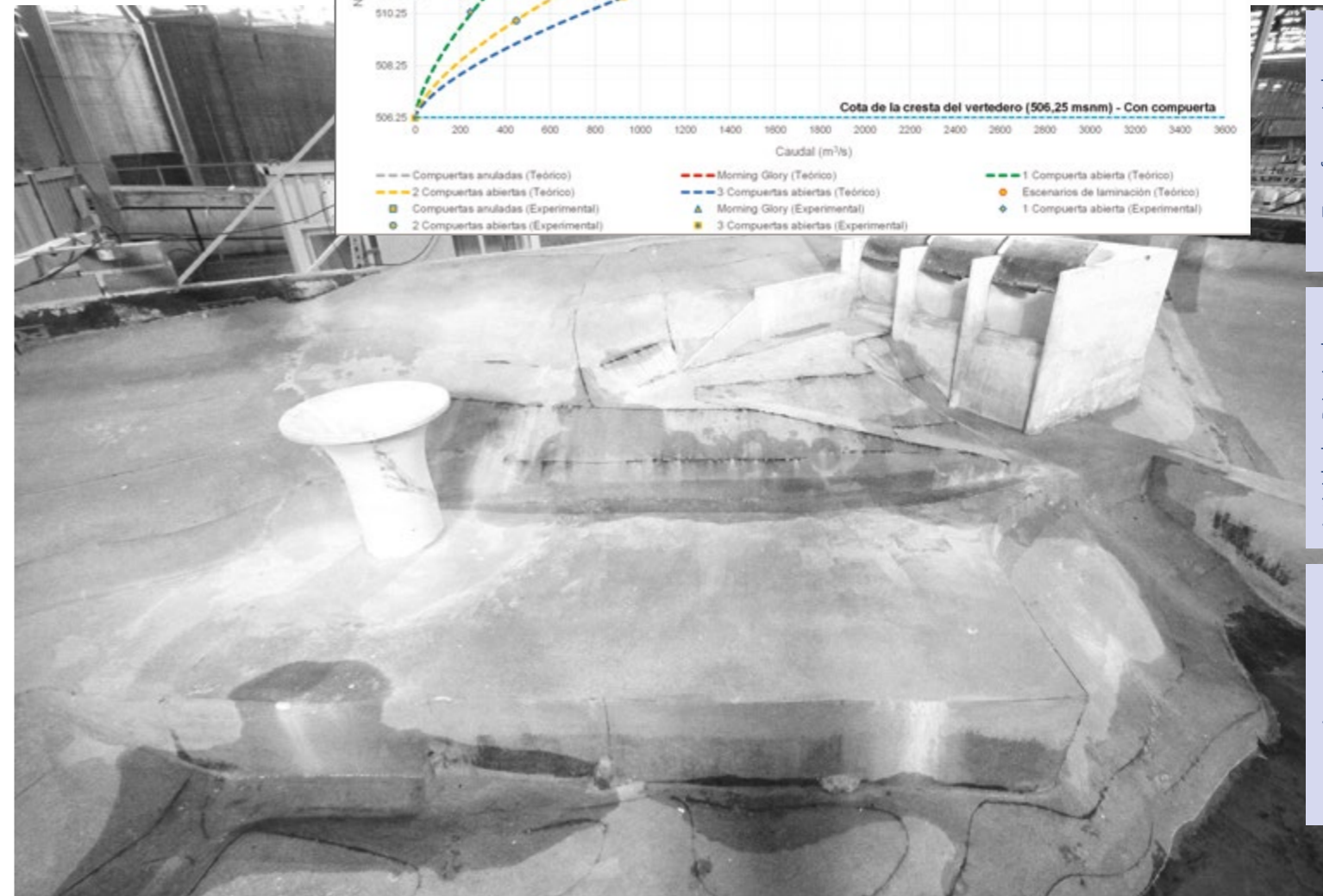
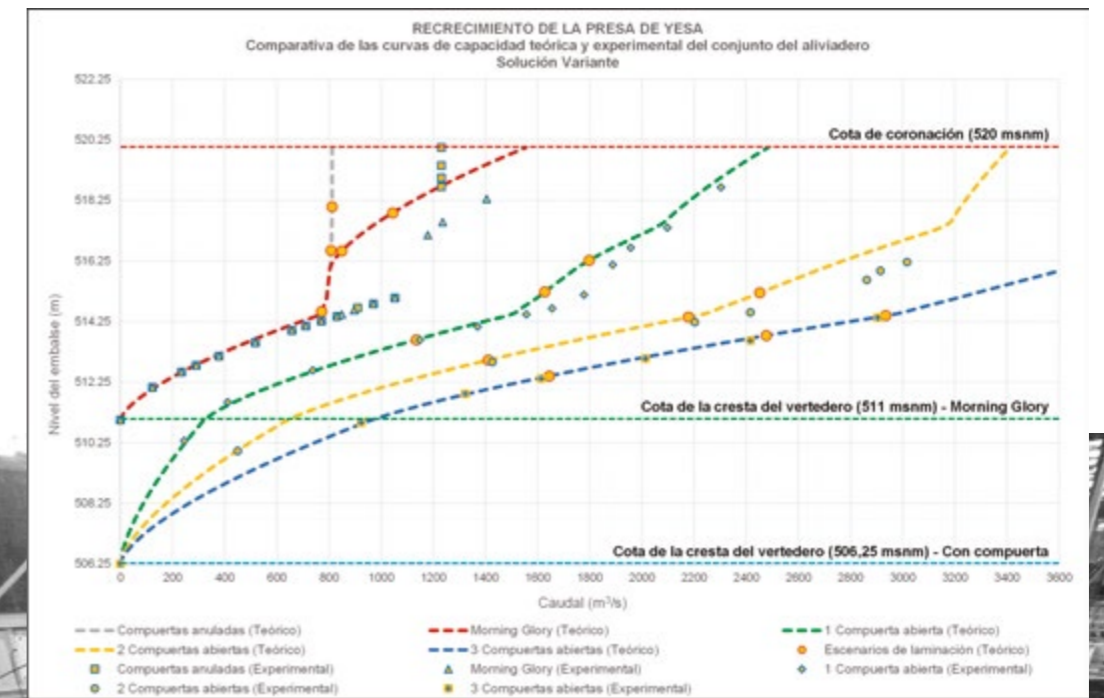
Tras las fases previas, el estudio ha concluido con la simulación del conjunto del aliviadero mediante un análisis en modelo físico, **que ha sido construido a escala 1/50 en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica.** En este caso se ha considerado toda la instrumentación necesaria para definir el campo de presiones en los vertederos y los niveles en el embalse, basados en tomas piezoresistivas y limnímetros manuales y de ultrasonido.

CONSTRUCCIÓN DE UN
MODELO FÍSICO A
ESCALA 1/50
EN LAS INSTALACIONES DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA



Vistas de la embocadura y los túneles incluidos en el modelo físico

CURVAS DE CAPACIDAD
TEÓRICA Y EXPERIMENTAL
DEL CONJUNTO DEL
ALIVIADERO



DISEÑO HIDRODINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE REINCORPORACIÓN AL RÍO MANZANARES DE LOS ALIVIADEROS DE ABROÑIGALES Y LA GAVIA

CONTACTO: DAVID.LOPEZ@CEDEX.ES

Desde el Centro de Estudios Hidrográficos hemos participado en el proyecto de “Recuperación del ecosistema fluvial Manzanares-Gavia-Bulera” mediante el estudio hidrodinámico de las obras de reincorporación al cauce de los aliviaderos del estanque de tormentas de Abroñigales y de la estación depuradora de aguas residuales de La Gavia.

El río Manzanares ha articulado el gran desarrollo urbano que ha experimentado la ciudad de Madrid en el siglo XX. Para ello, ha sido necesaria la construcción de importantes estructuras de saneamiento y depuración que finalmente vierten a su cauce. Aunque los avances tecnológicos empleados han permitido desempeñar correctamente su finalidad principal, sus diseños carecían de un enfoque medioambiental de integración en el medio natural

del río. Los aliviaderos de las depuradoras y estanques de tormenta generan, en muchos casos, efecto barrera en las orillas y sectorizan el ecosistema de ribera. Además, las estructuras de reincorporación al cauce de estos aliviaderos carecen de capacidad para la disipación de la energía de los vertidos, lo que favorece la erosión y alteración hidromorfológica de las orillas.



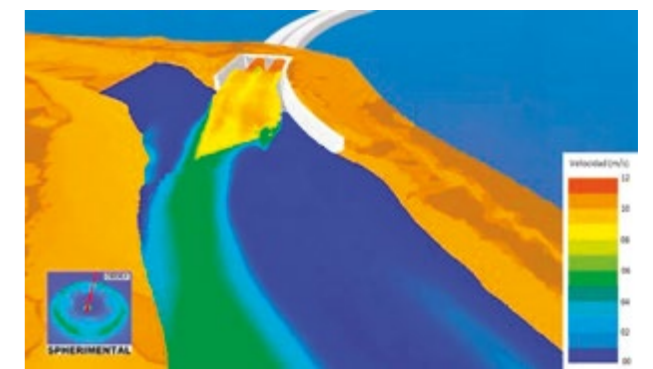
Vistas de la embocadura y los túneles incluidos en el modelo físico



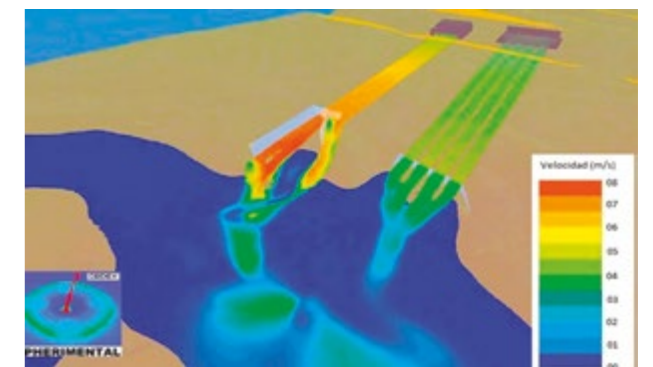
En este contexto, se ha comprobado el **comportamiento hidrodinámico de las obras de reincorporación al cauce de los aliviaderos del estanque de tormentas** de Abroñigales y de la EDAR de La Gavia, que ha puesto de manifiesto las carencias antes indicadas. Esta modelización se ha realizado con el modelo SPHERIMENTAL de desarrollo propio del CEDEX.

El resultado de este análisis evidencia la **necesidad de mejorar las estructuras de disipación de energía del flujo**, antes de su incorporación al cauce del río Manzanares, en el tanque de tormentas de Abroñigales y en La Gavia. Teniendo en cuenta los requerimientos, atendiendo a las restricciones geométricas y a los objetivos de renaturalización y mejora de la conectividad de las márgenes, el estudio de arquitectura Alday Jover ha propuesto un **diseño alternativo de las estructuras de disipación** que permite restablecer la continuidad de las márgenes, retranqueando las estructuras de disipación. Para optimizar la funcionalidad de la disipación de energía, ha sido necesario implementar el diseño propuesto de acuerdo con los resultados del análisis hidrodinámico realizado en el modelo tridimensional.

El diseño final alcanzado después del proceso de optimización hidrodinámica consta de un **cuenco principal de poca profundidad**, cuya longitud en el sentido del flujo ha sido reajustada para tratar de estabilizar el resalto. Para complementar las acciones estabilizadoras del flujo se han diseñado varios montículos de planta pseudo-espiral, que dificultan el paso del agua y sobreelevan la lámina para mejorar la disipación de energía. La experimentación numérica, además de reajustar las dimensiones del cuenco, ha permitido redistribuir los montículos a fin de expandir el flujo transversalmente, evitando su concentración y, por tanto, minimizando su capacidad erosiva.



Simulación numérica tridimensional con el modelo SPHERIMENTAL, del vertido del actual aliviadero del tanque de tormentas de Abroñigales



Simulación numérica tridimensional con el modelo SPHERIMENTAL, del vertido conjunto del aliviadero de la EDAR y del arroyo de la Gavia. Situación actual



Geometría de la solución propuesta de cuenco de amortiguamiento del aliviadero del tanque de Abroñigales



**ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS**
**CENTRO DE
ESTUDIOS
HISTÓRICOS DE
OBRAS PÚBLICAS**

CEHOPU

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

CENTRO DE ESTUDIOS
HISTÓRICOS DE OBRAS
PÚBLICAS Y URBANISMO



LÍNEAS PRINCIPALES DE TRABAJO

Trabajamos en un nuevo enfoque de nuestras actividades estructuradas en tres líneas principales:

- Investigación sobre el patrimonio de la obra pública y el urbanismo
- Transferencia del conocimiento y divulgación a la sociedad
- Conservación y enriquecimiento de fondos especializados

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Iniciamos una línea de investigación sobre la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en beneficio de la digitalización, conservación, gestión y difusión de las obras públicas y el urbanismo



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Comenzamos con nuevos proyectos de investigación entre los que destaca “Los puentes de altura estricta de Carlos Fernández Casado: un proyecto piloto para la puesta en valor del patrimonio documental español de las obras públicas”



JORNADA POLÍVKA-TORROJA

Celebramos la Jornada Polívka-Torroja, un homenaje a los ilustres ingenieros Jaroslav Josef Polívka y Eduardo Torroja Miret y donación del Fondo J.J. Polívka al CEDEX (Centro de Documentación del CEHOPU) por parte de la familia del ingeniero checo

LIBRO “CIENCIA Y AGUA”

Presentamos el libro “*Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico*” conmemorando la figura de un pionero en el ámbito de la ingeniería hidráulica y la gestión de los recursos hídricos, redactor del Plan Nacional de Obras Públicas de 1933

CONGRESO INTERNACIONAL

Participamos en el I Congreso Internacional del Patrimonio de la Obra Pública y la Ingeniería Civil con la presentación de tres comunicaciones que pasaron a formar parte de las Actas del Congreso



EXPOSICIONES

Fomentamos el uso y la visibilidad de la Colección de Maquetas de Historia de las Obras Públicas y del Urbanismo del CEHOPU por medio de exposiciones itinerantes para la divulgación del patrimonio



SICMA 2023

Damos continuidad al estudio de programas didácticos sobre el patrimonio de las obras públicas y el urbanismo con participación activa en actividades como la 7ª edición de la Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid (SICMA 2023), organizada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

PROGRAMA “CEHOPU COLABORA”

Impulsamos el programa CEHOPU COLABORA en el que se encuadran actividades relacionadas con la participación en exposiciones organizadas por otras entidades como la muestra Somos Agua de la Fundación Canal de Isabel II

COLABORACIONES CEHOPU

Iniciamos colaboraciones con otros centros de investigación, que ha dado como fruto la presentación de proyectos a la Convocatoria Proyectos de Generación de Conocimiento 2023

Resumen de las actividades del CEHOPU durante la anualidad 2023



PROYECTOS DESTACADOS CEHOPU

PARTICIPACIÓN EN EL I CONGRESO INTERNACIONAL DE PATRIMONIO DE LA OBRA PÚBLICA Y LA INGENIERÍA CIVIL, CONSTRUIR EL PAISAJE Y ACTIVAR EL TURISMO

CONTACTO: ANGEL.GONZALEZSANTOS@CEDEX.ES

Desde el CEHOPU hemos colaborado en el I Congreso Internacional de Patrimonio de la Obra Pública y de la Ingeniería Civil, presentando tres ponencias en dos áreas temáticas y montando una exposición en cada una de las tres sedes del Congreso junto con la Fundación Juanelo Turriano.

Durante el mes de septiembre de 2023 se celebró el I Congreso Internacional de Patrimonio de la Obra Pública, Construir el paisaje y activar el turismo, organizado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y su Demarcación de Castilla-La Mancha. Desde CEHOPU hemos participado con la presentación de tres ponencias que abordan la construcción del paisaje cultural, la ingeniería y el paisaje en Toledo y el potencial de este patrimonio para fomentar un turismo de calidad. Además, junto con la Fundación Juanelo Turriano, hemos montado tres exposiciones en las tres sedes del congreso: **Cuenca, Toledo y Madrid.**



JUNTO CON LA FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO, HEMOS MONTADO TRES EXPOSICIONES EN LAS TRES SEDES DEL CONGRESO: CUENCA, TOLEDO Y MADRID

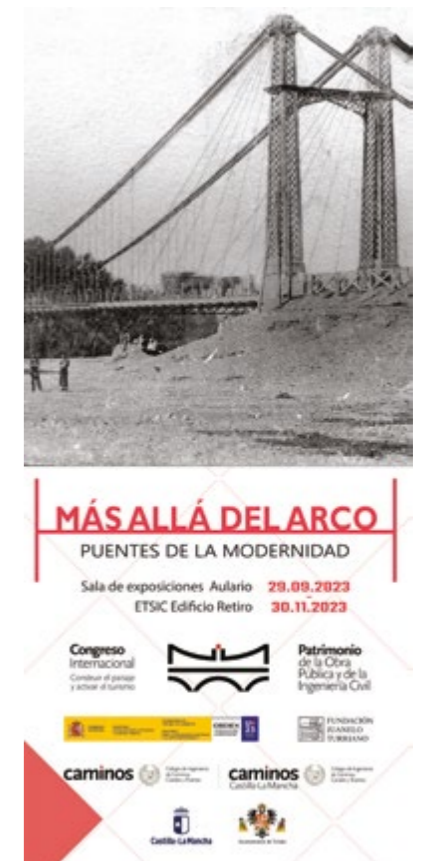
Carteles de las tres exposiciones



La exposición **Artifex. Ingeniería romana en España** (Cuenca, del 12 de septiembre al 30 de noviembre de 2023) se organizó en coincidencia con los recientes hallazgos arqueológicos en la villa romana de Noheda y con la existencia de las importantes minas de yeso especular, de época romana, en Cuenca.



Por su parte, la muestra **Felipe II. Los ingenios y las máquinas** (Toledo, del 15 de septiembre al 30 de noviembre de 2023) tuvo lugar oportunamente en la misma ciudad donde Juanelo Turriano construyó su artificio para subir el agua del Tajo.



Finalmente, la exposición **Más allá del Arco. Puentes de la Modernidad** (Madrid, del 29 de septiembre al 30 de noviembre de 2023) pudo verse en la ETSIC del Retiro, en Madrid, dando una imagen completa sobre el papel de los puentes de tipología recta como piezas fundamentales de la ingeniería moderna.

1

ARTIFEX. INGENIERÍA ROMANA EN ESPAÑA

Esta muestra da a conocer el inmenso legado técnico del mundo romano, mostrando los saberes en diversos campos de la tecnología, y de manera muy especial sus aplicaciones a la ingeniería civil en Hispania.

Se trata de una versión adaptada para la itinerancia de la muestra homónima presentada, con notable acogida de público, en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid entre marzo y julio de 2002, y organizada por **Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU), del CEDEX, y el Ministerio de Cultura**. El proyecto científico de la exposición fue dirigido por la **Fundación Juanelo Turriano**, actuando como comisario **Ignacio González Tascón**, catedrático de Estética e Historia de la Ingeniería Civil de la Universidad de Granada. Fruto de la investigación entonces realizada y de la colaboración de diversos especialistas en la materia, se editó en 2002 el correspondiente catálogo. **La producción de este formato itinerante ha sido labor del CEHOPU.**

La presentación de los contenidos de la exposición atiende a cinco áreas temáticas: La construcción: materiales y maquinaria; Las comunicaciones: calzadas, puentes, puertos; La ciudad y su equipamiento; Minería y metalurgia; y Técnicas y artes industriales.



2

FELIPE II. LOS INGENIOS Y LAS MÁQUINAS

Esta exposición fue inaugurada en Madrid, en 1998, en el Pabellón Villanueva del Real Jardín Botánico, bajo el comisariado de **Ignacio González Tascón**. Formó parte, junto con otras, del conjunto de exposiciones organizadas en 1998 y 2000, con motivo de la conmemoración de los centenarios respectivos de la muerte de Felipe II (1598) y del nacimiento de Carlos V (1500).

Esta exposición abordó todas las facetas concernientes a los grandes proyectos de obras públicas desarrollados en la segunda mitad del siglo XVI, durante el reinado de Felipe II.

El CEHOPU ha realizado, para su programa de exposiciones, una versión itinerante y actualizada vertebrada en las siguientes áreas temáticas: La financiación de las obras públicas; Obras de regadío; Ingenios y máquinas para la industria; Abastecimiento de agua y saneamiento de ciudades; Los caminos y los puentes; e Ingeniería portuaria.

