

El año que nos ocupa prometía ser diferente, tenía unos guarismos sumamente atractivos y parecía que estábamos en el punto más alto de la recuperación económica. La actividad era frenética en todos los sectores, la demanda en el transporte público iba en alza y con visos de superar todos los registros, el volumen de inversión pública licitada en el año anterior invitaba a pensar que la economía se volvía a activar, el sector terciario parecía no tener freno, Madrid y Barcelona eran refulgente referencia para la organización de Congresos, Ferias y Eventos...

Y, sin embargo, ha resultado ser un año aciago y muy complicado, del cual me resisto incluso a identificar por su número. Ha sido el año del Coronavirus. De la noche a la mañana en esta primavera, las empresas de ingeniería y de construcción españolas y cualquier otra actividad, incluido el sector público, se han visto obligadas a reconvertirse radicalmente. Súbitamente hemos tenido que adoptar un modelo de funcionamiento totalmente innovador como es el teletrabajo y el salto tecnológico que muchas organizaciones han tenido que dar, han demostrado que estábamos preparados para grandes desafíos. No obstante, a nadie se escapa que la crisis que se nos avecina, como consecuencia del Confinamiento y las necesarias restricciones sanitarias impuestas, con las que se puede estar de acuerdo o en desacuerdo pero que, indudablemente, han generado un parón en la actividad, es una crisis que solo puede superarse desde la unidad.

Ahora se presenta una oportunidad única con los fondos del Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia y es ahí donde, como país y como sociedad, debemos unirnos todos para atrevernos a soñar, a reinventar nuestro entorno mediante la Transformación Digital, la Transición Ecológica, la Cohesión social y territorial y la Igualdad. Estos son los cuatro pilares en los que se basará el citado Plan. Es una obligación del colectivo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos hacer esto posible y esforzarnos, poniendo nuestro talento y saber hacer a disposición de la Sociedad para relanzar de nuevo el tejido empresarial e industrial de este país. Harán falta quizá cambios legislativos y normativos, flexibilidad y disposición, esfuerzo -sin duda-, pero lo que es indiscutible es que el Sector Público y el transporte deben ser la palanca de la recuperación económica.

Los grandes logros siempre se han conseguido desde la Colaboración y el Asociacionismo, y los Colegios y Asociaciones profesionales tienen un papel fundamental en este diálogo necesario.

Este año, una vez más, la simbiosis perfecta entre el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas, ha hecho posible la edición del número monográfico especial dedicado a los túneles y obras subterráneas, constituyendo un vehículo de transmisión del conocimiento español en la materia de prestigio y reconocimiento.

En este número se han incluido actuaciones muy singulares, como el difícilísimo encaje geométrico y técnico de un nicho en el trasdós de las pantallas laterales de un pozo, para llegada de la tercera línea férrea y desmantelamiento de la EPB, con un fuerte

esviaje sobre la planta principal, o el Proyecto y construcción de la caverna para estacionamiento de trenes en la Línea 2 del Metro de Lima, con unas dimensiones impactantes y un recubrimiento escaso, excavado mediante NATM en un suelo de granulometría uniforme.

También se han incluido artículos de desarrollo teórico y de gran interés, como el Cálculo sísmico de túneles en suelos mediante modelos numéricos avanzados, o el Estado de la tecnología del pipe jacking, Explicación técnica de las principales funciones de los lodos bentoníticos en el proceso de excavación, características y propiedades necesarias que debe de presentar según las tipologías de terreno encontrado durante la excavación, ensayos a realizar para determinar estas propiedades, indicadores de rendimiento y principales problemas que aparecen en los lodos durante el proceso de excavación y lecciones prácticas aprendidas sobre los fluidos de perforación para microtuneladoras tipo hidroescudos en distintos terrenos adversos.

Pero sin duda, esta edición destaca por compartir experiencias constructivas de éxito, como el Túnel de Caldearenas (ejecutado mediante NATM en un macizo con estratificación horizontal y los techos planos asociados), el Túnel del Gudauri (macizo fundamentalmente calcáreo con un gran recubrimiento cuyo principal reto fue los condicionantes logísticos y el dimensionamiento de la ventilación), el Diseño y procedimiento constructivo en un túnel subterráneo en arenas, gravas y arcillas en el metro de Washington DC, un emisario submarino ejecutado mediante la hincada de tubería para la ubicación de gaseoducto en Altamira (México), y el diseño y construcción de un megaproyecto urbano con un total de 18 rozadoras como es el Westconnex Stage 2 en Sidney.