3

MÁS ALLÁ DEL ARCO. PUENTES DE LA MODERNIDAD

Desde el CEHOPU presentamos la exposición **Más allá del arco. Puentes de la Modernidad** con la finalidad de dar continuidad a la actividad del centro respecto a organizar exposiciones monográficas. En este caso se trataba de la segunda muestra sobre el tema de los puentes en España, tema abordado en 2012 en la muestra Puentes Arco en España. En la esta exposición, comisariada por **Dolores Romero Muñoz y Miguel Ruiz Cabrera**, se dieron a conocer las realizaciones más paradigmáticas de los siglos XIX y XX a partir de la introducción de nuevos materiales constructivos: el hierro y el hormigón armado.

Así, la exposición se divide en tres áreas temáticas: Puentes colgantes, De puentes de hierro y Puentes de hormigón, mostrando esencialmente su evolución histórica a través de la mejora del conocimiento estructural de estos materiales.



PRESENTACIÓN DEL LIBRO CIENCIA Y AGUA. MANUEL LORENZO PARDO, INGENIERO HIDRÁULICO

CONTACTO: ALFONSO.LUJAN@CEDEX.ES

En 2023, desde el CEH y el CEHOPU hemos trabajado conjuntamente en la jornada de presentación del libro *Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico* que conmemora el 90º aniversario de la creación del Centro de Estudios Hidrográficos y los 70 años de la muerte de su primer director, Manuel Lorenzo Pardo.

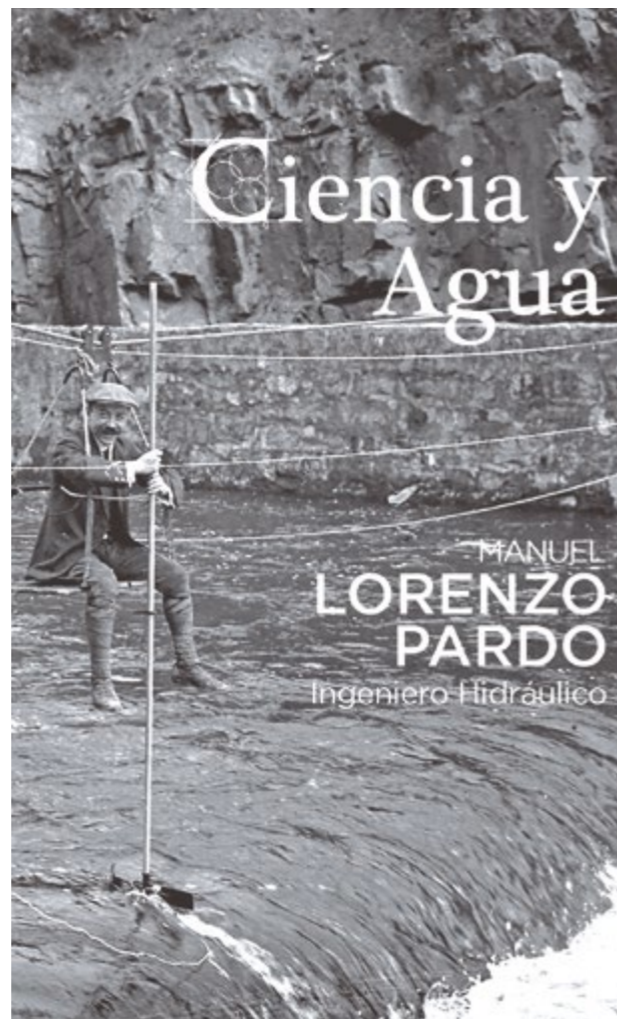
El 14 de junio de 2023 se celebró, en el salón de actos del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, la presentación del libro *Ciencia y agua. Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero hidráulico*, editado por el CEHOPU. La jornada fue inaugurada por **Teodoro Estrela Monreal**, Director General del Agua y **Dolores Pascual Vallés**, Presidenta de la Confederación Hidrográfica del Ebro, y clausurada por **Hugo Morán Fernández**, Secretario de Estado de Medio Ambiente. Además, contó con la participación de los autores que han contribuido en la redacción del libro, así como con la presencia de familiares del ilustre ingeniero homenajeado y otros colegas de profesión.

Las distintas ponencias e intervenciones de la jornada abordaron la figura del ingeniero español que sumó múltiples intereses, con una faceta de pensador y humanista, compartida por otros contemporáneos del mundo de la ciencia en Europa. **Pardo formó parte activa del grupo de intelectuales y**

**INGENIERO ESPAÑOL,
PENSADOR Y HUMANISTA**

14 DE
JUNIO DE
2023

Portada del libro *Ciencia y Agua.*
*Manuel Lorenzo Pardo, ingeniero
hidráulico*



CONMEMORACIÓN DEL 90º ANIVERSARIO DE LA CREACIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS Y LOS 70 AÑOS DE LA MUERTE DE SU PRIMER DIRECTOR, **MANUEL LORENZO PARDO**



Vista del Salón de Actos del CEH el día de la jornada

científicos de una generación brillante surgida en un periodo histórico de nuestro país llamado por algunos estudiosos como “La Edad de Plata de la Ciencia y de las Obras Públicas”. Su relación con Leonardo Torres Quevedo, Santiago Ramón y Cajal o Albert Einstein da muestra de ello. A ello se une su **carácter pionero en el ámbito de la ingeniería hidráulica y la gestión de los recursos hídricos**, con planteamientos que trascendieron su tiempo. Su reconocimiento como destacado ingeniero de caminos y gestor público español de la primera mitad del siglo XX se debe, principalmente, a la ejecución de grandes obras hidráulicas, como **el embalse del Ebro en Reinosa**, a la concepción y desarrollo del actual **modelo organizativo de confederaciones hi-**

drográficas por cuencas (1926) y a la redacción del **Plan Nacional de Obras Hidráulicas** (1933), que, junto con la **creación del Centro de Estudios Hidrográficos**, supuso la principal base programática en materia de planificación y gestión de los recursos hídricos del país.

**POR DECRETO DE 22 DE FEBRERO
DE 1933 SE CREÓ EL CENTRO DE
ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS**

JORNADA POLÍVKA-TORROJA. HOMENAJE A LOS ILUSTRES INGENIEROS UNIVERSALES JAROSLAV JOSEF POLÍVKA Y EDUARDO TORROJA MIRET

CONTACTO: ISABEL.RODRIGUEZ@CEDEX.ES

La Jornada Polívka-Torroja reveló la estrecha relación que existió entre ambos ingenieros, registrada en más de 400 cartas, fotografías y documentos variados que se intercambiaron durante más de una década y que desde este encuentro constituyen el Fondo J. J. Polívka del Centro de Documentación del CEHOPU.

Uno de los grandes eventos organizados desde el CEHOPU en 2023 ha sido la **Jornada Polívka-Torroja**. Homenaje a los ilustres ingenieros universales **Jaroslav Josef Polívka y Eduardo Torroja Miret**, celebrada en el salón de actos del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) el 25 de mayo de 2023. La jornada, organizada junto con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETCC), fue inaugurada por **David Lucas Parrón**, Secretario de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

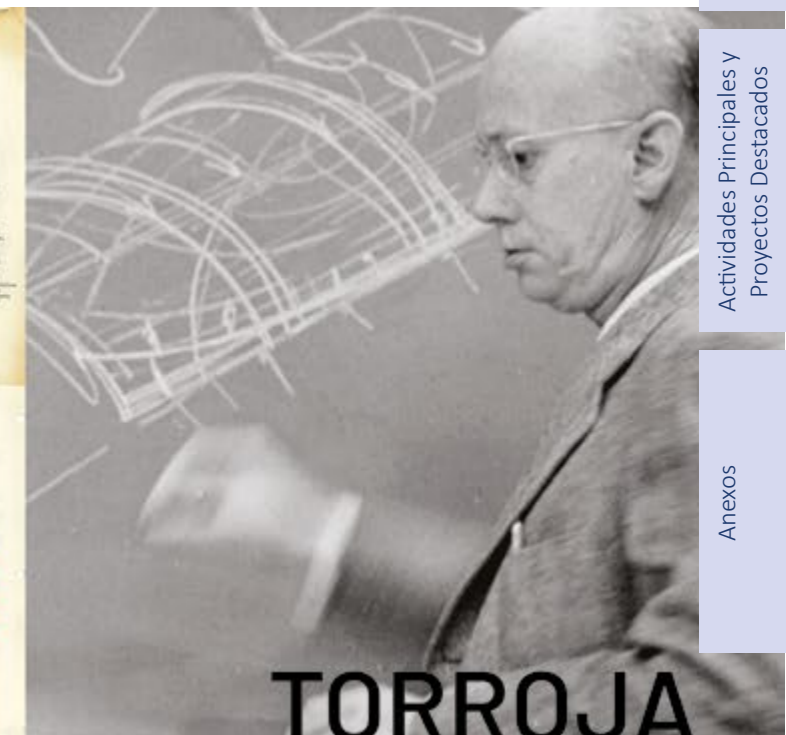
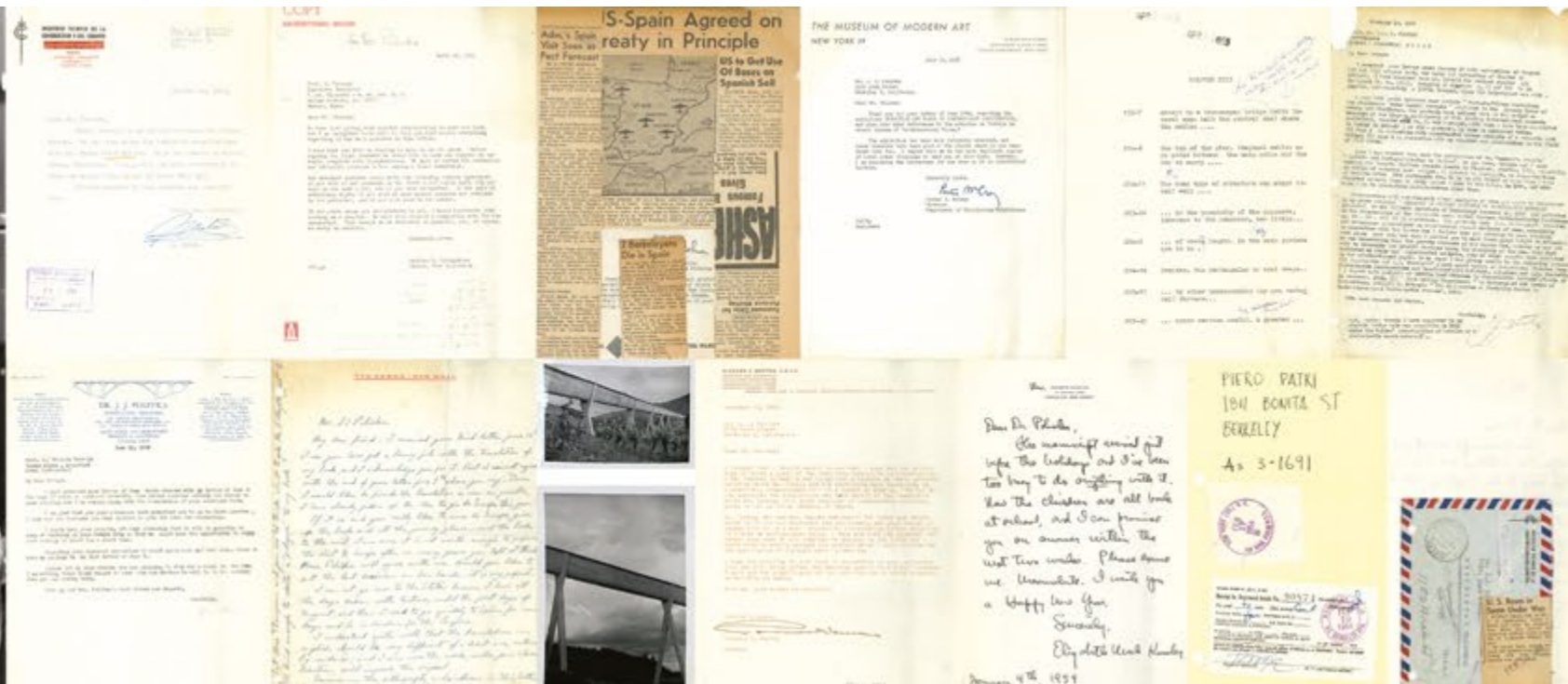
El acto contó con tres conferencias sobre la trayectoria profesional y personal de ambos ingenieros a cargo de **Ramón Graus**, profesor contratado doctor de la Universitat Politècnica de Catalunya, de **Ronald Polívka**, doctor ingeniero por la Universidad de California en Berkeley en Estados Unidos, y de **Ladislav Jackson**, profesor contratado de la Universidad Politécnica de Brno en la República Checa. Además, la jornada se completó con dos ponencias breves sobre el contenido y el alcance del fondo documental **Jaroslav Josef**

Polívka a cargo de **Isabel Rodríguez**, investigadora del CEHOPU, y de **Ladislav Jackson**. Al final del acto tuvo lugar la firma del **acuerdo de donación por parte de la familia Polívka al CEDEX** de los documentos que constituirán este fondo documental que pasará a formar parte del Centro de Documentación del CEHOPU.

Selección de cartas digitalizadas del Fondo J. J. Polívka (1947-1959)



POLIVKA



TORROJA



Auditorio del CETA el día de la jornada



Firma del acuerdo de donación del Fondo Polívka al CEDEX

EL NUEVO FONDO INCLUYE DOCUMENTOS INÉDITOS

El nuevo fondo incluye documentos inéditos tan valiosos como los borradores del libro *Philosophy of Structures* de 1955, vídeos del **primer viaje de Torroja a Estados Unidos**, o la **correspondencia mantenida entre los dos ingenieros** y otras grandes figuras de la arquitectura y la ingeniería de la época, incluidos **Richard Neutra** o **Frank Lloyd Wright**. A estas más de 400 cartas le acompañan una cantidad considerable de recortes de prensa, artículos y distinto material de investigación y docencia que dan muestra de las influencias que ejercieron unos sobre otros y que suponen una referencia única para comprender la proyección internacional de Torroja. Estos documentos permitirán, una vez catalogados y puestos a disposición del público para su libre consulta, enriquecer el patrimonio documental en torno al legado de la **técnica y el pensamiento de la ingeniería y la arquitectura del siglo XX**.

ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS

CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS



Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de
conocimiento

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Anexos

CEPYC

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

CENTRO DE ESTUDIOS DE
PUERTOS Y COSTAS



REPOSICIÓN DE CUBIERTA

Finalizamos las obras de ingeniería civil de reposición de la cubierta del Laboratorio de Experimentación Marítima (LEM) y reiniciamos las actividades experimentales tras su paralización en 2021 y 2022

ENCARGOS PUERTOS DEL ESTADO

Firmamos un nuevo encargo bianual e iniciamos los trabajos encargados por Puertos del Estado al CEDEX



PUERTO DE VALENCIA EN 3D

Iniciamos la experimentación física en el Laboratorio de Experimentación Marítima, modelo 3D de la ampliación Norte del puerto de Valencia

ENCARGOS D.G. MARINA MERCANTE

Firmamos nuevo encargo bianual e iniciamos los trabajos encargados por la Dirección General de la Marina Mercante al CEDEX



REAPERTURA DE INSTALACIONES

Ponemos en servicio tras su reparación, el canal de 3 m, el canal de 6,50 x 45 m y el tanque de oleaje multidireccional, instalaciones de carácter singular para ensayos a gran escala

EUROMED DAYS

Participamos en los EUROMED DAYS, congreso internacional de carácter regional orientado a las cuestiones de especial interés en el área, organizado por la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación (PIANC)

PROYECTO MSP-OR

Participamos en los talleres de eólica marina y navegación deportiva, proyecto MSP-OR



WORLD OCEAN SUMMIT

Participamos en el WORLD OCEAN SUMMIT, Lisboa



ACTIVIDAD INTERNACIONAL

Recibimos la visita de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) y del Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil (LNEC) de Portugal. De manos de la IAHR, el director del centro recibió la distinción honorífica de "fellow" que reconoce el relevante papel del CEPYC en el ámbito de la ingeniería marítima mundial

CONGRESO MUNDIAL IAHR

Participamos en el 40º Congreso Mundial de la IAHR (International Association for Hydro-Environment Engineering and Research) celebrado en Viena presentando algunos de los trabajos desarrollados en CEH, CEPYC y CETA en este ámbito

AQUAENERGY

Participamos en el Forum AQUAENERGY, evento orientado al impulso de la transición a las energías limpias, su vinculación con la huella hídrica, los nuevos combustibles y su alianza con los minerales

ASPECTOS POSITIVOS DEL DRAGADO

El grupo de trabajo del que formamos parte "Aspectos positivos del dragado" retoma sus actividades después de tres años de interrupción

CONFERENCIA INVITADA

Participamos en la Conferencia invitada – realizada de forma remota - en la Universidad de Ciencia y Tecnología de Macao (China)

Resumen de las actividades del CEPYC durante la anualidad 2023



PROYECTOS DESTACADOS CEPYC

MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL PARA FRENAR LA LLEGADA DE MICROPLÁSTICOS AL MAR

CONTACTO: MARIA.PLAZA@CEDEX.ES, RICARDO.OBISPO@CEDEX.ES Y JOSE.F.SANCHEZ@CEDEX.ES

La adquisición de un nuevo sistema LDIR supone un hito para el estudio de microplásticos en el mar dentro de esta línea de investigación consolidada en el CEDEX desde 2016.

Desde el año 2016 en el CEDEX estamos prestando apoyo a la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCN) en el seguimiento rutinario para **evaluar la presencia de microplásticos en playas**, que se realiza con carácter semestral en un conjunto de diecisiete playas a lo largo de todo el litoral español, aplicando el protocolo de muestreo del grupo de trabajo de basuras marinas de la Comisión Europea, adaptado por el CEDEX para nuestras costas.

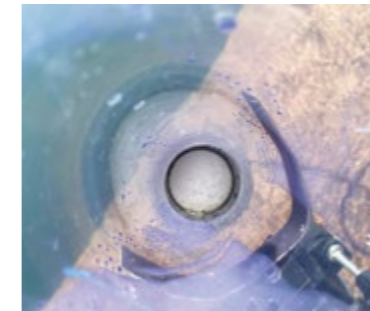
La concentración de microplásticos se expresa tanto en función de la masa (número de elementos por kg de arena) como por superficie (por m² de playa). Además, para cada partícula se determina su tamaño, masa, tipología y color.

Por otra parte, desde el año 2017, hemos estado trabajando en la **identificación de las principales fuentes de aportes de microplásticos al medio marino en España**. Este trabajo incluye la estimación teórica de las cantidades que estas fuentes pudieran estar vertiendo al mar, mediante la adopción de una serie de modelos de cálculo que habían sido anteriormente empleados en otros países de la Unión Europea. Complementariamente, se ha llevado a cabo una comparación de estas estimaciones con medidas reales en campo, para lo cual se desa-



Sistema de bombeo con columna de filtración diseñado en el CEDEX para el muestreo de microplásticos en la columna de agua

rollaron diversas metodologías para el muestreo en superficie y columna de agua de microplásticos en ríos, puestas a punto en una campaña en el río Ebro. Para el caso de la columna de agua, se diseñó un **novedoso sistema de bombeo con columna de filtración**.



En el año 2023 y a raíz de la problemática específica observada en zonas costeras muy afectadas por la presencia de contaminación por pellets de plástico, derivada del uso y transformación de plástico, se ha puesto en marcha un estudio específico al objeto de establecer medidas para eliminar este importante flujo de contaminación. El trabajo ha comenzado en 2023 en la playa de la Pineda (Tarragona), situada en las inmediaciones de un área industrial que se encuentra muy próximo a la costa.



Pélets de plástico en la Riera de la Boella, en el entorno industrial de La Pineda

Finalmente, también en 2023 hemos realizado una importante inversión con la **adquisición de un equipo para el estudio de microplásticos basado en la técnica LDIR**, que permite analizar partículas de hasta 10 µm reduciendo además de una manera considerable los tiempos de muestreo respecto a otras técnicas como la espectroscopia infrarroja menos eficientes.

ESTUDIO PARA LA MEJORA DEL FRENTE DE COSTA DEL MARESME PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA LÍNEA FÉRREA FRENTE A LAS ACCIONES MARINAS

CONTACTO: JOSE.M.PENA@CEDEX.ES

El estudio ha analizado el problema de la cercanía y baja cota de la línea de ADIF en la costa barcelonesa del Maresme para plantear acciones que mejoren las defensas actuales y eviten que el oleaje y la subida del nivel del mar condicionen la explotación de la vía con un horizonte del año 2050.

El encargo ha incluido dos fases diferenciadas:

1

ESTUDIO PARA LA MEJORA DEL FRENTE DE COSTA DEL MARESME PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA LÍNEA FÉRREA FRENTE A LAS ACCIONES MARINAS

2

ENSAYOS EN MODELO FÍSICO PARA EL ESTUDIO DE REBASABILIDAD Y ESTABILIDAD DEL DIQUE LONGITUDINAL DE DEFENSA DEL FF.CC. EN EL MARESME

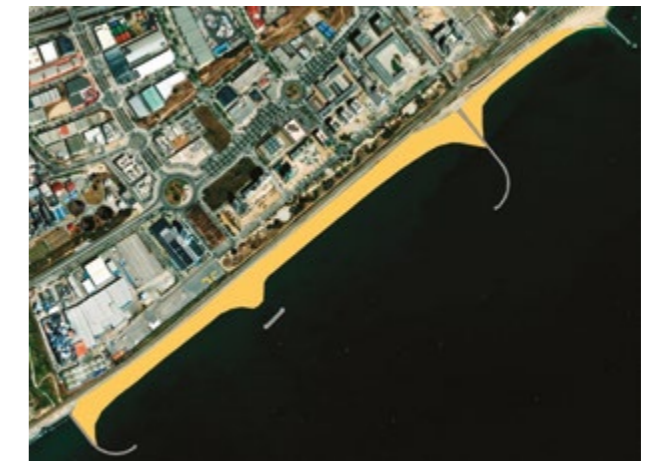
El primero ha finalizado en diciembre de 2023, incluyendo el desarrollo de trabajos de campo para el conocimiento de la batimetría en aguas someras frente al litoral, la evaluación previa de estructuras de protección y el diseño de nuevas playas al norte y sur del puerto de Mataró, soluciones que serán objeto de experimentación mediante un **modelo tridimensional de fondo móvil en el tanque de oleaje multidireccional del CEPYC** a lo largo de 2024 y dentro de la segunda fase.

La línea del ferrocarril discurre muy próxima a la línea de orilla de la costa del Maresme entre Malgrat y Montgat lo que la hace vulnerable a las acciones del mar, especialmente con temporales y eventos extraordinarios. La Dirección General de la Costa y el Mar realizó una **“Estrategia de Actuación en el Maresme”** donde se proponía una serie de actuaciones que redujese la vulnerabilidad de la costa y crease playas estables en el tiempo con la **construcción de obras de defensa y aporte de arena** especialmente. Sin embargo, en determinados puntos no previstos en ella, la línea férrea quedaba en

situación vulnerable lo que llevó a Adif a realizar actuaciones para garantizar el normal funcionamiento del servicio público ferroviario. Entre esas acciones se encuentra el diseño de una defensa eficaz, que compagine ésta con el uso de las playas. Los hitos más importantes del trabajo han sido:

- **El análisis de toda la costa afectada e identificación del riesgo** a la que se encuentra sometida la línea de ferrocarril a lo largo de su trazado
- **Diseño de playas**, no previstas en la estrategia, al norte y sur del puerto de Mataró.

ANÁLISIS DE TODA LA COSTA AFECTADA



Diseño de las playas al S del puerto de Mataró

Tramo de la vía del Maresme



ESTUDIO NUMÉRICO DE DISPERSIÓN DE MATERIAL DE DESCARGA EN EL PUERTO DE SANTANDER

CONTACTO: MARIA.J.MARTIN@CEDEX.ES

La Autoridad Portuaria de SANTANDER (APS) y Puertos del Estado (PE), encargaron, al Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX, que analizara, con modelo numérico, la emisión de distintas partículas producidas por los vientos del ENE durante el proceso de descarga con cuchara.

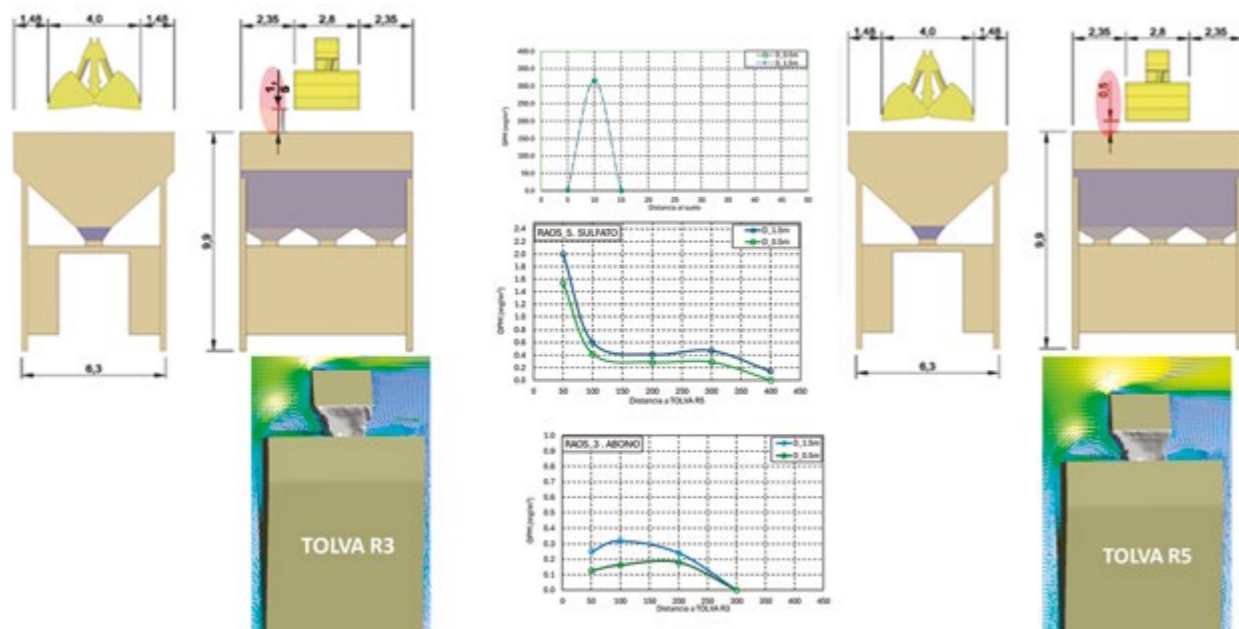
De acuerdo a las directrices de la APS se han considerado **descargas de tres tipos de productos:** sulfato sódico en Raos 5, cereal en Raos 3 y Raos 5 y fertilizante en Raos 3.

Los **registros de viento** empleados para definir las características del viento fueron suministrados por el servicio meteorológico regional de AEMET de Cantabria. Para establecer el perfil de velocidad de viento, requerido en las simulaciones, se ha considerado la relación entre la velocidad media y de ráfaga de 3s teniendo en cuenta distintas rugosidades superficiales. Las simulaciones numéricas se han realizado con el modelo FLUENT, módulo de Fase Discreta Densa. Es un modelo multifase en el que las partículas emitidas se tratan de forma lagran-

giana y la fase continua es euleriana, acoplándose mediante términos fuentes en las ecuaciones. Se ha empleado un modelo de turbulencia k- ω SST (Shear Stress Transport) que fusiona esa formulación en contornos con la formulación k- ϵ de flujo libre en otras zonas.

Para el **análisis de la variación de la concentración de partículas** con la distancia a las tolvas se han definido planos verticales paralelos equidistantes 100m de la zona de sotavento del centro de la descarga hasta 400m incluyéndose un plano adicional situado a 50m de la zona referida. Para la variación de la concentración de partículas en altura, se han definido planos horizontales equidistantes 50m desde la superficie de entrada del material de descarga a la tolva.

Definición geométrica y algunos resultados



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

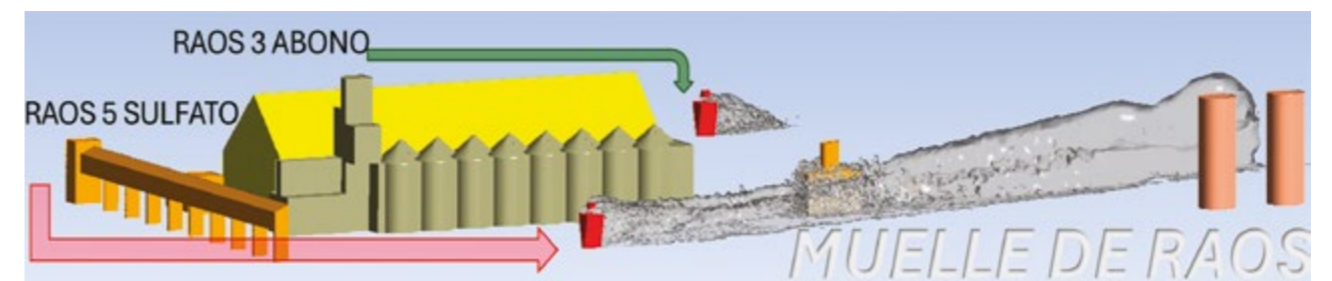
El análisis de los resultados refleja los siguientes hechos:

- La **dirección de viento** considerada produce una **zona de recirculación** entre la cuchara y la tolva que limita el transporte de las partículas y gran parte del material cae por su propio peso al interior de la tolva.
- Para una zona determinada, la **concentración de partículas en el fluido depende de la velocidad del viento y la distribución granulométrica de las partículas** siendo el sulfato el que mayor producto emite a la atmósfera y el cereal el que rápidamente cae por su propio peso. En la posición intermedia se encuentra el abono. Esta variación es acorde a las características granulométricas de las sustancias.
- La **dispersión del material de descarga es prácticamente nula en altura** y se concentra a 10m, que es la altura a la que el material es descargado cayendo la mayor parte de la descarga (40t) por su propio peso en el interior de la tolva.

El alcance de las partículas emitidas en el proceso de descarga de los distintos productos en cada una de las tolvas en una cuchara es acorde a las apreciaciones de la autoridad portuaria. Finalmente destacar que además de la intensidad de viento, **la dispersión de partículas de la descarga aumenta con la distancia entre la entrada a la tolva y la cuchara y la dirección de viento considerada.**

DE ACUERDO CON LAS DIRECTRICES DE LA APS SE HAN CONSIDERADO DESCARGAS DE TRES TIPOS DE PRODUCTOS: SULFATO SÓDICO EN RACS 5, CEREAL EN RACS 3 Y RACS 5 Y FERTILIZANTE EN RACS 3

Visualización de pluma de dispersión



RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE ENTORNOS COSTEROS. CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE DRAGADO AMBIENTAL DE LOS SEDIMENTOS DE LA RÍA DE O BURGO

CONTACTOS: RICARDO.OBISPO@CEDEX.ES
JOSE.F.SANCHEZ@CEDEX.ES

Este es uno de los proyectos de restauración ambiental más ambiciosos abordados por la Dirección General de la Costa y el Mar, en el que el CEDEX ha participado desde sus etapas iniciales con las propuestas de gestión de los materiales dragados y el estudio de impacto ambiental, hasta los programas de vigilancia ambiental.

La ría de O Burgo (A Coruña) fue un área históricamente receptora de numerosos vertidos urbanos e industriales que deterioraron la calidad de sus aguas y crearon una capa de sedimentos contaminados en sus fondos. La retirada de los materiales contaminados de la ría y su restitución parcial por sedimentos limpios ha permitido la mejora de la calidad de las aguas y de sus fondos, favorecer la recuperación, productividad y calidad de los bancos marisqueros y potenciar los usos lúdicos y recreativos de la zona.

Desde el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), hemos colaborado con la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) con múltiples estudios, en diferentes aspectos en relación con este proyecto a lo largo de todo su desarrollo; ya desde las etapas iniciales, con la clasificación de los materiales y sectorización de la ría en función de su grado de contaminación, estudios de los posibles destinos de los materiales dragados, realización del documento de inicio del procedimiento ambiental,

UNO DE LOS TRABAJOS DE MAYOR SINGULARIDAD HAN SIDO LOS ESTUDIOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO DE CALIDAD DEL MEDIO MARINO DEL CEPYC

Confinamiento de los sedimentos más contaminados en recinto mediante uso combinado de floculantes y geotubos.



el propio estudio de impacto ambiental y diversos estudios anejos, hasta, actualmente, en distintos aspectos de los programas de vigilancia ambiental durante las etapas preoperacionales, operacionales y posoperaciones del proyecto.

Uno de los trabajos de mayor singularidad han sido los estudios realizados por el Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEPYC, para la evaluación de la eficiencia y toxicidad en relación con el uso combinado de floculantes y tubos geotextiles para el confinamiento de los materiales dragados, con el fin de minimizar las pérdidas de finos y prevenir el incremento de turbidez en la ría durante las obras. La aplicación de este novedoso sistema de gestión se implementó finalmente para el caso de los materiales más contaminados, gestionados mediante confinamiento en los recin-

tos creados para este fin. Se realizaron estudios experimentales con distintos floculantes con el fin de verificar su eficacia en base a diversos parámetros, así como su posible toxicidad; con una valoración final de sus ventajas e inconvenientes, evaluación de su conveniencia de uso en función del destino de los materiales y establecimiento de los requisitos para su utilización, culminando con la verificación del cumplimiento de las especificaciones requeridas para los floculantes propuestos para su uso en el proyecto.

En la actualidad se abordan las últimas fases del programa de vigilancia ambiental del proyecto con la valoración del estado ambiental final de la ría tras la finalización de las obras.

SE ABORDAN LAS ÚLTIMAS FASES DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

ESTUDIOS SOBRE LA DÁRSENA DE LA AMPLIACIÓN NORTE DEL PUERTO DE VALENCIA

CONTACTOS: JOSE.M.VALDES@CEDEX.ES
JUAN.PINERO@CEDEX.ES

La Autoridad Portuaria de Valencia (APV) tiene entre sus principales objetivos la construcción de una Terminal de Contenedores para dar respuesta a la demanda prevista de este tipo de tráfico a medio y largo plazo.

La Terminal está diseñada de manera que puedan operar los buques portacontenedores de última generación, atendiendo, tanto a tráficos de importación y exportación como de transbordo. Con este motivo, la APV y el Organismo Público Puertos del Estado encargaron al CEDEX la realización, en el Centro de Estudios de Puertos y Costas, de diversos estudios para la verificación del diseño de esta ampliación, los cuales incluyeron los ensayos en modelo físico 3D a escala reducida de agitación y buques atracados.

La Nueva Terminal de contenedores consta de un Muelle Principal de 137 ha de superficie y 1970 m de línea de atraque. Además, se construirán Muelles Auxiliares en dos alineaciones de 315 m (Alineación 1) y 405 m (Alineación 2) ubicadas al oeste de la dársena. Para dotar a la dársena de los calados necesarios que permitan el acceso al nuevo muelle, y para optimizar el volumen de material extraído para la formación de los futuros rellenos de la terminal, se prevé realizar dragados a distinta profundidad en la dársena (-24 m) y en el antepuerto (-28 m).

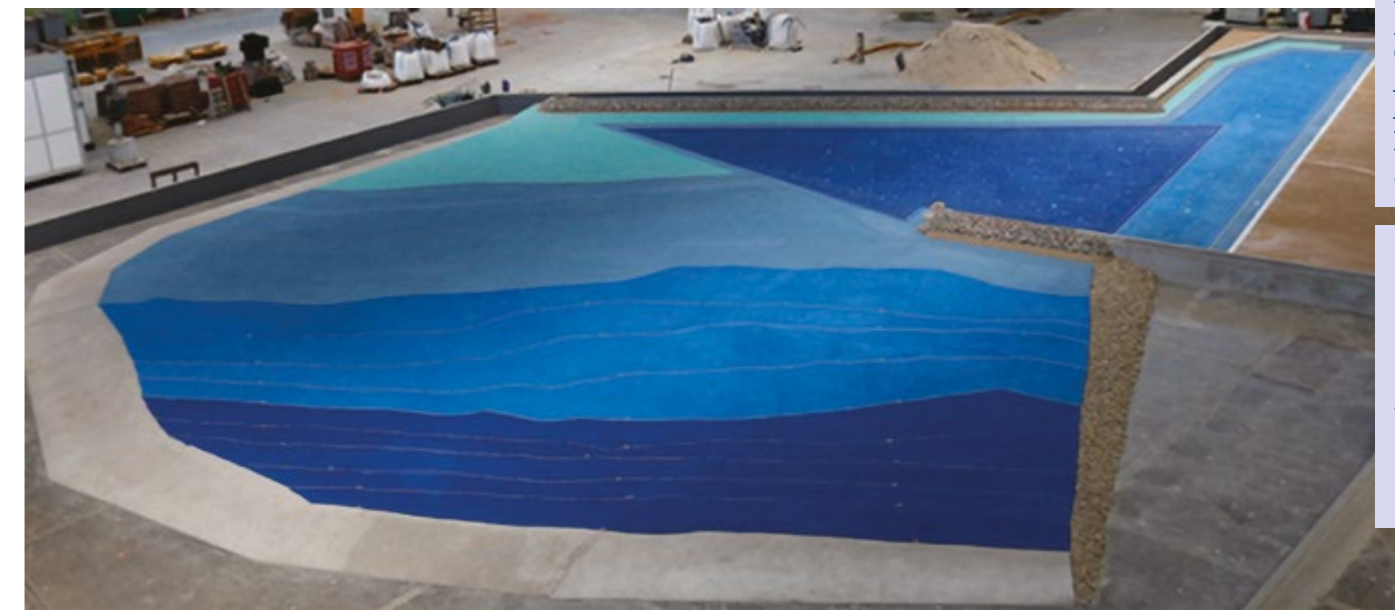
Los ensayos llevados a cabo en este estudio son complementarios a los ya realizados durante el año 2019 para la redacción del "Anteproyecto de la Nueva Terminal de Contenedores del Puerto de Valencia", centrándose en los oleajes con penetración



más directa en la dársena, empleando la configuración definitiva de la dársena y de los dragados incluida en el Proyecto constructivo y utilizando en esta ocasión buques representativos de la flota que operará en la futura terminal, siendo estos, un buque tipo un Feeder de 184 m de eslora en el Muelle Principal y para la primera alineación de los Muelles Auxiliares, y un Crucero de 260 m para la segunda alineación de dichos Muelles Auxiliares.

Los ensayos se han realizado en un modelo físico tridimensional sin distorsión a escala 1:100, sometido a la acción de los oleajes de régimen medio considerados a partir de las especificaciones técnicas requeridas por la Autoridad Portuaria de Valencia y Puertos del Estado. Las direcciones ensayadas fueron la E-22,5º-S (ESE) y E-45,0º-S (SE), ambas con un periodo de pico $T_p = 5,8$ s.

Los resultados de los ensayos pusieron de manifiesto un grado de operatividad satisfactorio en los atraques del Muelle Principal para buques tipo Feeder de 184 m de eslora, según las recomendaciones recogidas en las normativas de referencia, ROM y PIANC. En lo que respecta a los Muelles Auxiliares, el comportamiento del buque tipo Feeder de 184 m de eslora y del crucero de 260 m, presentaron una operatividad del 100% tanto para los criterios de la ROM como para los del PIANC.