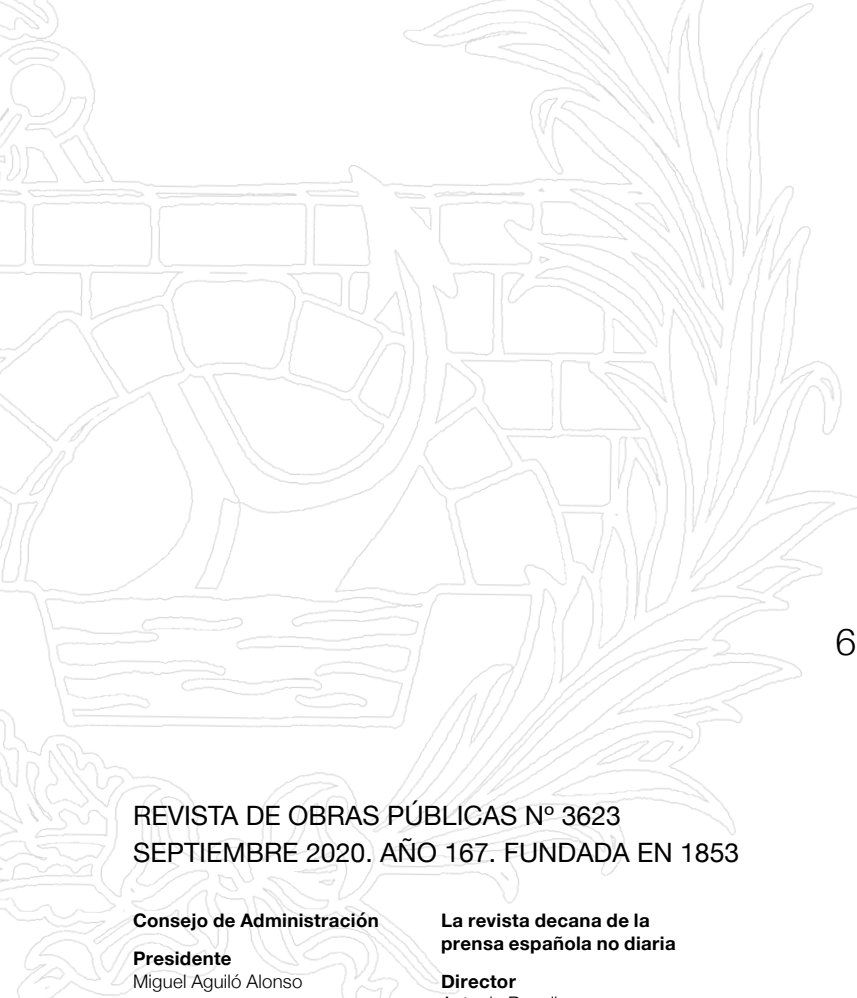
Por último, pero no en último lugar en importancia, hay un interesante artículo que glosa sobre el Plan de mantenimiento estructural de túneles urbanos, aplicado a los Túneles de la M-30.

Espero que el Monográfico sea de su interés y aproveche su lectura. Por nuestra parte, seguiremos trabajando para que la actividad de AETOS, que en esencia es aglutinar el know-how de la ingeniería de túneles española y difundirla por todo el mundo para aumentar su prestigio y reconocimiento. En ese sentido, además de los seminarios que se organizan y de la edición de este monográfico, AETOS dispone de una herramienta muy especial que, desde sus orígenes, fue cuidada con gran mimo por maestros como Carlos Oteo, Davor Simic, Cesar Sagaseta, Jose María Rodríguez, Enrique Fernández, y tantos otros: el Master de AETOS, de gran y reconocida calidad. AETOS ya se estaba preparando para los nuevos tiempos y la reconversión tecnológica que comentábamos al principio, aún antes de la pandemia de COVID-19, pues lleva varios años colaborando con la Universidad a Distancia, impartiendo el Master en modalidad telemática. Invito a los ingenieros jóvenes recién salidos a aumentar sus conocimientos con esta estupenda formación, y a sus empresas a potenciar y facilitar la misma.

**Juan Tébar Molinero**

Vocal de la Junta Directiva de AETOS

Director de Explotación Ferroviaria de Metro de Madrid S.A.



REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3623  
SEPTIEMBRE 2020. AÑO 167. FUNDADA EN 1853

**Consejo de Administración**

**Presidente**

Miguel Aguiló Alonso

**Vocales**

Juan A. Santamera  
José Polimón  
Vicent Esteban Chapapría  
Tomás Sancho  
José Javier Díez Roncero  
Francisco Martín Carrasco  
Benjamín Suárez  
José Luis Moura Berodia  
M<sup>a</sup> del Camino Blázquez Blanco

**Comité Editorial**

Pepa Cassinello Plaza  
Vicent Esteban Chapapría  
Jesús Gómez Hermoso  
Conchita Lucas Serrano  
Antonio Serrano Rodríguez

**Edita**

Colegio de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos  
Calle Almagro 42  
28010 - Madrid

**La revista decana de la  
prensa española no diaria**

**Director**

Antonio Papell

**Redactora jefe**

Paula Muñoz

**Diseño**

Julián Ortega

**Maquetación y edición**

Diana Prieto

**Publicidad**

Almagro, 42 - 4<sup>a</sup> Plta.  
28010 Madrid  
T. 913 081 988  
rop@ciccp.es

**Imprime**

Gráficas 82

**Depósito legal**

M-156-1958

**ISSN**

0034-8619

**ISSN electrónico**

1695-4408

**ROP en internet**

<http://ropdigital.ciccp.es>

**Suscripciones**

[http://ropdigital.ciccp.es/  
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)  
[suscripcionesrop@ciccp.es](mailto:suscripcionesrop@ciccp.es)  
T. 91 308 19 88

**Monográfico**  
**TÚNELES Y OBRAS**  
**SUBTERRÁNEAS**

- 6 **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NICHOS EN EL TRASDÓS DE LAS PANTALLAS LATERALES DE UN POZO PARA LLEGADA DE TERCER TÚNEL Y DESMANTELAMIENTO DE LA EPB**  
NICOLA DELLA VALLE  
FÉLIX DOMÍNGUEZ MAYANS  
PATRICIO GARCÍA DE HARO
- 14 **CONSTRUCCIÓN DE LA CAVERNA PARA ESTACIONAMIENTO DE TRENES EN LA LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA (PERÚ)**  
FERNANDO FUNES HURLÉ  
BENJAMÍN CELADA TAMAMES  
ISIDORO TARDÁGUILA VICENTE
- 26 **CÁLCULO SÍSMICO DE TÚNELES MEDIANTE MODELOS NUMÉRICOS AVANZADOS**  
EDUARDO SALVADOR MARTÍNEZ
- 36 **TÚNEL DE CALDEARENAS**  
RAFAEL LÓPEZ GUARGA  
RICARDO PÁRAMO VAQUERO

# SUMARIO

- 50 **WESTCONNEX STAGE 2 EN SÍDNEY. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MEGAPROYECTO URBANO CON 20 ROZADORAS**  
JAVIER VARELA GORGOJO  
ALEJANDRO SANZ GARROTE  
PAZ NAVARRO GANCEDO-RODRÍGUEZ
- 58 **PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL DE TÚNELES URBANOS. TÚNELES DE LA M-30**  
TOMÁS RIPA ALONSO  
NOEMÍ CORRAL MORALEDA  
CRISTINA HEREDIA IBÁÑEZ  
SONIA SUÁREZ MORENO  
SERGIO BARRAL GARCÍA
- 65 **EMISARIO SUBMARINO EJECUTADO MEDIANTE LA HINCA DE TUBERÍA PARA LA UBICACIÓN DE GASEODUCTO (ALTAMIRA, MÉXICO)**  
HÉCTOR TRIGAL BÁRCENA  
MARCOS PRIETO PAINCEIRA
- 74 **BREVE REPASO DEL ESTADO DE LA TECNOLOGÍA DEL PIPE JACKING. LECCIONES APRENDIDAS SOBRE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN PARA MICROTUNELADORAS HIDROESCUDOS EN TERRENOS ADVERSOS**  
JUAN JOSÉ HOYO RODRÍGUEZ
- 82 **DISEÑO Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN UN TÚNEL SUBTERRÁNEO EN SUELOS GRANULARES. EL METRO DE WASHINGTON D.C.**  
MONTSERRAT RODRÍGUEZ SEGURADO
- 92 **USO DE LODOS BENTONÍTICOS (SLURRY) EN TÚNELES CONSTRUIDOS CON TUNELADORAS TIPO HIDROESCUDO. PRINCIPALES INDICADORES DE RENDIMIENTO (KPI) Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MISMOS**  
MANUEL VILLAMIL MILLÁN
- 104 **TÚNEL DE GUDAURI. INFLUENCIA DE LA GEOTECNIA Y DE LAS SOLUCIONES VENTILACIÓN EN EL TRAZADO Y EN EL DISEÑO DEL TÚNEL**  
IGNACIO BALSA MARÍN  
JAVIER BORJA LÓPEZ  
MANUEL CUETO CASO  
MIGUEL ÁNGEL FRÍAS  
FRANCISCO PERAL ÁLVARO  
JESÚS SANCHO CEBRIÁN