Modelo físico tridimensional

LOS ENSAYOS SE HAN REALIZADO EN UN MODELO FÍSICO TRIDIMENSIONAL SIN DISTORSIÓN A ESCALA 1:100

NORMATIVAS DE REFERENCIA ROM Y PIANC

ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS

CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de
conocimiento

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Anexos

CET

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

CENTRO DE ESTUDIOS DEL
TRANSPORTE

TRAMOS DE EXCEPCIÓN NORMATIVA

Comenzamos los trabajos del nuevo encargo para asistencia técnica en el estudio científico técnico y seguimiento de tramos declarados de excepción normativa

INDICADORES CONCESIÓN AUTOVÍAS

Comenzamos los trabajos de los nuevos encargos para asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General de Carreteras y para la verificación y comprobación de indicadores en los contratos de concesión de autovías vigentes

MODELO NACIONAL DE TRANSPORTE

Comenzamos los trabajos del nuevo encargo para apoyo técnico al desarrollo, innovación y explotación del modelo nacional de transporte



PREMIO ASEFMA

Ortogan el Premio Asefma a la ponencia de nuestros compañeros Rafael Jiménez y María Sánchez sobre nuevas propuestas de ensayo para mejorar el control de ejecución en mezclas bituminosas de rodadura BBTM

CARRETERAS Y MEDIOAMBIENTE

Iniciamos, para la DGC, el estudio de caracterización de las propiedades de los fundentes empleados para la nieve y el hielo en carreteras y de su afección sobre el pavimento y el medio ambiente

PERFILÓMETRO LÁSER

Adquirimos un nuevo Perfilómetro Láser con el que realizar de forma más eficaz los trabajos de auscultación especializada y de supervisión de indicadores de calidad y estado en las autovías de primera generación

MATERIALES EN CARRETERA

Intensificamos la actividad en el ámbito de la caracterización de materiales en carreteras



APOYO A LA DGC

Prestamos apoyo a la Dirección General de Carreteras en el estudio de patologías en varios tramos de carreteras



ANÁLISIS CICLO DE VIDA

En el ámbito de la sostenibilidad y cambio climático definimos la estructura de la Base de Datos para la realización de estudios de Análisis de Ciclo de Vida en firmes de carretera

PUBLICAMOS ARTÍCULO

Se publica en la revista "International Journal of Pavement Engineering" el artículo "Analysis of different testing techniques for evaluating the adhesion of asphalt ultra-thin layers (AUTL)", un trabajo de colaboración entre la UPC, la Universidad de Granada, Pavasal y el CET

SIMPOSIO NACIONAL DE FIRMES

Participamos en el Simposio Nacional de Firmes de Valencia, presentando tres artículos propios y uno en colaboración con otras empresas del sector y Universidades

CONGRESO MUNDIAL

Participamos en el Congreso Mundial de la Carretera, en Praga, con una amplia presencia a través de ponencias, artículos y posters



VEHÍCULO AUTÓNOMO CONECTADO

Iniciamos para la DGC los trabajos relacionados con la identificación de las necesidades de adaptación de las carreteras para la circulación del vehículo autónomo y conectado

Resumen de las actividades del CET durante la anualidad 2023



PROYECTOS DESTACADOS CET

APOYO A LA DGC PARA LA ADAPTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA AL VEHÍCULO AUTÓNOMO Y CONECTADO

CONTACTO: JESUS.LEAL@CEDEX.ES

Con objeto de facilitar la implantación y futuro despliegue del vehículo autónomo y conectado (VAC) es importante identificar y evaluar posibles cambios en la infraestructura que permitan respaldar su operación, de manera que la carretera no obstaculice ni retrase su adopción.

La **Movilidad Autónoma Cooperativa y Conectada (CCAM)** consiste en la integración de sistemas de comunicación V2X (vehículo con todo: otros vehículos, infraestructura, etc.) y los sistemas de conducción automatizada, de forma conjunta con la gestión del tráfico y la movilidad. Se espera que CCAM aporte mejoras desde el punto de vista de la movilidad, seguridad y sostenibilidad de nuestras carreteras.

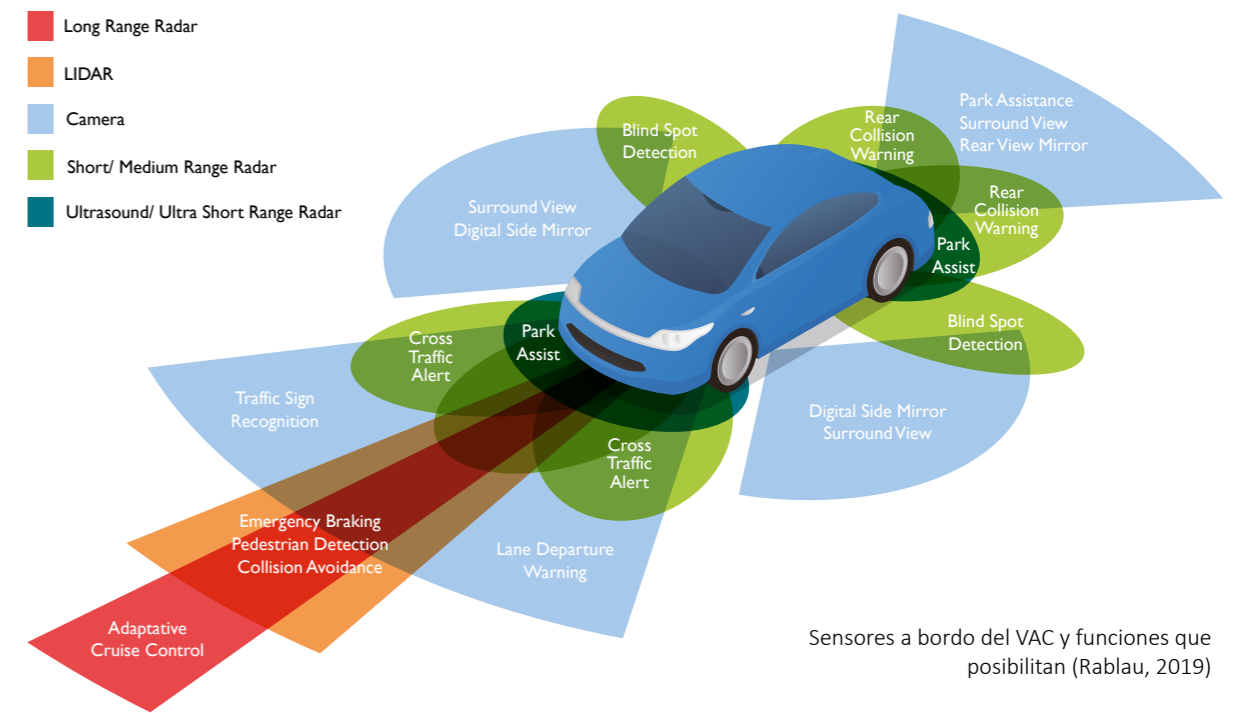
Existen varios **aspectos clave** desde el punto de vista de la tecnología:

- Los **sistemas de conducción autónoma**, basados en sensores, especialmente tecnologías de visión artificial mediante tratamiento de imágenes, de radar y de LIDAR, que permiten captar el entorno del vehículo y, tras el correspondiente procesamiento automatizado de la información, posibilitan una conducción automatizada.

- Las condiciones de **conectividad** entre los vehículos y la infraestructura, fundamentalmente con el objetivo de aumentar la seguridad (proporcionando información de forma redundante) y aumentar la eficiencia del proceso. Actualmente están compitiendo dos tecnologías de comunicación, la celular, basada en la red de antenas de telefonía móvil 3G/4G/5G, y la de onda corta del estándar C-ITS G5, basada en la utilización de unas estaciones remotas en la carretera (RSU-roadside units-) para permitir la comunicación con las unidades a bordo de los vehículos (OBU-on-board unit-).

MOVILIDAD AUTÓNOMA COOPERATIVA Y CONECTADA (CCAM)

VEHÍCULO AUTÓNOMO Y CONECTADO (VAC)



Pero no todo es tecnología, sino que surge también la necesidad de ordenar y regular la normativa, tanto técnica como legal, en el campo de la movilidad autónoma y conectada, y de adaptar la infraestructura al VAC. Todo esto en un ecosistema en el que hay multitud de actores (empresas privadas, organismos de investigación y administraciones, con distintas competencias), que deben trabajar de forma orquestada.

En este contexto novedoso y complejo, desde CET estamos apoyando a la DGC en:

- La identificación de posibles **corredores CCAM** para la realización de pruebas en carretera abierta, que permitan diseñar, experimentar y desplegar las diferentes tecnologías y funcionalidades asociadas a la movilidad autónoma y conectada
- y en el estudio de los **aspectos relativos a la infraestructura viaria** que determinan la viabilidad de la conducción automatizada (marcas viales y señales verticales, principalmente).

SEGUIMIENTO DE LOS TRAMOS DE EXCEPCIONALIDAD NORMATIVA

CONTACTO: MARIA.SANCHEZ@CEDEX.ES

A lo largo del año 2023 el Laboratorio de Infraestructura Viaria ha seguido controlando la ejecución, caracterización y auscultación de diferentes tramos declarados de excepcionalidad normativa, de acuerdo con la OC 1/2022 del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Uno de ellos ha consistido en el extendido de una mezcla bituminosa semicaliente fabricada con un 30% de asfalto recuperado, aditivos rejuvenecedores y técnica de espumación directa. Esta mezcla se colocó en la capa intermedia del tramo de rehabilitación entre Tordesillas y Sieteiglesias, en la A-62.

La **excepcionalidad** de este tramo ha consistido en aunar, sobre una misma mezcla bituminosa, diversas técnicas y materiales con el objetivo de **mejorar la sostenibilidad del proceso** de fabricación.

Para ello, por un lado, se ha sustituido un **30%** del peso de los áridos por **asfalto recuperado** (RA) de la propia obra, mediante el fresado de la capa intermedia que luego se ha tenido que reponer. Ha sido necesario caracterizar y tratar dicho fresado antes de incorporarlo a la mezcla en la planta asfáltica.

Dado que el empleo del RA supone reutilizar un material muy envejecido, fue necesario utilizar **aditivos rejuvenecedores**, capaces de regenerar el betún del RA, y devolverle los componentes perdidos a causa de dicho envejecimiento. El empleo de estos aditivos, en proporciones correctas, permite fabricar mezclas bituminosas que cumplen todos los requisitos establecidos, algo que no sería posible sin ellos.

Además, ya que la obra estaba situada a unos 100 km de distancia de la planta asfáltica, se utilizó la técnica de **espumación directa** para conseguir rebajar la temperatura necesaria para la compactación de la mezcla. De esta forma, se pudo realizar dicha compactación con la mezcla a 135°C.



LABORATORIO DE MATERIALES DEL CET

Desde el **Laboratorio de Materiales del CET** hemos procedido a realizar numerosos ensayos para caracterizar y controlar las características de esta mezcla bituminosa, y se ha podido comparar también con las características de dos mezclas equivalentes pero que no tenían incorporado ni el RA ni los aditivos rejuvenecedores; una de ellas fabricada en caliente, y la otra en semicaliente, mediante espumación también.

- Los resultados obtenidos han demostrado que la mezcla fabricada y colocada en la obra cumple con todos los requisitos establecidos, y que, además, **iguala, o incluso mejora en algún caso, a sus equivalentes fabricadas sin asfalto recuperado.**
- El seguimiento que se va a realizar a lo largo de los siguientes años mediante diferentes tipos de auscultación servirá para comprobar cómo afecta el paso de las cargas del tráfico y de las condiciones ambientales a este material.

Extendido de la mezcla AC 22 bin 50/70 S R30

LA MEZCLA IGUALA O INCLUSO MEJORA EN ALGÚN CASO, A SUS EQUIVALENTES FABRICADAS SIN ASFALTO RECUPERADO



ESTUDIO DE PATOLOGÍAS EN FIRMES DE LA RCE. ABOMBAMIENTOS EN LA A-66

CONTACTO: JORGE.CARNERERO@CEDEX.ES

Desde el CET prestamos apoyo a la DGC en el estudio de patologías en firmes existentes, caracterizando el problema y proponiendo soluciones de rehabilitación. Dentro de los casos estudiados en 2023, se encuentra la aparición de un tipo de patología muy singular, localizada en la A-66 entre los pp.kk. 43+000 y 47+000, consistente un abombamiento transversal del pavimento en un firme semirrígido.

En primer lugar, se realiza el análisis de la información recibida y se visita la zona donde se encuentra la patología, para caracterizarla lo mejor posible.

La patología consiste en una sucesión de abombamientos transversales en ambas calzadas, que afecta a toda la plataforma, a intervalos regulares en algunos casos y de forma aleatoria en otros. En este primer análisis se observa que:

1

EL ABOMBAMIENTO SE INICIA EN EL ARCÉN, PARA LUEGO PASAR A LA CALZADA

2

LA ZONA CUENTA CON UNA MALA EVACUACIÓN DEL AGUA (PUNTOS BAJOS, CAMBIOS DE PERALTE, E INCLUSO UN MURO DE TIERRA ARMADA QUE EVITA SU SALIDA)

3

LA CAPACIDAD PORTANTE DEL FIRME ES BUENA, DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE DEFLEXIONES RECIBIDAS

4

EL ASPECTO DEL ABOMBAMIENTO PARECE INDICAR QUE EL HINCHAMIENTO SE PRODUCE EN LAS CAPAS INFERIORES AL AGLOMERADO

Patología observada. Abombamientos.



Por todo ello, el siguiente paso es la **realización de testigos y catas**, para comprobar la sección existente y extraer material con el objeto de realizar ensayos enfocados en el problema de hinchamiento.

La sección existente está formada por un espesor de mezcla bituminosa de 20 cm, una capa de 10 cm de estéril negro del carbón estabilizado con cemento, una capa de 20 cm de estéril rojo del carbón, y todo ello apoyado sobre una escoria de acería.

Los resultados de los ensayos muestran que el **estéril negro** presenta un contenido de materia orgánica anormalmente elevado (7,8%) y una alta capacidad de hinchamiento (5,8%).

Finalmente, ante estos resultados, la propuesta de rehabilitación consiste en fresar las capas de mezcla bituminosa, sustituir la capa de estéril negro (material problemático) y parte de la capa de estéril rojo por un suelo cemento de buena calidad, fabricado con material no susceptible al agua y extender encima 20 cm de mezcla bituminosa.

DENTRO DE LA PROPUESTA TAMBIÉN SE INCLUYE LA REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL FRESADO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS PARA LA FABRICACIÓN DEL SUELO CEMENTO



Propuesta de Rehabilitación

ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS

CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de
conocimiento

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Anexos

CETA

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

CENTRO DE ESTUDIOS DE
TÉCNICAS APLICADAS

ENCARGO CON LA D.G. CARRETERAS

Comenzamos los trabajos para desarrollar el encargo con la Dirección General de Carreteras para la realización de "Asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en conservación de la biodiversidad, ruido ambiental y adaptación al cambio climático en materias competencia de la Dirección General de Carreteras (2023-2027)"

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

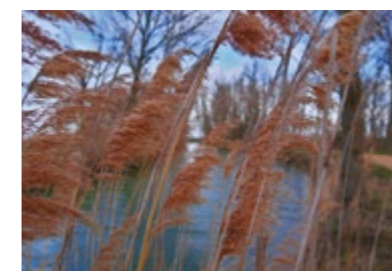
Comenzamos los trabajos con la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del MITECO para la realización de la "Asistencia técnica a la aplicación de la legislación en materia de ruido ambiental y a la adaptación, mantenimiento y actualización del sistema básico de información sobre contaminación acústica (2023-2026)"

ENCARGO DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Realizamos trabajos relativos al "Estudio experimental para el desarrollo de una metodología basada en el análisis de isótopos ambientales para determinar la evolución de la contaminación por nutrientes en el medio hídrico", encargado al CEDEX por la Dirección General del Agua (DGA) con cargo al mecanismo de recuperación y resiliencia (MRR) del PRTR

ACTUALIZACIÓN GUÍA

Actualizamos la Guía Visual interactiva de la vegetación de ribera española



ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA

Realizamos estudios de evaluación de estanqueidad de presas y sus posibles afecciones a la calidad del agua de los abastecimientos del entorno



HUELLA DE CARBONO

Elaboramos la publicación "Cálculo de huella de carbono y plan de mejora 2023" donde se estima dicha huella y se señalan las mejoras implementadas para reducirla y, con ello, también las emisiones GEI resultantes de la actividad del organismo

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Prestamos servicio técnico de alto nivel al Consejo de Seguridad Nuclear en los trabajos relativos a la red de vigilancia radiológica de las aguas españolas

COLABORACIONES

Colaboramos con la AEMET y otros organismos en trabajos de investigación en la variabilidad isotópica en el ciclo hidrológico



COOPERACIÓN INTERNACIONAL

Trabajamos en cooperación internacional participando como invitados en el Curso de Hidrología Isotópica con el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)



PROYECTO WATSON

Participamos en las jornadas del proyecto WATSON (WATER IsotopeS in the Critical zONE) que se enfoca en recopilar, integrar y sintetizar el conocimiento científico actual sobre la partición y mezcla del agua en la zona crítica aprovechando la capacidad de rastreo de los isótopos del agua

Resumen de las actividades del CETA durante la anualidad 2023





El artículo titulado “Umbrales de riesgo por cambio climático en las infraestructuras viarias en España”, elaborado por autores del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas, del Centro de Estudios del Transporte, de la Demarcación de Carreteras en Cantabria y de la Diputación de Valencia, recibe el premio de la categoría Cambio Climático y Resiliencia de la mano de la Asociación Mundial de la Carretera.

PROYECTOS DESTACADOS CETA

PREMIO PIARC “CAMBIO CLIMÁTICO Y RESILIENCIA” EN EL WORLD ROAD CONGRESS (PRAGA, 2023)

CONTACTO: LAURA.CRESPO@CEDEX.ES

El artículo tiene por objeto desarrollar y dar a conocer una metodología que permita estimar los **posibles riesgos derivados del cambio climático que pueden afectar a las distintas redes de carreteras existentes en España**, aunque podría ser aplicable a otros modos de transporte. Este marco establece un proceso para identificar los activos y servicios de transporte que podrían ser vulnerables a los impactos del cambio climático, evaluar el nivel de riesgo y orientar a las diferentes Administraciones y agentes afectados en la toma de decisiones, sobre cuándo, cómo y para qué se debe realizar una respuesta adaptativa. El diseño de esta metodología ha sido planteado en el grupo de trabajo “**Cambio Climático y Resiliencia en Carreteras**” del Comité Técnico de Medio Ambiente de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), que está integrado por profesionales de la Administración Pública con competencias en la gestión de carreteras, organismos de



PREMIO EN LA CATEGORÍA CAMBIO CLIMÁTICO Y RESILIENCIA

AUTORES: LAURA CRESPO GARCÍA, ALBERTO GIL TOMÁS, FERNANDO JIMÉNEZ ARROYO, LAURA PARRA RUIZ, FELIPE COLLAZOS ARIAS, MÓNICA ALONSO PLÁ

investigación en el ámbito del sistema de transporte, la academia y empresas de consultoría y de construcción y conservación de infraestructuras de transporte. Se trata de una metodología sencilla y secuencial que puede verse alterada cuando no se tenga información suficiente. El artículo muestra un caso práctico de aplicación de esta metodología sobre dos obras de tierra (desmontes) en dos vías pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado en la provincia de Cantabria, en la que se evalúan las diferentes fases de la metodología para establecer unos umbrales de riesgo frente a la variable precipitación máxima en 24 horas medida en mm/día.



APROBACIÓN DEL ENCARGO PARA LA REALIZACIÓN DE “ASISTENCIA TÉCNICA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, RUIDO AMBIENTAL Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MATERIAS COMPETENCIA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (2023-2027)”

CONTACTO: JAVIER.CACHON@CEDEX.ES

Las carreteras presentan una intensa relación con el territorio. Por medio de este Encargo mejoramos el conocimiento de algunos de los impactos más problemáticos que generan estas necesarias infraestructuras, con vistas a mejorar sus relaciones con el medio natural y el medio social, y también sobre la seguridad vial.

Las actividades a realizar por el CEDEX a través de este encargo están relacionadas con el apoyo a la Dirección General de Carreteras en las siguientes actuaciones:

- Estudio piloto para la caracterización e investigación de tramos conflictivos **por atropello de fauna silvestre** en la Red de Carreteras del Estado
- Integración de la **resiliencia al cambio climático** en la Red de Carreteras del Estado (RCE). Investigación de las propuestas en casos piloto
- Adaptación del sistema de evaluación y gestión del **ruido ambiental** (EGRA) a los nuevos requisitos normativos
- Seguimiento y análisis de la evolución temporal del nivel de **ruido en diferentes tipos de capa de rodadura** de la RCE y generación de base de datos de pavimentos aplicable en el método común europeo de evaluación del ruido (CNOSOS-EU)



- Elaboración de una **guía metodológica para la redacción de estudios acústicos** abreviados que permitan la verificación del cumplimiento de los Objetivos de Calidad Acústica (OCAS) a partir de medidas en campo
- Informe de **criterios técnicos específicos** para aplicación del método de cálculo CNOSSOS-EU a la Red de Carreteras del Estado

Los riesgos de desplomes sobre las infraestructuras se incrementan a causa del cambio climático (Desfiladero de La Hermita, N-621 en Cantabria)

CALIDAD, SEGURIDAD Y RESPETO CON EL ENTORNO



Inicio de un tramo con especial frecuencia de incidentes viales con implicación de animales (TEFIVA) en la RCE (N-625 en León)

Estas actuaciones contribuyen a mejorar los aspectos medioambientales de estas infraestructuras y la propia seguridad vial, así como la percepción de las carreteras por los ciudadanos, tanto como usuarios como afectados por los impactos que generan. De este modo, colaboramos en la percepción de las carreteras como elementos imprescindibles en un marco de desarrollo de calidad, seguro y respetuoso con el entorno.



**ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS**
**LABORATORIO
CENTRAL DE
ESTRUCTURAS Y
MATERIALES**

Anexos

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Transferencia de
conocimiento

Conócenos

Presentación

Índice

LCEYM

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

LABORATORIO CENTRAL DE
ESTRUCTURAS Y MATERIALES



PROYECTO HORIZONTE EUROPA

Firmamos el Grant Agreement de participación en el Proyecto Horizonte Europa LIAISON (Lowering transport environmental impact along the whole life cycle of the future transport infrastructure)

ENCARGO D.G. CARRETERAS

Damos comienzo a la participación en el encargo con la D.G.C. en tareas de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en las materias de su competencia

PUERTOS DEL ESTADO

Iniciamos los trabajos para Puertos del Estado:

- El diseño de un ensayo de campo que permita controlar la puesta en obra del hormigón desde el punto de vista de la durabilidad
- Estado del arte sobre hormigones de muy alta durabilidad: Experiencia piloto de armaduras FRP

GEOMEMBRANAS BALSAS

Comenzamos los trabajos del encargo con la Mancomunidad de los Canales del Taibilla para el seguimiento de las geomembranas de sus balsas durante el periodo 2023-2027

FINOS DE HORMIGÓN RECICLADO

Comenzamos la elaboración de un proyecto para realizar un estudio sobre los finos de hormigón reciclado como constituyente del cemento portland tras su firma con el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

METODOLOGÍA BIM

Realizamos dos proyectos piloto de aplicación de la metodología BIM a infraestructuras construidas (para la Dirección General del Agua en la presa del Atance, en Guadalajara, y para la Dirección General de la Costa y el Mar en la playa de Les Deveses, en Denia)

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Iniciamos los trabajos para la actualización y adaptación del Manual de Cajones al nuevo Código Estructural

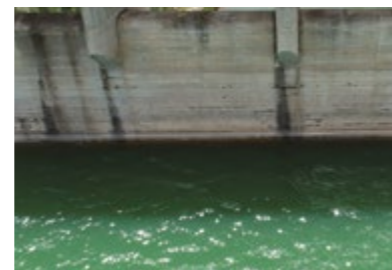


ADJUDICACIÓN DE PROYECTO

Ganamos la adjudicación del proyecto GFRPort - Refuerzos de GFRP para hormigón estructural como estrategia para promover su uso en obras portuarias: estudio de propiedades y durabilidad de la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia e Innovación)

PRESA DE VILLAMECA

Finalizamos el estudio de la Presa de Villameca con una evaluación en profundidad del estado de hormigón



PRESAS DE TENTUDÍA Y ROSARITO

Finalizamos el estudio del hormigón de la presa de Tentudía (Badajoz) e inicio de los trabajos para el estudio del hormigón en la presa de Rosarito (Avila)



PUBLICACIÓN GUÍA PRÁCTICA

Publicamos la Guía práctica para la inspección y seguimiento de las Barreras Geosintéticas Poliméricas utilizadas en la impermeabilización de balsas, publicación resultado del Encargo de la Dirección General del Agua

ENCARGO PUERTOS DEL ESTADO

Publicamos y presentamos los documentos Influencia del agua de mar en el curado del hormigón y Recomendaciones para mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado, fruto del Encargo de Puertos del Estado

DURABILIDAD HORMIGÓN

Publicamos los textos "Recomendaciones para mejorar la durabilidad de los espaldones de diques de hormigón armado"

Resumen de las actividades del LCEYM durante la anualidad 2023



PROYECTOS DESTACADOS

LCEYM

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE COLAPSO DE PASOS SUPERIORES POR EL IMPACTO DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS CUANDO ESTOS DESCARRILAN

CONTACTO: ISMAEL.CARPINTERO@CEDEX.ES

ADIF encargó al CEDEX una valoración sobre la viabilidad y condicionantes de alternativas que se pueden implementar, desde el punto de vista de la estructura, para minimizar el riesgo de colapso de pasos superiores ante impactos que pudieran estar provocados por eventuales descarrilamientos.

Ante un eventual descarrilamiento de un tren al paso bajo un paso superior, el incidente puede verse agravado si como consecuencia de un impacto entre el tren y las pilas del paso superior se pudiese producir el hundimiento de éste.

Para minimizar el riesgo de este potencial hundimiento del paso superior, que además de que puede agravar los posibles daños personales supondría una afección a las infraestructuras de comunicación, se pueden adoptar distintas estrategias.

Esta problemática se plantea habitualmente desde la perspectiva del análisis de riesgos de ocurrencia



del impacto, y desde la concepción en fase de diseño del paso superior de acciones estáticas equivalentes que buscan absorber la energía que se puede desarrollar en el impacto.

En el caso de **pasos superiores ya existentes**, los análisis de interoperabilidad de líneas pueden llevar la necesidad de **analizar la viabilidad de adoptar medidas sobre la estructura del paso superior que minimicen el riesgo de colapso**.

LA NECESIDAD DE ADAPTAR LAS LÍNEAS DE FERROCARRIL A NUEVAS EXIGENCIAS DE TRÁFICO

OBLIGA A ANALIZAR LA SUSCEPTIBILIDAD DEL COLAPSO DE PASOS SUPERIORES DE VÍA FRENTE A EVENTUALES IMPACTOS DE TRENES

A tal efecto se ha realizado un **estudio técnico-económico** de los condicionantes que plantean distintas alternativas de intervención sobre la estructura, **desde la protección o refuerzo de las pilas, la modificación de la posición de las pilas o su eliminación, y hasta la reposición de la estructura íntegra del paso superior**.

SE HA ESTUDIADO DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉCNICO-ECONÓMICO LA VIABILIDAD DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE COLAPSO



Viaducto de Minglanilla

- EL VIADUCTO MONITORIZADO SE SITÚA EN LA LÍNEA DE LA ALTA VELOCIDAD MADRID - VALENCIA
- SU LONGITUD TOTAL SON 995.00 M
- EL TABLERO ES UNA VIGA DE CAJÓN CONTÍNUA DE HORMIGÓN PENSADO CON 23 VANOS
- SE VAN A INSTALAR 33 PUNTOS DE MEDIDA

INSTRUMENTACIÓN Y MONITORIZACIÓN EN EL VIADUCTO DE MINGLANILLA (CUENCA) EN RELACIÓN CON EL PROYECTO EUROPEO DE I+D+I EUROPE'S RAIL JOINT UNDERTAKING (ERJU)

CONTACTOS: EDUARDO.LOPEZ@CEDEX.ES
RAQUEL.BATUECAS@CEDEX.ES

La instrumentación y monitorización de estructuras constituye una potente herramienta para establecer las pautas de comportamiento estructural de las mismas.

Dentro del Convenio firmado entre el **CEDEX, INECO, Renfe-Operadora, ADIF y ADIF-Alta Velocidad** para el desarrollo de la membresía única del Sector Público Ferroviario Español en el Proyecto de I+D+i Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail Ju), se ha solicitado la ejecución al **Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (LCEYM)** del seguimiento del comportamiento de los apoyos POT del viaducto sobre el Barranco del Arroyo de las Huertas de Mateo en el término municipal de Minglanilla (Cuenca) de la línea de alta velocidad Madrid – Valencia.

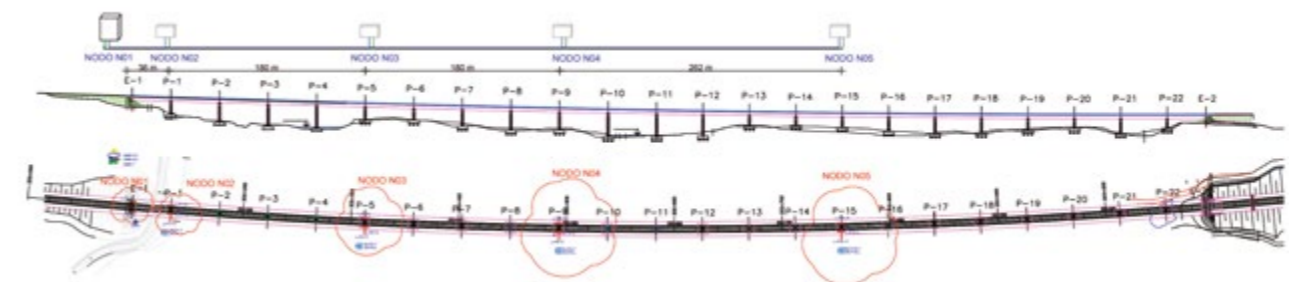
El objetivo principal del proyecto reside en **la comprobación mediante técnicas experimentales** del comportamiento estructural (estático y dinámico) del viaducto, durante un periodo de tiempo continuo.

La **instrumentación** ayudará a estudiar el funcionamiento de determinados apoyos de las pilas seleccionadas para su monitorización. **El sistema de monitorización** permitirá caracterizar y supervisar el comportamiento de los aparatos de apoyo del tablero mediante la captura y el procesado de las señales de los sensores instalados.

Gracias a esta monitorización **se podrá seguir a tiempo real el estado de seguridad y funcionalidad de la estructura**, así como la evolución de las sollicitaciones al viaducto en el tiempo.

Para cumplir los objetivos anteriores se deberá instrumentar el puente con un **conjunto de transductores que permitan recoger y registrar los datos necesarios** para deducir el comportamiento estructural estático y dinámico del tablero del puente.

COMPROBACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL VIADUCTO



Detalle de la instrumentación en el Viaducto



Armadura GFRP en fase de ejecución de la obra de rehabilitación del espaldón

APLICACIÓN DE ARMADURAS DE GFRP EN UNA OBRA PORTUARIA

REHABILITACIÓN DEL ESPALDÓN DEL DIQUE DE LA BOCANA NORTE DEL PUERTO DE BARCELONA

CONTACTOS: ASUNCION.MORALES@CEDEX.ES

El proyecto se desarrolla dentro del marco del encargo de Puertos del Estado al CEDEX, en el que se incluye una actuación sobre barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (GFRP) usadas como armaduras pasivas para aplicación en obras portuarias, con fecha de arranque abril de 2023 y un horizonte temporal de 2 años.

Esta actuación es una **experiencia real piloto** de aplicación de armaduras de GFRP en una obra portuaria. Dado que las armaduras de GFRP tienen un comportamiento muy distinto al del acero tanto a corto como a largo plazo, confiriendo al hormigón armado características y propiedades distintas, se han identificado dos objetivos claramente diferenciados:

- El primer lugar **asesorar** en la fase de diseño, en cuanto a la normativa de aplicación y características exigibles a los materiales; y en la fase de construcción, en cuanto al control de calidad y a la ejecución en obra. Este seguimiento de la obra permitirá identificar las singularidades que se deriven de la fase de ejecución y elaborar un documento de recomendaciones que sirva de referencia.
- En segundo lugar, **evaluar** la capacidad resistente a tracción, cortante y flexión de las armaduras utilizadas en la obra, mediante análisis experimental. Se valorarán los resultados, su variabilidad y la posible relación entre los distintos tipos de resistencia, con el objetivo último de facilitar el control de calidad del material.

DATOS DE ACTUACIÓN:

- TRAMO EN DIQUE VERTICAL DE 500 M.
- SANEADO DE SUPERFICIES EN PROFUNDIDAD DE 20 CM.
- DEMOLICIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE LOS 130 CM SUPERIORES DEL ESPALDÓN.
- SUSTITUCIÓN DE ARMADO DE ACERO POR GFRP: 38.864,68 KG DE BARRAS GFRP DE DIÁMETRO 16, 20 Y 25 MM.
- RECONSTRUCCIÓN DE SUPERFICIES CON HA-30 EN EL CUERPO DEL ESPALDÓN Y HA-35 EN LA LOSA AL PIE DEL ESPALDÓN.
- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL: 1,865,119.64 €

Dique de la bocana norte del Puerto de Barcelona



PUBLICACIONES EN EL CAMPO DE LA CORROSIÓN DE LAS ARMADURAS EN ESTRUCTURAS PORTUARIAS: ESPALDONES DE DIQUE Y CAJONES FLOTANTES

CONTACTO: VICTOR.LANZA@CEDEX.ES

Los últimos estudios que el Área de Ciencia de Materiales ha realizado para Puertos del Estado sobre corrosión en estructuras portuarias han concluido con dos publicaciones, de marcado carácter práctico. Una de ellas con la finalidad de mejorar la durabilidad de espaldones de diques de hormigón armado y la otra con el objetivo de evaluar que influencia tiene curar con agua de mar cajones flotantes que permanecerán sumergidos.

La tecnología de cajones flotantes está ampliamente extendida en España para la construcción de diques y muelles. Este sistema presenta ventajas económicas y constructivas, pero conlleva que el hormigón del cajón, que quedará permanentemente sumergido en su vida de servicio, haya entrado en contacto prematuro con el agua de mar durante su ejecución, lo cual puede llevar a cuestionar la futura durabilidad del cajón, debido a un mayor riesgo de corrosión del armado.

Desde 2018 en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) se realiza una investigación que profundiza en el alcance de curar con agua de mar estructuras portuarias armadas que permanecerán sumergidas. Para tal fin, se ha realizado una amplia batería de ensayos en laboratorio, así como una evaluación sobre cajones flotantes ya colocados en los puertos. La publicación **“Influencia del agua de mar en el curado del hormigón. Aplicación al caso de los cajones flotantes”** recoge los resultados más significativos y permite concluir que no existe un riesgo significativo mayor de corrosión del armado debido al proceso constructivo de los cajones en plataforma flotante.

EL ESTUDIO DE CAJONES EN LABORATORIO HA TENIDO UNA DURACIÓN DE MÁS DE CUATRO AÑOS, Y SE HA COMPLETADO CON LA EVALUACIÓN DE CINCO CAJONES REALES.

También en el ámbito de la corrosión en estructuras portuarias, a partir del 2017 desde el área de Ciencia de Materiales comenzamos el estudio de diferentes espaldones de diques de hormigón armado que han mostrado problemas de corrosión antes de finalizar la vida útil de 50 años para la que fueron diseñadas estas estructuras. El estudio en profundidad de las causas que, en cada caso, han sido el origen de la corrosión prematura del armado de estas estructuras ha permitido publicar, en colaboración con Puertos del Estado, el documento **“Recomendaciones para mejorar la durabilidad de los espaldones de diques de hormigón armado”**.

Publicaciones en: <https://ceh.cedex.es/tienda/>

DEL ESTUDIO SOBRE CAJONES SE REALIZA TAMBIÉN LA PUBLICACIÓN EN INGLÉS “INFLUENCE OF SEAWATER CURING ON REINFORCED CONCRETE. APPLICATION TO THE CASE OF FLOATING CAISSONS”

El alcance de esta publicación incluye aspectos fundamentales como identificar correctamente el ambiente de exposición de la estructura y su agresividad, diseñar la geometría del espaldón incluyendo criterios de durabilidad, la selección idónea de los materiales para fabricar el hormigón, el control de estos materiales durante la ejecución de la obra y la realización de una correcta puesta en obra. Todo ello para lograr una adecuada durabilidad de los espaldones de diques, que permita completar su vida útil.

SE ESTUDIAN CINCO ESPALDONES DE DIQUE: TRES EN EL MEDITERRANEO Y DOS EN EL ATLÁNTICO



GUÍA PRÁCTICA PARA LA INSPECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS BARRERAS GEOSINTÉTICAS POLIMÉRICAS UTILIZADAS EN LA IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS

CONTACTO: BEATRIZ.MATEO@CEDEX.ES

En junio de 2023 presentamos la “Guía práctica para la inspección y seguimiento de las Barreras Geosintéticas Poliméricas utilizadas en la impermeabilización de balsas” como resultado del Encargo de la Dirección General del Agua al Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. En su elaboración han colaborado además fabricantes, instaladores y especialistas en la evaluación del comportamiento de las geomembranas más utilizadas en la actualidad: PVC, PEAD y EPDM.

El Área de Materiales del **Laboratorio Central de Estructuras y Materiales** ha llevado a cabo la coordinación del grupo de trabajo, constituido en 2019, la recopilación de la información aportada por los integrantes del grupo de trabajo, así como la redacción final de la Guía.

La elaboración de este documento viene **motivada por el cambio en la legislación de seguridad de presas y balsas** y engloba unas directrices sencillas

que permitirán a las administraciones competentes en materia de seguridad de balsas, analizar y evaluar el envejecimiento natural de este tipo de productos para solicitar a sus titulares actuaciones como reparaciones, sustituciones e incluso la reimpermeabilización de la barrera geosintética.

De acuerdo con este objetivo la estructura de la Guía se ha planteado de tal forma que incluye una primera parte descriptiva,

en la que se especifica la composición y los habituales procesos de degradación sufridos por las geomembranas, y una segunda parte en la que se definen y proponen los valores de las características más significativas de cada uno de los tipos de geomembranas que habitualmente se utilizan como elemento de impermeabilización de este tipo de infraestructuras, considerados como indicativos del final de la vida útil.



ENCARGO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA AL LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES

Finalmente, se han añadido dos anexos. **Uno dedicado a la mejora ambiental de la balsa** en el que se contemplan una serie de medidas relacionadas con el medioambiente y la conservación del equilibrio de la flora y la fauna con el objetivo de hacer un uso sostenible de la balsa. El otro muestra una **ficha tipo para recoger lo observado** durante la inspección de la balsa y su entorno.

LA ELABORACIÓN DE ESTE DOCUMENTO VIENE MOTIVADA POR EL CAMBIO EN LA LEGISLACIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS Y BALSAS

Grupo de trabajo:

- Área de Materiales del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX)
- SEIASA (MAPA)
- Representantes de Comunidades Autónomas
- Consejo Insular de Aguas de la Palma
- Entidad Pública Empresarial Local Balsas de Tenerife (BALTEN)
- Empresas fabricantes de geomembranas
- Empresas instaladoras de geomembranas
- Laboratorio de control tanto en el ámbito de laboratorio como a pie de obra



Portada de la Guía

**ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS**

LABORATORIO DE GEOTECNIA

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de
conocimiento

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Anexos

LG

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

LABORATORIO DE
GEOTECNIA

TÚNEL METRO SAN SEBASTIÁN

Prestamos asistencia técnica a la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) sobre la sección estructural del túnel en construcción de un tramo del Metro de San Sebastián

EMBALSE DE BREÑA II

Prestamos asesoría técnica a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir sobre los problemas de estabilidad y fugas de agua en el embalse de la Breña II

PRESA DE AMADORIO

Realizamos el ensayo de corte in situ en interfaz macizo rocoso hormigón para la presa de Amadorio (Alicante)



EQUIPO TRIAXIAL DINÁMICO

Ponemos en marcha desde el laboratorio de ensayos del Laboratorio de Geotecnia (LG) un nuevo equipo triaxial dinámico que permite la realización de ensayos clave para estudios de ingeniería geotécnica y sísmica, y para ayudar a garantizar la estabilidad y seguridad en infraestructuras sometidas a esfuerzos dinámicos

PUERTO DE BARCELONA

Colaboramos con Puertos del Estado en el Proyecto de aumento de calado del Muelle Sur del Puerto de Barcelona

RENOVACIÓN DE SISTEMAS

Renovamos los sistemas de adquisición de datos de los equipos de termogravimetría (TGA/DSC) y cromatografía iónica (IC)



PROYECTO EUROPEO GEOLAB

En el Cajón Ferroviario terminamos de construir la sección ferroviaria con LECA como material del terraplén, para el proyecto europeo GEOLAB

MÁSTER GEOTECNIA

Impartimos y coordinamos la 41ª edición del Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica



TÉCNICAS SATELITALES DE MEDIDA

Utilizamos en el área de ensayos de campo del LG las técnicas satelitales de medida de movimientos por interferometría como una herramienta más en los trabajos en los que participa

SOSTENIBILIDAD OBRAS DE TIERRA

Organizamos la reunión del grupo de sostenibilidad asociado al CEN TC 396 de obras de tierra



AUSCULTACIÓN AUTOMATIZADA

Empleamos en el área de ensayos de campo del LG, elementos de auscultación automatizados y con transmisión de datos vía remota con una notable reducción de gastos de lectura y mejora en la información suministrada

ÁREA DE ENSAYOS

Comenzamos con los trabajos del plan de actuación 2023-2026 del área de ensayos de laboratorio del LG (Área de Geotecnia Básica y Experimental) con el objetivo de modernizar sus procedimientos, instalaciones y equipos

DEGRADACIÓN DEL BALASTO

Modificamos los equipos de laboratorio convencionales para estudiar la degradación del balasto

ENSAYOS ALTA VELOCIDAD

Ponemos a punto el equipo que permite medir la profundidad hasta la cual el paso de trenes de alta velocidad provoca la salida de la arena que contamina la capa de balasto

CEN 396

Celebramos la reunión anual del grupo de trabajo CEN TC250/TC396/WG8 relativo a ensayos de laboratorio del comité de normalización CEN 396

Resumen de las actividades del LG durante la anualidad 2023





El proyecto ha consistido en la implantación de un sistema de monitorización automatizado en la autovía A-33 para estudiar patologías vinculadas a suelos colapsables en las vaguadas. Esta solución tecnológica, que incluye piezómetros de cuerda vibrante y transmisión remota de datos, ha demostrado ser eficaz y rentable, facilitando el análisis sin necesidad de movilizar al personal técnico de manera recurrente. Esta metodología también ha sido utilizada en otros proyectos por sus ventajas operativas y económicas.

PROYECTOS DESTACADOS

LG

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN A DISTANCIA DE ELEMENTOS DE AUSCULTACIÓN. AUTOVÍA A-33 (LA FONT DE LA FIGUERA, VALENCIA)

CONTACTO: JAVIER.MORENO@CEDEX.ES

El Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras solicitó al CEDEX la asistencia técnica para el estudio de las patologías existentes en la autovía A-33 en el TM de La Font de la Figuera, en la provincia de Valencia.

Las patologías afectaban a un muro situado en torno al pk 85+000 que presentaba unos movimientos anómalos, para posteriormente evolucionar hacia asientos importantes y agrietamientos del firme en varias zonas de las dos calzadas de la autovía.

Después de varias visitas a la zona, y tras la revisión de la información técnica disponible, se estableció, inicialmente, que la causa más probable de las patologías era la **existencia de un túnel del FC abandonado bajo la A-33** y la existencia de procesos de

subsistencia del terreno causados por transporte de materiales hacia el interior del túnel por disolución y arrastre. No obstante, para confirmar las causas de las patologías y, en su caso, ajustar las actuaciones correctoras, se proponía la realización de una **campaña de investigación geotécnica** que incluía el estudio de subsidencias del terreno mediante técnicas interferométricas (InSAR).

Tras la revisión de los datos de movimientos que aportó la interferometría, se concluyó que las patologías existentes en la zona del p.k 85+000 parecían deberse a la **presencia de suelos colapsables** en las vaguadas que cruzan por debajo del terraplén de la autovía y no tanto a la existencia del túnel señalada inicialmente.

Para poder analizar el comportamiento del nivel freático y establecer su posible relación con las patologías observadas, se propuso la **instalación de unos piezómetros de cuerda vibrante con la metodología fully grouted** que debían disponer de una medida automatizada y un sistema de transmisión de datos a distancia, para lo que se tuvo que instalar un sistema de antenas y conexión con internet.

En noviembre de 2023 se procedió a realizar esa instalación, mostrándose en las fotografías diversos momentos de la misma.

Actualmente se están **recibiendo los datos a través de una plataforma instalada en una página web**, en la que, mediante un acceso restringido, se pueden consultar todos los datos, cambiar el período entre lecturas, realizar estudios estadísticos y demás análisis técnicos.

Este sistema de transmisión de datos se ha implementado en diferentes trabajos debido a su facilidad de instalación y al económico precio que tienen los dispositivos, si se compara con lo que sería una movilización del personal técnico del Laboratorio de Geotecnia a la obra en estudio.

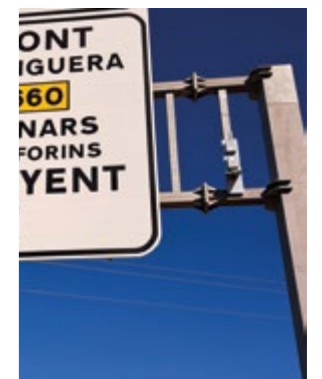
RECEPCIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE UNA PLATAFORMA INSTALADA EN UNA PÁGINA WEB



Nodo de inalámbrico de comunicaciones para la lectura de sensores de cuerda vibrante



Piezómetro de cuerda vibrante adosado por el exterior de la tubería de auscultación inclinométrica de un sondeo



Gateway para lectura automatizada de los sensores de cuerda vibrante y la transmisión de los datos a internet

PLANTEAMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CORRECCIÓN DE LA PATOLOGÍA DE LA A-2 EN SANT VICENÇ DELS HORTS

CONTACTO: ALBERTO.FERNANDEZ@CEDEX.ES

A petición del Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras, el proyecto ha consistido en estudiar los asentamientos recurrentes en la Autovía A-2, causados por un relleno incontrolado. Durante el estudio se descartaron soluciones como inyecciones y mezcla en profundidad debido a la heterogeneidad del terreno, siendo la opción recomendada una malla de columnas de pilotes de mortero con barrena continua, por su control preciso y rendimiento. Esta solución permitirá corregir los asentamientos minimizando el impacto en el tráfico.

El Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras (DGC) solicitó al CEDEX el estudio de las patologías existentes en la Autovía A-2 en Sant Vicenç dels Horts en un tramo cuyo IMD aproximado supera los 120.000 vehículos/día.

Los problemas detectados consisten en **asientos recurrentes de la plataforma** que afectan a sus dos calzadas y que han necesitado intervenciones de recricado del firme para mantener la rasante y, con ello, la vialidad.

Los asentamientos que se vienen observando son los habituales de un relleno incontrolado: heterogéneos y de velocidad muy variable y no siempre asociados a épocas de lluvia. Se planteó una **campaña de reconocimientos geotécnicos** compuesta principalmente por sondeos a rotación que se instrumentaron con extensómetros incrementales y piezómetros. A partir de los datos obtenidos con dicho reconocimiento se conoce la profundidad a la que se están produciendo los asentamientos, lo que ha permitido realizar un diseño adecuado de los trabajos de corrección de la patología.

Lo ideal sería que la actuación correctora se realizara sin causar interferencias significativas al tráfico. En esa línea podría plantearse la realización de abanicos subhorizontales de inyecciones de fracturación con lechada de cemento desde ambos márgenes de la A-2. Esta opción, sin embargo, presenta inconvenientes importantes dada la configuración geométrica de la zona a tratar y su gran volumen. Así, su eficacia es incierta, y, por otra parte, su coste sería elevado.



Medición de asentamientos anómalos en la A-2 en Sant Vicenç dels Horts



LA EJECUCIÓN DE LOS PILONES CON BARRERA ES UNA TÉCNICA RELATIVAMENTE SENCILLA

TRAS EL ANÁLISIS DE DIVERSAS METODOLOGÍAS DE TRATAMIENTO, SE HA RECOMENDADO, COMO MEJOR OPCIÓN, LA EJECUCIÓN DE UNA MALLA DE COLUMNAS VERTICALES DE TERRENO MEJORADO

En este sentido, y tras el análisis de diversas metodologías de tratamiento, se ha recomendado, como mejor opción, la ejecución de una **malla de columnas verticales de terreno mejorado** en las cuales, mediante el correspondiente desarrollo del rozamiento negativo, el terreno que tiende a asentarse se cuelga de dichas columnas, por lo que se reducirán los asentamientos. Dentro de las posibles alternativas para generar esas columnas se ha considerado que la técnica más adecuada en este caso es la ejecución de pilotes de mortero mediante barrena continua. Las soluciones de tipo inyecciones de alta presión (jet-grouting) o de mezcla en profundidad (Deep Soil Mixing), que tratan de mejorar el terreno existente mezclándolo con cemento, se consideran poco adecuadas, dado que se trata de mezclar cemento con basuras u otros restos de muy diversa procedencia cuyas características finales en relación con su resistencia y deformabilidad resultarán inciertas. En ese sentido los pilotes de mortero ejecutados con barrena presentan la ventaja de que **el material de la columna de refuerzo del terreno tiene unas características y geometría (diámetro) perfectamente conocidas y controladas**. Por otra parte, la ejecución de los pilotes con barrena es una técnica relativamente sencilla, ampliamente difundida y con gran rendimiento en su ejecución.



ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GRUESOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ISLA PRINCESA ISABEL (BÉLGICA)

CONTACTO: MAURO.MUÑIZ@CEDEX.ES

Durante el proyecto, encargado por DEME Group y TM Edison, se realizaron ensayos sobre un material granular grueso, procedente de un yacimiento noruego, para evaluar su uso en la construcción en la costa belga de la Princess Elisabeth Island, la primera "Isla Energética" del mundo. Los estudios incluyeron ensayos de carga edométrica y de corte directo en la caja de corte de 1x1 m y ensayos de compresión simple en la roca matriz, con un total de 17 ensayos en 10 toneladas de material.

En el **Laboratorio de Geotecnia** ensayamos las propiedades resistentes y deformacionales de un material granular grueso proveniente de Noruega para analizar su posible empleo en la construcción de una isla artificial que se localiza a 45 km de la costa de Bélgica. El material estudiado pretende ser utilizado como **banqueta de apoyo para los cajones sumergidos** que servirán de estructura para el relleno.

Esta isla de seis hectáreas tiene la finalidad de dar servicio a la **producción de energía eólica marina** de la zona, sirviendo como punto de distribución de las conexiones con el área de producción, interconexión con otros países europeos y puerto y helipuerto de servicio para los equipos de mantenimiento. La Princess Elisabeth Island se ha descrito como la primera "Isla Energética" del mundo y está considerada como un hito de la ingeniería.



LA PRINCESS ELISABETH SE HA DESCRITO COMO LA **PRIMERA "ISLA ENERGÉTICA" DEL MUNDO**

Los trabajos en el laboratorio consistieron en la realización de **varios ensayos de carga en condiciones edométricas del material granular grueso**, empleando para ello la caja de 1x1 m. También se realizaron ensayos de corte directo sobre el mismo material. La roca matriz en sí fue estudiada mediante ensayos de compresión simple. Estos ensayos completan otros estudios que se habían realizado anteriormente sobre el mismo material, solamente enfocados en la resistencia.

El cliente fue DEME Group y TM Edison (Bélgica); la cantidad de material ensayado fue de 10 toneladas; el número de ensayos, 17; y la duración de los trabajos fue de 6 semanas.

Una de las muestras ensayadas dentro de la caja de 1x1 m



Fotografía de las partículas que componen el material granular lavadas para ver adecuadamente su superficie



CLIENTE
DEME GROUP Y TM EDISON
(BÉLGICA)

10

TONELADAS DE MATERIAL
ENSAYADO

17

ENSAYOS

6

SEMANAS DE DURACIÓN DE
LOS TRABAJOS

ESTUDIOS DEL COMPORTAMIENTO DE VÍAS DE ALTA VELOCIDAD. CAMPAÑAS DE AUSCULTACIÓN EN EL P.K. 91+500 DE LA LAV MADRID-BARCELONA

CONTACTOS: JOSE.ESTAIRES@CEDEX.ES

En las campañas realizadas por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX en la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona, utilizamos una instrumentación avanzada para estudiar el comportamiento de un tramo experimental con placas de asiento y clips más flexibles. Se analizaron diversas magnitudes como aceleraciones, desplazamientos y rigidez de la vía, a partir del paso de 56 trenes a distintas velocidades.

Una de las áreas de actuación del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX es la geotecnia ferroviaria. Este campo de actuación se afronta desde cuatro perspectivas: Ensayos en el Cajón Ferroviario del CEDEX, Modelización numérica, Ensayos de laboratorio y Auscultación de vías reales.

Sección experimental instrumentada en la LAV Madrid-Barcelona P.K. 91+500



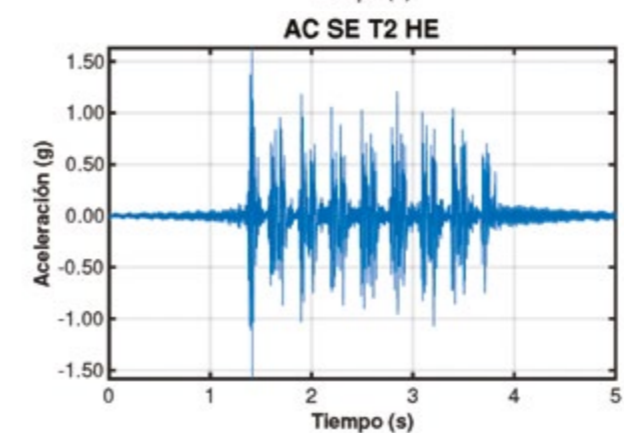
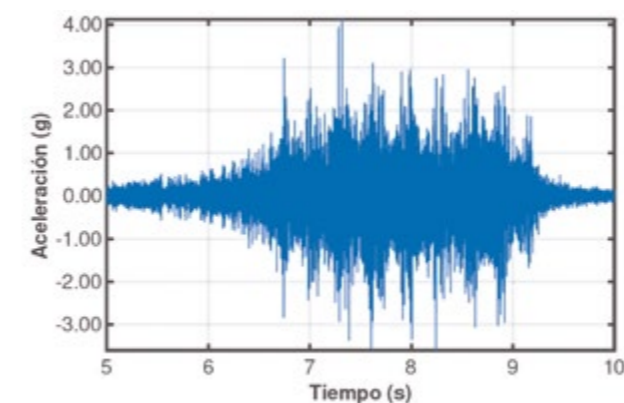
Los principales objetivos de la auscultación de vías ferroviarias son:

- Conocer la respuesta de diferentes componentes de la super e infraestructura por el paso de trenes
- Determinar comportamientos de diferentes tipos de secciones ferroviarias (p.e. vía en balasto vs vía en placa)

Dentro de las últimas campañas realizadas por el Laboratorio de Geotecnia se encuentran las efectuadas en la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona, en el PK 91+500. En este punto ADIF ha construido un tramo experimental en el que se han utilizado placas de asiento y clips de sujeción más flexibles que los habituales. Para poder obtener resultados comparables se instrumentaron dos secciones: la experimental y la convencional.

Durante la campaña de auscultación se registró el paso de un total de 56 trenes de diferentes tipos (S100, S102, S103, S108, S109, S112, S120) con velocidades que oscilaron entre 195 y 305 km/h.

La instrumentación utilizada está formada por: bandas extensométricas, geófonos colocados en la traviesa y en el carril, acelerómetros en esos mismos puntos y potenciómetros. Las señales obtenidas con toda esta instrumentación deben ser filtradas y tratadas. Gracias a la experiencia previa del Laboratorio de Geotecnia en estos trabajos, es posible obtener resultados de gran relevancia.



Señales obtenidas con acelerómetros antes y después de su tratamiento

UNA DE LAS ÁREAS DE ACTUACIÓN DEL LABORATORIO DE GEOTECNIA DEL CEDEX ES LA GEOTECNIA FERROVIARIA

En este trabajo en concreto, la instrumentación permite estudiar las siguientes magnitudes: acortamientos de la placa de asiento; aceleraciones, velocidades y desplazamientos de carril y traviesa; aceleraciones de balasto; cargas por rueda y reacciones de traviesa y rigidez de vía para ambas secciones.

ESTUDIO Y MODELIZACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y ACTUACIONES NECESARIAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DE CIERRE OESTE EN EL EMBALSE DE LA BREÑA II, T.M. ALMODÓVAR DEL RÍO (CÓRDOBA)

CONTACTO: ENRIQUE.ASANZA@CEDEX.ES

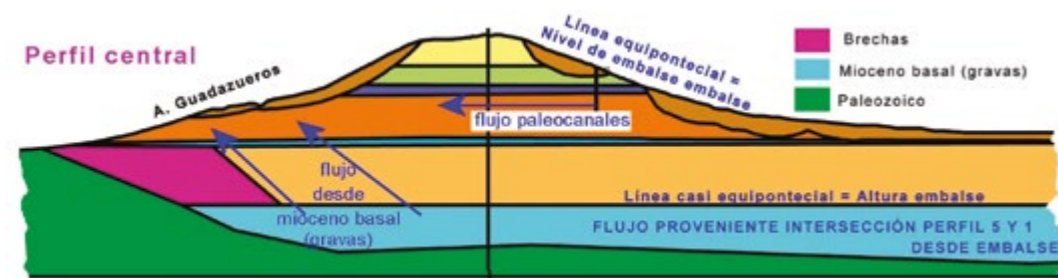
A petición de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir hemos analizado la estabilidad de un collado de cierre del embalse debido a la presencia de filtraciones a través de dicho dique natural. Tras una campaña de sondeos, una tomografía y un análisis geológico-geotécnico se hicieron una serie de recomendaciones de actuación para disminuir las incertidumbres y mejorar la seguridad de la ladera de cierre oeste del embalse.

En diversos estudios y campañas geotécnicas posteriores a la construcción de la presa de la Breña II se advirtió de riesgo potencial de inestabilidades y deslizamientos en algunas laderas del vaso del embalse. La más preocupante es el collado de cierre oeste del embalse, aguas abajo del cual nace el arroyo Guadazueros, que parece recibir aportes del embalse, ligados a la existencia de unos estratos permeables que atraviesan dicho collado. Se trata de paleocanales arenosos intercalados en un depósito arcillo-limoso, muy probablemente de origen deltaico.

Para intentar interceptar esas filtraciones y mitigar el riesgo de deslizamientos por las presiones intersticiales asociadas, se ejecutó una **pantalla de bentonita-cemento** de 500 m de longitud en dos alineaciones en la parte superior ladera del vaso. Aunque la pantalla quedó sin finalizar a resultas de un largo episodio de lluvias, hay dudas de su eficacia aun si se hubiera finalizado.

En tales circunstancias, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir encomendó al **Laboratorio de Geotecnia** del CEDEX la **evaluación de la eficacia de la pantalla, la realización de un estudio de estabilidad** del collado de cierre y la valoración de las acciones necesarias para mejorar dicha estabilidad y el extravasamiento del embalse.

Perfil geotécnico del collado y situación del nivel mioceno basal



Para refrendar el complejo perfil del dique deltaico, el Laboratorio programó una **campana de seis nuevos sondeos con toma de muestras para su análisis** en laboratorio y testificación geofísica en su interior, líneas de tomografía eléctrica, y, adicionalmente, la realización, con medios propios, de un vuelo de reconocimiento fotogramétrico con dron para identificar indicios de paleodeslizamientos.

RIESGO POTENCIAL DE INESTABILIDADES Y DESLIZAMIENTOS

Como resultado del análisis de los resultados de esta campaña, junto con los de las anteriores:

- desde el Laboratorio de Geotecnia hemos valorado la verosimilitud del **modelo geológico-geotécnico** presentado en los informes y datos recopilados en fases anteriores (proyecto, construcción, etc.) a través del **análisis crítico con los nuevos perfiles** geofísicos longitudinales y transversales elaborados, así como con la testificación de los seis nuevos sondeos realizados.
- hemos reelaborado un modelo geológico-geotécnico que reproduce una geometría representativa del dique natural, así como las condiciones resistentes e hidráulicas lo más realistas posibles, lo cual ha permitido **analizar la estabilidad de las laderas a ambos lados de collado**, que parece bastante menos precaria que lo indicado en varios informes previos de especialistas.
- se ha concluido que la pantalla, aun si se hubieran finalizado los paneles pendientes, apenas habría mejorado la estabilidad del collado y muy poco los extravasamientos, puesto que existe un **nivel mioceno basal**, formado por gravas, que probablemente condicione mucho más que otros niveles el régimen hidráulico existente.
- se ha propuesto **instalar instrumentación y varias medidas correctoras**, en particular en los puntos de emergencia de los flujos extravasados.

Ensayos geofísicos para la caracterización de la ladera de cierre oeste en el Embalse de la Breña II (Córdoba). Vista aérea de la zona estudiada. En primer plano aparece la ladera cuya pendiente se dirige al arroyo Guadazueros. Al fondo se observa el embalse y en su zona central, la explanada donde se realizaron los perfiles de resistividades del terreno



**ACTIVIDADES PRINCIPALES
Y PROYECTOS DESTACADOS**
**LABORATORIO DE
INTEROPERABILIDAD
FERROVIARIA**

Índice

Presentación

Conócenos

Transferencia de
conocimiento

Actividades Principales y
Proyectos Destacados

Anexos

← ENTRADA



CEDEX
LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA (L.I.F.)

LIF

ACTIVIDADES PRINCIPALES

2023

LABORATORIO DE
INTEROPERABILIDAD
FERROVIARIA



ERJU

Arrancan técnicamente las actividades de los proyectos emblemáticos FP1-MOTIONAL, FP2-R2DATO y FP6-FutuRe del partenariado ferroviario europeo ERJU, en los que desde el LIF tenemos una participación muy activa

EVC

Finaliza con éxito la campaña completa de ensayos de validación de la conformidad del EVC (European Vital Computer) de Hitachi

ANTENA BTM

Comenzamos la campaña de certificación de la nueva versión de la Antena/BTM de ERTMS para la empresa española Cabsignalling



ALTA VELOCIDAD

Desarrollamos la campaña de ensayos de certificación del equipo embarcado ERTMS (Bistandard ERTMS/TVM Version 9.3^a-RC2) que equipa a los trenes franceses de alta velocidad

CERCANÍAS DE BARCELONA

Ejecutamos en el laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF, las pruebas ERTMS de Cercanías de Barcelona por la empresa Alstom



RAILGAP

Continuamos con el proyecto europeo RAILGAP financiado por la EUSPA (European Union Space Programm Agency) en colaboración con ADIF



COLABORACIÓN CON ADIF

Continuamos la colaboración con ADIF mediante el "Encargo para la prestación de servicios de asesoramiento, investigación y desarrollo tecnológico en las diferentes técnicas del sistema ferroviario y de edificación"

ENCARGO CON ADIF

Seguimos trabajando en el encargo con ADIF "Encargo para el asesoramiento técnico de un nuevo sistema "ATP ERTMS" específicamente destinado a líneas ferroviarias no principales durante todo su ciclo de desarrollo

AGENCIA FERROVIARIA EUROPEA

Avanzamos con nuestra participación en el grupo de trabajo europeo que liderado por la Agencia Ferroviaria Europea y con la participación del resto de laboratorios acreditados de ERTMS, se encarga de la actualización de las especificaciones de ensayo ERTMS

PROYECTO EUROPEO EULINX

Participamos en el proyecto europeo Eulinx de normalización y estandarización de las interfases de los sistemas ferroviarios de señalización



CURSO UPM

Participamos como profesores de ERTMS en el Curso impartido en la UPM conjuntamente con Adif, Ineco, AESF, UPM y Metro de "Especialista en señalización Ferroviaria", impartiendo la mayoría de los módulos relativos al ERTMS

JORNADAS

Organizamos y celebramos las jornadas "Space for Innovation in Rail. Towards Satellite Based ERTMS" con la dirección de la Empresa Común Europe's Rail (ERJU)

Resumen de las actividades del LIF durante la anualidad 2023



PROYECTOS DESTACADOS LIF

PARTICIPACIÓN EN R2DATO Y FUTURE. PROYECTOS EMBLEMÁTICOS DE ERJU

CONTACTO: MIGUEL.FERNANDEZ@CEDEX.ES

Desde el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX estamos participando de forma muy activa en los proyectos emblemáticos de ERJU (Europe's Rail Joint Undertaking) R2DATO (Flagship Project ó FP2) y FUTURE (Flagship Project ó FP6) que han iniciado el desarrollo de sus actividades durante el año 2023. Nuestra participación en estos dos FPs constituye el núcleo central de las actividades desarrolladas en ERJU por el LIF ya que se desarrollarán en los mismos todas las nuevas funcionalidades del ERTMS, en FP2, así como su aplicación a líneas regionales, en FP6, que es uno de los retos pendientes en el despliegue del ERTMS en España.

ERJU-FP2-R2DATO: segundo proyecto emblemático ferroviario europeo, el ferrocarril hacia el funcionamiento digital automático y autónomo

Para satisfacer la creciente demanda de transporte tanto de pasajeros como de mercancías, el **proyecto FP2-R2DATO aprovecha las ventajas de la digitalización y la automatización** para desarrollar el ATC (Automatic Train Control) de próxima generación y ofrecer una Operación de trenes Digital y Automática –hasta autónoma– escalable (DATO: Digital Automatic up to Autonomous Operation). Todo ello con el objetivo de **mejorar la capacidad de las redes ferroviarias existentes**. Se espera que los resultados tangibles de FP2-R2DATO se entreguen en el año 2025 sobre temas clave: ATO, Nivel 3 Híbrido de ETCS y Nivel 3 con Cantón Móvil, tecnologías digitales (conectividad 5G y una plataforma TIC integrada estandarizada), y directrices y métodos para una implementación y migración rápida y rentable de DATO en toda de Europa.



Simulador de señales satelitales integrado en el Laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF

A través de estas mejoras técnicas, el FP2-R2DATO cumplirá los objetivos e impactos definidos en el Plan Maestro y el Programa Anual de Trabajo de ERJU: contribuir a una **mayor puntualidad, confiabilidad y productividad** del personal, del material rodante y de la infraestructura. FP2-R2DATO presta atención a los riesgos potenciales, como la aceptación por parte del público y la sincronización con el despliegue de ETCS y posibles problemas legales.

La metodología general que utiliza FP2-R2DATO para lograr los resultados deseados se estructura en tres etapas: desde el desarrollo de habilitadores técnicos, a través de prototipos que conduzcan a demostradores dedicados en TRL 6/7. El enfoque colaborativo de los proveedores de la industria, los operadores ferroviarios, los administradores de infraestructuras, junto con los centros de investigación y el mundo académico garantizará que cada uno de los habilitadores técnicos se desarrollará a un costo razonable y cumplirá con los requisitos operativos y la integración de tecnologías innovadoras. Se organizan circuitos de retroalimentación para alinear los centros de investigación, proveedores y

operadores ferroviarios a lo largo del proyecto, y de este modo, garantizar que la tecnología desarrollada genere los impactos esperados hacia un futuro sistema ferroviario europeo digitalizado y automatizado.

Desde el **Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF)** participamos en varios Paquetes de Trabajo, con el objetivo principal de **conocer los nuevos desarrollos y prototipos industriales** para poder realizar pruebas en el laboratorio, de cara a la validación técnica de los productos, así como para conocer las nuevas especificaciones y poder influir en su elaboración. Entre estas actividades se encuentra la **utilización de satélites** para la localización segura del tren y para mejorar su sistema odométrico.

En este sentido iniciamos en 2023 la adquisición de un sistema simulador de las señales generadas por las constelaciones satelitales GPS y Galileo, que permitirá la realización en el laboratorio de simulación de tráfico del LIF de aplicaciones del ERTMS que utilicen dichas tecnologías satelitales.



ERJU-FP 6 FutuRe Project: Regional rail services / Innovative rail services to revitalize capillary lines

El proyecto emblemático FP 6- FutuRe de ERJU, iniciado en diciembre de 2022, y con una duración de 48 meses, abordó durante el período correspondiente a los 13 primeros meses (año 2023), los paquetes de trabajo para la **definición y especificación de necesidades funcionales y operacionales** en el ámbito de líneas regionales en general, y de modo particular en aquellas con baja densidad de tráfico.

Los objetivos claves para la revitalización y potenciación del efecto de capilaridad de estas líneas se han establecido en torno a la consecución, por una parte, de una disminución de los costes de inversión (CAPEX), mantenimiento y operación (OPEX), a través de la optimización de la productividad en términos de coste tren.km. Por otro lado, otros objetivos esenciales en este proyecto se centran en el incremento de la seguridad de los sistemas protección automática del tren asociados e instalaciones de enclavamiento y una mejora de los servicios al cliente, así como su percepción de satisfacción, a través del incremento del uso del tren regional como indicador del trasvase de pasajeros y mercancías procedentes de otros modos de transporte.

Estas líneas de actuación giran en torno a varios bloques. Por un lado, proporcionar una solución adecuada para el Sistema Regional, a través de la mejora en las prestaciones funcionales del sistema de Control Mando y Señalización ferroviario (CCS), una optimización de los activos ferroviarios y elementos de campo existentes en la vía, así como la mejora de las capacidades del material rodante en términos de sostenibilidad, y unos servicios al cliente adaptados que mejoren su experiencia.

A través de una participación colaborativa entre industria y usuarios finales (fundamentalmente administradores de infraestructura europeos, y también operadores), se han articulado las tareas de definición y especificación de arquitecturas funcionales de cada uno de los subsistemas estructurales del sistema ferroviario.



Línea Regional León-Guardo donde se desplegará un piloto de ERTMS Regional

El CEDEX, junto con las entidades **ADIF, RENFE e INECO** hemos dado respuesta técnica a nuestros compromisos de inversión en 2023 mediante la contribución a los documentos entregables, incluyendo revisión y definición de distintos casos de uso, así como requisitos asociados en diferentes funcionalidades novedosas en el área de CCS. Estas nuevas funcionalidades áreas como la localización absoluta y segura del tren mediante posicionamiento GNSS (ASTP), operación automática de tren (ATO) en grado de automatización 2 y 3/4, funcionalidad de cantón móvil y sistema de gestión de tráfico (TMS). Estos casos de uso serán objeto de prueba y verificación funcional a través de los distintos prototipos que los tecnólogos desarrollarán durante los próximos periodos.

GEMELO DIGITAL DEL ERTMS

CONTACTO: MIGUEL.LOPEZ@CEDEX.ES

El Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) hemos propuesto, dentro del FP1 de ERJU, la demostración de cómo el Laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF constituye un Gemelo Digital del sistema completo ERTMS (European Rail Traffic Management System), habiendo sido incluido como uno de los Casos de Uso más relevantes en cuanto a Gemelos Digitales se refiere.

En efecto, una de las definiciones más utilizadas de qué es un Gemelo Digital es la propuesta en la primera llamada a Proyectos del FP1 de ERJU que dice: "... a Digital Twin is a virtual representation able to imitate the behaviour of a physical system during the spans of its lifecycle..."

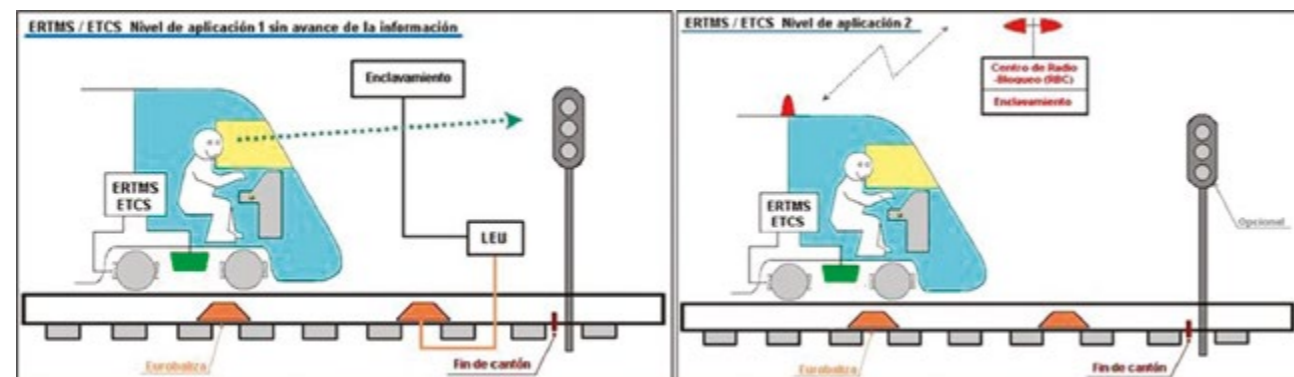
El laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF constituye un Gemelo Digital del Sistema completo ERTMS ya que integra conjuntamente los subsistemas de vía y embarcado del ERTMS, permitiendo de esta manera la realización en el laboratorio de pruebas que solamente se podían realizar en la vía real, con los componentes reales tanto de vía como de tren.

En principio, el concepto de Gemelo Digital se restringe a un software que reproduce el funcionamiento del sistema real, de forma que mediante esta simulación virtual del sistema real se pueden ensayar distintas configuraciones del mismo con el objetivo de optimizar su diseño antes de convertirlo en un elemento real.

EL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO DEL LIF CONSTITUYE UN GEMELO DIGITAL DEL SISTEMA COMPLETO ERTMS

Principio Básico del ERTMS

El ERTMS es un sistema de señalización que se basa en la transmisión de información de la vía al tren de forma que el equipo embarcado recibe la información necesaria para circular de forma segura, esto es respetar las limitaciones de distancia definidas por la ruta establecida por el enclavamiento electrónico (ENCE) y el perfil de velocidad definido en el cuadro de velocidades máximas (CVM). En el nivel 1 la información se transmite mediante eurobalizas y es por tanto unidireccional vía → tren, mientras que en el nivel 2 la información se transmite por radio (GSM-R) y en este caso es bidireccional vía ↔ tren. En la imagen se muestra un esquema simplificado del ETCS en ambos niveles de operación.

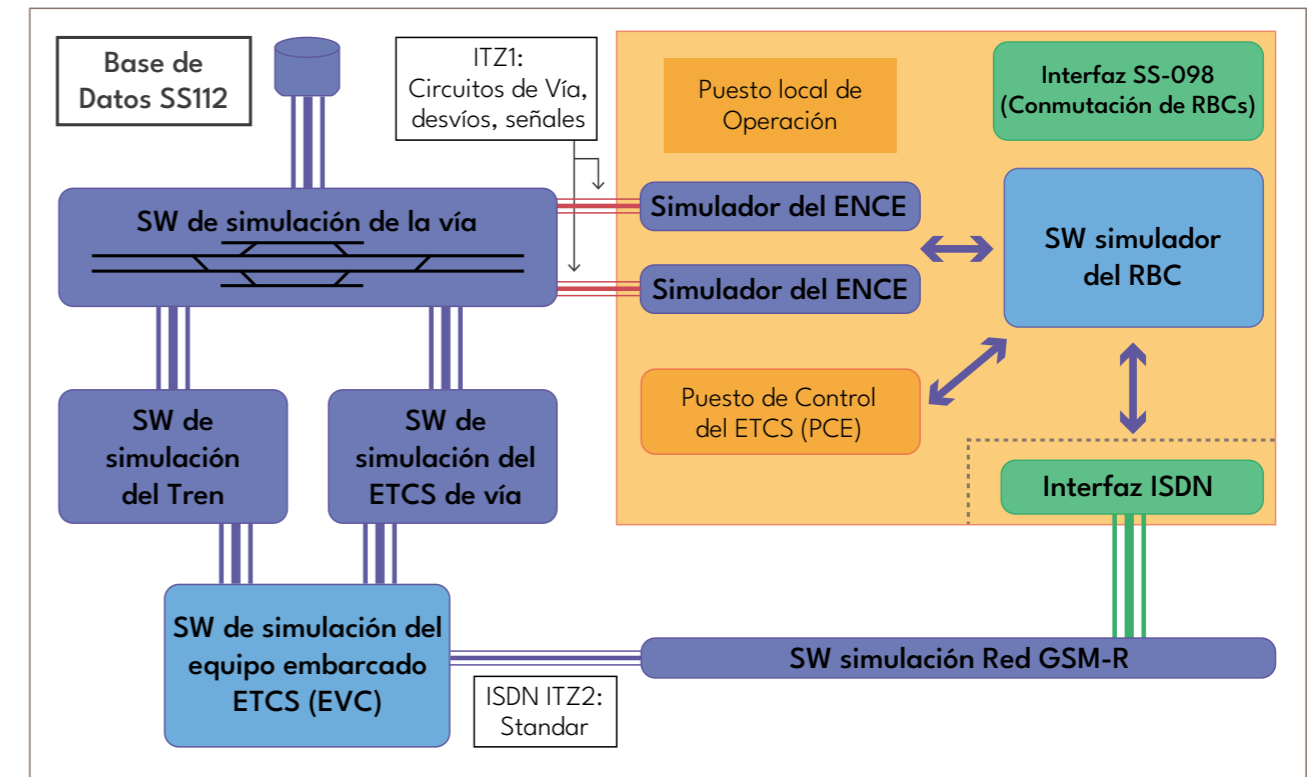


ERTMS Niveles 1 y 2

Arquitectura del Gemelo Digital

Por tanto, el desarrollo de un Gemelo Digital del ERTMS deberá simular no solamente el equipo ERTMS embarcado (EVC) y el de vía (RBC), sino que también deberá simular el tren y su movimiento, la topología de vía y el movimiento del tren sobre la misma, el envío de telegramas por baliza, la red GSM-R para el envío de los mensajes de radio en N2 y por último los enclavamientos electrónicos que fijan y enclavan la ruta del tren. La arquitectura de un Gemelo Digital que incluya estas funcionalidades se muestra en la imagen.

EL ERTMS ES UN SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN QUE SE BASA EN LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN DE LA VÍA AL TREN DE FORMA QUE EL EQUIPO EMBARCADO RECIBE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA CIRCULAR DE FORMA SEGURA



Arquitectura de un Gemelo Digital del ERTMS

Esta arquitectura es la que tiene instalada el LIF en su Laboratorio de Simulación de Tráfico ERTMS. La funcionalidad de los principales elementos de dicho Gemelo Digital se resume en las siguientes:

- **SW de Simulación de la vía.** Simula la topología de la vía sobre la que circula el tren, incluyendo los desvíos, los circuitos de vía, las señales laterales (si las hay en N2), las balizas fijas y conmutables y el eurolazo (si existe). El formato de la base de datos con toda esta información debería estandarizarse (actualmente se usa el SS-112) para facilitar la introducción de todos estos datos en el simulador.
- **SW de simulación del tren.** Simula la dinámica del tren y se conecta al equipo embarcado (EVC) mediante la Unidad de Interfaz del Tren (TIU: Train interface unit). El freno es comandado por el EVC y el movimiento del tren se muestra en el SW de simulación de vía.
- **SW de Simulación del ETCS de vía.** Este SW genera los eventos ETCS que se deben inyectar al equipo embarcado a medida que circula a lo largo de la vía. Los telegramas de baliza y de Eurolazo (si existe) se inyectan al tren a medida que este pasa sobre la localización de las balizas (y eurolazo si existe) definidas en el SW de simulación de vía.
- **SW de simulación del EVC.** Simula el comportamiento de un equipo embarcado ETCS (EVC) así como de las interfases mostradas en la Figura 2.
- **SW de simulación de la red GSM-R Network.** Simula la transmisión de mensajes entre el EVC y el RBC a través de la red GSM-R, con todas las capas de seguridad definidas en la especificación de la euroradio.
- **SW Simulador del RBC.** Simula el comportamiento de un RBC (Radio Block Centre) real, así como las interfases mostradas en la imagen de la página anterior. El puesto de Control de ETCS (PCE) se conectará también al RBC para por ejemplo definir las Limitaciones Temporales de Velocidad (LTV).
- **Simulador del ENCE.** Simulará el comportamiento del enclavamiento, o enclavamientos, electrónicos (ENCE) conectados al RBC. Este SW se conectará al SW de simulación de vía para intercambiar el estado de los elementos de vía (Circuitos de Vía, Desvíos y señales) como se haría en la vía real. Este simulador de ENCE deberá también incorporar el puesto local de Operación para establecer las rutas que se prueben en los diferentes casos de prueba.

Ensayos de Interoperabilidad con equipos reales. Hardware in the loop

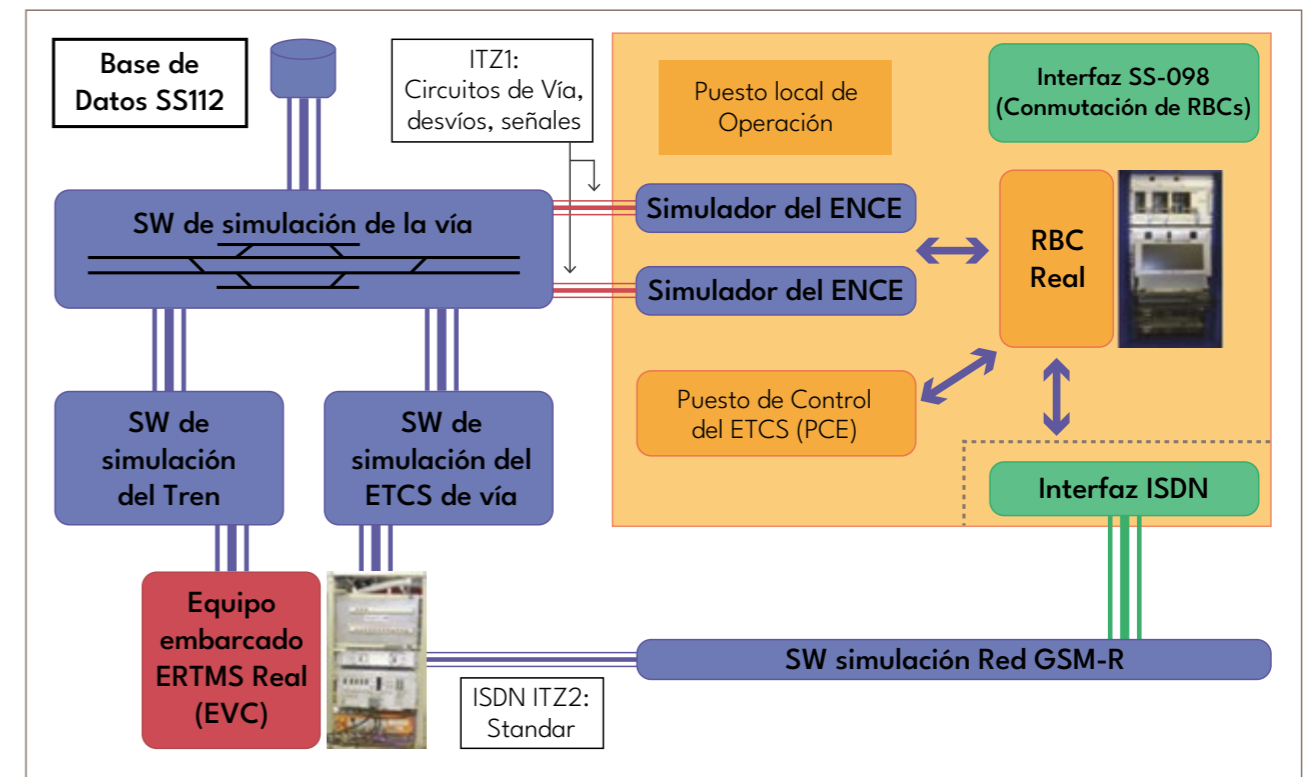
Este **Gemelo Digital del ETCS** se puede utilizar para probar configuraciones de vía, reglas de ingeniería, etc.. Sin embargo, lo más interesante consiste en **probar la interoperabilidad entre equipos embarcados (EVC) y equipos de vía (balizas en N1 y balizas y RBC en N2) reales**, que es el núcleo de la interoperabilidad entre diferentes fabricantes.

Para ello se ha seguido el principio denominado **“Hardware in the loop”** que en este caso consiste en introducir en el Gemelo Digital antes descrito los componentes reales del ERTMS, esto es el equipo embarcado o EVC real y el equipo de vía o RBC real y conectarlos al tren y vía simulados de forma que tengan los mismos inputs y outputs que en la aplicación real. De esta forma se modifica la arquitectura de acuerdo a lo mostrado en la imagen. En ella los equipos embarcados se conectan a los simuladores del laboratorio configurando un Gemelo Digital del ERTMS en el que se puede probar de forma idéntica a como se prueba en la vía la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de ERTMS.

Desde el LIF del CEDEX propusimos dentro del FP1 de ERJU la definición de este Gemelo Digital, que ha sido acogida en el WP28 como uno de los Casos de Uso más relevantes que se desarrollarán en ERJU. Posteriormente en el WP29 se ejecutarán campañas de prueba de líneas españolas y alemanas equipadas con ERTMS,

tanto locales en el LIF como remotas mediante la conexión en tiempo real con el laboratorio alemán de DLR, también miembro fundador de ERJU.

Este demostrador tiene la finalidad principal de **mostrar a la comunidad de I+D ferroviaria la capacidad de este Gemelo Digital** para ejecutar las pruebas de un sistema tan complejo como el ERTMS en laboratorio y de esta forma poder contribuir de forma muy relevante a la aceleración del despliegue del ERTMS en toda la red transeuropea.



Arquitectura del gemelo Digital con los componentes reales del ERTMS

El laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF constituye un Gemelo Digital del ERTMS y como tal se ha incluido entre los Casos de Uso más relevantes que se incluirán en los WPs 28 y 29 del FP1 de ERJU relativos al desarrollo de gemelos digitales ferroviarios.

Este gemelo digital además **permite la integración de los componentes reales del ERTMS** como el equipo embarcado o EVC y el equipo de vía, balizas fijas y conmutables para N1 y balizas fijas y RBC para N2 (Hardware in the loop). De esta forma permite la ejecución de pruebas de interoperabilidad tren-vía en el laboratorio, evitando la ejecución de las mismas en vía.

El Caso de Uso de este Gemelo Digital se concretará en demostradores que se llevarán a cabo en el WP29 del FP1 y que consistirán en el ensayo de líneas españolas y/o alemanas (facilitadas por la DB) en campañas ejecutadas tanto en modo local en el LIF como en modo remoto mediante la conexión en tiempo real de los laboratorios del LIF y del laboratorio alemán DLR.



**EL EQUIPO
ANTENA-BTM
SE ENCARGA DE LEER
LA INFORMACIÓN
ENVIADA POR LAS
EUROBALIZAS
INSTALADAS
EN LA VÍA**

ENSAYOS DE ANTENA-BTM

CONTACTO: SUSANA.HERRANZ@CEDEX.ES

En el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX ha realizado durante el segundo semestre de 2023 ensayos de antena-BTM para la empresa CAF Signalling.

El **equipo antena-BTM**, perteneciente al subsistema de Eurobaliza, es un **equipo instalado a bordo del tren, encargado de leer la información enviada por las Eurobalizas instaladas en la vía.**

Los ensayos a realizar sobre los equipos antena-BTM del subsistema de Eurobaliza están descritos en la normativa europea (Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad-ETI), concretamente en el documento Subset-085 "Test Specifications for Eurobalise FFFIS".

El laboratorio de Eurobaliza perteneciente al **LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria)** tiene la capacidad para realizar estos ensayos, y está acreditado por ENAC con acreditación nº 465/LE1003.

Para garantizar la interoperabilidad, los ensayos del equipo antena-BTM se realizan con lazos de referencia (reference loops), tal como está descrito en el mencionado Subset-085. Los ensayos descritos en este documento son de distintos tipos: patrones de radiación de la antena de telepowering y de up-link, ensayos de transmisión, ensayos de 'cross-talk', etc.

El fabricante del equipo antena-BTM proporciona los datos necesarios para la realización de los ensayos: distancias máximas y mínimas de la antena al tope del rail, desplazamientos laterales máximos, ángulos máximos de inclinación (tilt, pitch), velocidades máximas para los ensayos de transmisión, etc. Estos parámetros se aplican en las medidas de patrones de radiación de telepowering y up-link de la antena bajo ensayo con distintas condiciones de contorno (por ejemplo, ensayos con objetos metálicos, ensayos con distintas condiciones de Debris, etc), y en la realización de ensayos de transmisión en los que se simula el paso de una antena embarcada en el tren en las condiciones más extremas de funcionamiento de la Eurobaliza.

CAF Signalling solicitó la realización de distintos ensayos sobre su equipo antena-BTM en el laboratorio del CEDEX, realizándose los mismos en las condiciones de ensayo requeridas por CAF Signalling.



EL LABORATORIO DE EUROBALIZA PERTENECE AL LIF TIENE LA CAPACIDAD PARA REALIZAR ESTOS ENSAYOS, Y ESTÁ ACREDITADO POR ENAC CON ACREDITACIÓN Nº 465/LE1003

ENCARGO ADIF-CEDEX ACTUACIÓN Nº5: CENTRALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN REGISTRO Y MAPAS DIGITALES DE INFRAESTRUCTURA Y ACTIVOS ERTMS DE LA RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL (RFIG)

CONTACTO: RICARDO.CAMPO@CEDEX.ES

El proyecto de investigación “Centralización y Mantenimiento de un Registro y Mapas Digitales de Infraestructura y Activos ERTMS de la Infraestructura Ferroviaria” se enmarca dentro de los esfuerzos de ADIF para la actualización y creación de un inventariado digital detallado de la infraestructura ferroviaria, almacenado y gestionado en formatos europeos estandarizados.

Para la implementación de este Encargo de ADIF al CEDEX, en el **Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF)** hemos desarrollado un carro autopropulsado capaz de circular por los tres anchos de vía existentes en España registrando datos georreferenciados de las vías ferroviarias gestionadas por ADIF.

La arquitectura desarrollada por el LIF comprende tanto hardware como software avanzados para la **sincronización de sensores COTS** (Commercial

Off-The-Shelf o Componente comercial salido del estante), incluyendo GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), IMU (Unidad de Medición Inercial) y cámaras estereoscópicas.

En una futura actualización, se incorporará **tecnología LIDAR (Detección y Rango de Imágenes por Luz)**. Todos estos componentes están conectados a un registrador (orquestador), que es responsable de recopilar los datos de todos los sensores y gestionar el tiempo maestro del sistema.

La arquitectura del sistema ha sido diseñada con un alto grado de modularidad, permitiendo su adaptación a distintos formatos de carro o incluso a la instalación en trenes o vagones. Para este fin, se ha desarrollado una plataforma multipropósito terrestre que alberga todos los sensores, así como un módulo de alimentación capaz de suministrar energía a todo el sistema de sensores durante al menos diez horas y un módulo con el registrador, facilitando la interacción con el operario en campo y la extracción de datos para su posterior procesamiento.



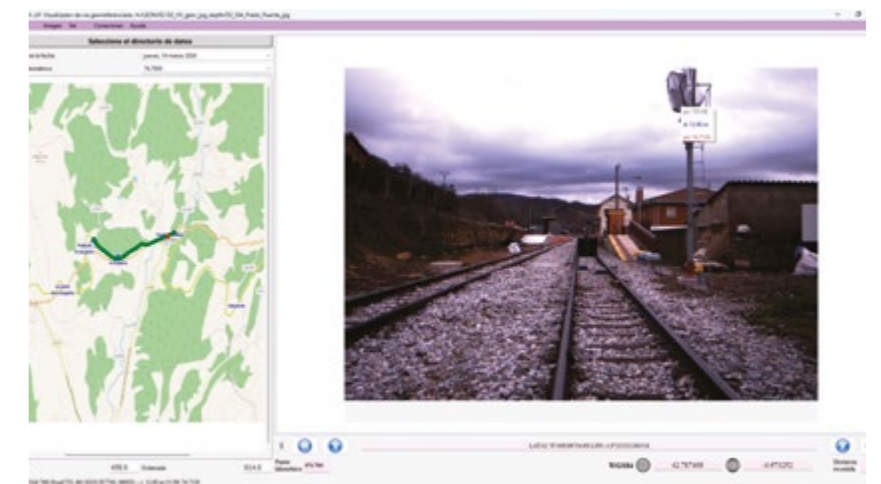
Arquitectura hardware del proyecto



Arquitectura del sistema montada en diferentes plataformas: carro del laboratorio, coche del IRTER y carro de vía

PROCESAMIENTO DE DATOS

En el marco de esta actuación nº5, en el **LIF** hemos desarrollado una serie de programas específicos para procesar y localizar los datos tomados en campo. Estos programas permiten la georreferenciación precisa de las imágenes, asignando coordenadas geográficas a cada píxel de las imágenes tomadas por el carro a una frecuencia de muestreo de 10 fotogramas por segundo. Además, se ha creado la interfaz gráfica VV_geor (Visualizador de vía) que facilita la visualización de los datos georreferenciados y su localización en un mapa.



Visualizador Vía (VV_geor): Interfaz gráfica

EN EL LIF HEMOS DESARROLLADO UNA SERIE DE PROGRAMAS ESPECÍFICOS PARA PROCESAR Y LOCALIZAR LOS DATOS TOMADOS EN CAMPO

Antes de la georreferenciación de las imágenes, se realiza un análisis técnico detallado de los distintos sensores:

- **Análisis de datos GNSS:** Validación y corrección de datos mediante técnicas RTK.
- **Análisis de señales de sensores inerciales:** Evaluación de la precisión y sincronización de los datos.
- **Análisis de la solución de hibridación de sensores:** Combinación de datos de ambos sensores para mejorar la precisión.

DATOS GNSS E HIBRIDACIÓN DE SENSORES

- TRAMO 1**
- VALLE DE LAS CASAS (Km 63,203)
 - SLA ROBLEDO DE LA GUZPEÑA (Km. 70,330)



- TRAMO 2**
- SLA ROBLEDO DE LA GUZPEÑA (Km. 70,330)
 - PUENTE ALMUHEY (Km 74,808)



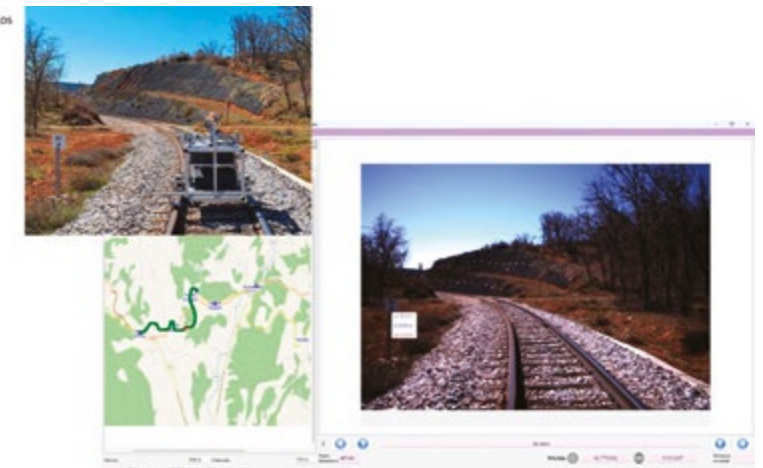
Análisis técnico de los datos GNSS e hibridación de sensores.

La validación de los resultados se lleva a cabo utilizando un **sensor fotoeléctrico** que registra el paso por pantallas reflectantes colocadas en la vía. Esto **asegura la calidad e integridad de los datos** antes de su uso en el proceso de georreferenciación.

Los datos georreferenciados de alta precisión permiten la identificación y geolocalización exacta de los elementos de la vía, logrando la geolocalización y kilometración de (actualmente) 16 tipos de elementos, como hitos de PK, piquetes, señales luminosas, contadores de ejes, balizas y señalización lateral. Además, se ha establecido un sistema de medición de distancias precisas entre elementos, tanto relativas como absolutas, lo que representa una mejora significativa con respecto a los datos disponibles actualmente.

SE ASEGURA LA CALIDAD E INTEGRIDAD DE LOS DATOS ANTES DE SU USO

- Lista de grupos y subgrupos de los elementos de vía (definiendo sus puntos kilométricos (PK) y coordenadas geodésicas):
- **Señales fijas**
 - Aparadero
 - Distancia de frenado (proximidad)
 - 100m (eje)
 - FIN P.N.
 - Velocidad L.T.V.
 - FIN L.T.V.
 - P.N.
 - Proximidad avanzada
 - Silbato de atención (S)
 - Indicadora de peligro en trinchera, terraplén o zona inundable (T)
 - Tapada Proximidad Avanzada
 - Velocidad máxima
 - Proximidad P.N baja visibilidad
 - **Señales luminosas**
 - Entrada
 - P.N.
 - Tapada Avanzada/Entrada/Salida
 - **Baliza**
 - En servicio
 - Tapada
 - **Contador**
 - **Pedál**
 - **Desvío**
 - **Piquete**



Lista de grupos y subgrupos de los elementos de vía identificados en el tramo prototipo de la línea León- Guardo

CONCLUSIONES

El uso de tecnologías avanzadas y un diseño modular ha permitido cumplir con éxito la primera fase del proyecto, logrando el objetivo principal de crear un **inventario digital y georreferenciado eficiente y preciso** de la infraestructura ferroviaria en un tramo prototipo de la línea León-Guardo.

Para llevar a cabo esta tarea, en el LIF hemos desarrollado herramientas para una gestión y visualización eficiente de los datos de campo por parte del usuario. La evolución de estas herramientas estará alineada con el desarrollo de los estándares europeos, facilitando así la gestión y el mantenimiento futuro de la infraestructura ferroviaria en España.

En la segunda fase, está previsto aumentar el número de kilómetros inventariados desde el punto de vista terrestre y combinar estos resultados con el uso de drones y la fotogrametría de las imágenes capturadas. El objetivo es evaluar la hibridación de las capacidades de ambas tecnologías para mejorar el análisis y resultados de los datos del proyecto.

ANEXOS

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

2D	Dos dimensiones
3D	Tres dimensiones
ACUAMED	Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.A.
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
ADIF- AV	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias Alta Velocidad
AEAS	Asociación Española de Abastecimiento de Aguas y Saneamiento
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria
AL	Acoso Laboral
APS	Autoridad Portuaria de Santander
APV	Autoridad Portuaria de Valencia
ASEFMA	Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas
ATC	Automatic Train Control
ATC	Asociación Técnica de Carreteras
ATO	Operación automática de tren
ATP ERTMS	Automatic Train Protection- European Rail Traffic Management System
AUTL	Asphalt Ultrathin Layers
AV	Alta Velocidad
BALTEN	Entidad Pública Empresarial Local Balsas de Tenerife
BBTM	Mezcla bituminosa de tipo discontinuo (Béton Bitumineux Très Mince)
BIG DATA	Datos a gran escala
BIM	Building Information Modeling
CAPEX	Capital Expenditure
CCAM	Connected, Cooperative and Automated Mobility
CCS	Sistema de Control-Comando y Señalización
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CEH	Centro de Estudios Hidrográficos
CEHOPU	Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo
CEN	Comité Europeo de Normalización

CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CEPYC	Centro de Estudios de Puertos y Costas
CET	Centro de Estudios del Transporte
CETA	Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas
CHE	Confederación Hidrográfica del Ebro
CICCP	Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CNOSSOS-EU	Common noise assessment methods in Europe
COTS	Commercial Off the Shelf
CTBG	Consejo de Transparencia y Buen Gobierno
CVM	Cuadro Velocidades Máximas
DATO	Digital Automatic up to Autonomous Operation
DGA	Dirección General del Agua
DGC	Dirección General de Carreteras
DGCM	Dirección General de la Costa y el Mar
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EGRA	Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental
EMSA	Agencia Europea de Seguridad Marítima
ENCE	Enclavamiento electrónico
ENE	Este-Noreste
EPDM	Etileno Propileno Deno tipo M-ASTM
ERJU	Europe's Rail Joint Undertaking
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESE	Este-Sureste
ETCS	European Train Control System
ETI	Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad
ETSIC	Escuela Técnico Superior de Ingenieros Civiles
EUSPA	European Union Space Programm Agency
EVC	European Vital Computer
FC	Ferrocarril
FCAS	Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento
FRP	Fiber Reinforced Polymers
FuTuRe	Proyecto de ERJU

GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEOLAB	Proyecto Europeo GEOLAB
GFRP	Glass Fibre Reinforced Polymer
GMA	Gestión Medioambiental
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GSM-R	Sistema Global de Comunicaciones- Ferrocarril
H2020	Programa Horizon 2020
HA	Hectárea
HE	Horizon Europe
HIDRO	La base de datos hidrológicos HIDRO
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IAHR	Hydro-Environment Engineering and Research
IAM4RAIL	Holistic and Integrated Asset Management for Europe's RAIL System
IC	Cromatografía iónica
IECA	Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones
IETCC	Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
IMD	Intensidad Media Diaria de vehículos
IMU	Unidad de Medición Inercial
INECO	Ingeniería y Economía del Transporte
InSAR	Radar Interferométrico de apertura sintética
ISO	Organización Internacional de Normalización
ISO	International Standard Organization
LAV	Línea de Alta Velocidad
LCEYM	Laboratorio Central de Estructuras y Materiales
LDIR	Direct Laser Infrared
LEM	Laboratorio de Experimentación Marítima
LG	Laboratorio de Geotecnia
LIAISON	Lowering transport environmental impact along the transport infrastructure
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
LIF	Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria
LNEC	Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil
M.P.	Medio Propio

MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
MITRAMS	Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible
MOTIONAL	Mobility Management in a Multimodal Environment and Digital Enablers
MRR	Mecanismo de Recuperación y Resiliencia
MSP-OR	Advancing Maritime Spatial Planning in Outermost Regions
MT	Tonelada métrica
O.A.	Organismo Autónomo
OBU	On Board Unit
OC	Orden Circular
OCAS	Objetivos de Calidad Acústica
OIEA	Organismo Internacional de la Energía Atómica
OPEX	Operational Expenditure
P.K.	Punto Kilométrico
PE	Puertos del Estado
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PEICTI	Plan Estatal de Ciencia y Tecnología
PIANC	Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación
PIARC	Asociación mundial de la Carretera
PRL	Prevención de Riesgos Laborales
PRTR	Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia
PVC	Policloruro de Vinilo
R2DATO	Rail to Digital Automated up to Autonomous Train Operation
RA	Recovered Asphalt
RAILGAP	RAILway Ground truth and Digital mAP
RBC	Radio Block Center
RCE	Red de Carreteras del Estado
REMAP	Reviewing and Evaluating the Monitoring and Assessment of Maritime Spatial Planning
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
ROM	Recomendaciones de Obras Marítimas
RSU	Roadside units
RTK	Real Time Kinematic
SE	Sureste
SECTI	Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación

SEIASA	Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias
SICMA	Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid
SST	Shear Stress Transport
SW	
TEFIVA	Tramos de especial frecuencia de incidentes viales con animales
TGA/DSC	Análisis Térmico Simultáneo
TIU	Train Interface Unit
TMS	Software de gestión del Transporte
UIC	Unión Internacional de Ferrocarriles
UIDI	Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
V2X	Vehicle to everything
VAC	Vehículo Autónomo y Conectado
WATSON	Water Isotopes in the critical zone

