AFOROS

NÚMERO 150

REVISTA DEL COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS - ZONA DE MADRID



OCT · 2026

MADRID SE TRANSFORMA BAJO TIERRA

EN ESTE NÚMERO:

Un número para pensar la Ingeniería Civil que viene: materiales con balance negativo de carbono, movilidad autónoma y el nuevo pulso tecnológico de Madrid.

EDITORIAL 3

Editorial.....3

CITOP MADRID 4

Toma de posesión de la Junta de Gobierno.....4
X Día de las Profesiones UICM.....8
Reuniones con las Universidades.....16

RADAR DE INGENIERÍA 62

El megapuerto de Nadar West Med 62
Bus autónomo y a demanda en Madrid 64
Ayudas a la recarga eléctrica en carreteras... 65

PROFESIÓN EN 1ª PERSONA 68

Entrevista a Gerardo Santiago Villares 68

MADRID SE TRANSFORMA 76

Línea 11 de Metro de Madrid 76
El Gemelo Digital de Madrid 86
La nueva estación de Soto del Real..... 90

AFOROS CONOCIMIENTO 92

Las torres gemelas de Manhattan 92
Hormigones que almacenan carbono..... 106

AGENDA Y OPORTUNIDADES 112

Jornadas · Empleo ·Formación 112

Comenzamos una nueva etapa en el CITOP Madrid con una responsabilidad clara: convertir los compromisos asumidos en una forma de trabajar que sea útil para las personas colegiadas y para nuestra profesión.

Durante los últimos meses hemos hablado mucho de cercanía, participación, defensa profesional, innovación y visibilidad. Ahora nos corresponde llevar esas ideas a la práctica. Nuestro programa marcó una hoja de ruta y queremos que siga siendo la referencia que guíe a esta Junta durante los próximos cuatro años.

El primer paso es escuchar. Madrid reúne perfiles profesionales muy diferentes, con necesidades también diferentes: profesionales jóvenes que comienzan su trayectoria, personas con una amplia experiencia, quienes trabajan en empresas o administraciones públicas, profesionales autónomos, docentes, personas emprendedoras y quienes han homologado sus titulaciones y están construyendo aquí una nueva etapa profesional.

Queremos conocer esas realidades para responder mejor a ellas. Por eso estamos abriendo espacios de encuentro con distintos grupos de nuestra comunidad colegial. No queremos escuchar únicamente para conocer sus inquietudes; queremos establecer prioridades, mejorar nuestros servicios y tomar decisiones.

Pero nuestra responsabilidad va más allá de la atención a las personas colegiadas. Tenemos que seguir avanzando en la defensa de la profesión y de nuestras competencias. Debemos estar presentes allí donde se toman decisiones que afectan al ejercicio profesional, manteniendo una interlocución activa con administraciones, empresas, universidades y demás instituciones de nuestro sector.

También tenemos por delante el reto de hacer nuestra profesión más visible. La Ingeniería Civil está presente en muchas de las infraestructuras que utilizamos diariamente. Sin embargo, la sociedad no siempre identifica a los profesionales que están detrás de ellas.

Tenemos que explicar mejor qué problemas resolvemos y cómo nuestro trabajo contribuye a mejorar la vida de las personas. Es necesario también para despertar nuevas vocaciones.

Y debemos mirar al futuro. La digitalización, BIM, la IA y la sostenibilidad están transformando la Ingeniería Civil. El Colegio debe acompañar esa transformación, acercando conocimiento, formación y oportunidades a los profesionales.



Todo ello requiere participación. La Junta tiene la responsabilidad de gestionar y tomar decisiones, pero necesitamos contar con el conocimiento, las propuestas y la participación de los colegiados y colegiadas.

No pretendemos cambiarlo todo de un día para otro. Queremos avanzar con objetivos claros, escuchar antes de decidir y evaluar lo que hacemos. Nuestro compromiso es trabajar para dejar un Colegio más cercano, más útil, más participativo, más visible y fuerte.

Ese es el camino que hemos iniciado. Y queremos recorrerlo construyendo equipo, sumando talento y poniendo siempre nuestra profesión al servicio de la sociedad.

Maribel Santos Pérez

Decana del CITOP Madrid

EDITA:
COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS - ZONA DE MADRID

CALLE AYALA 88-1º
28001 MADRID

TFNO: 91 574 61 00 /
MÓVIL: 620 54 29 76
madrid@citop.es

JUNTA DE GOBIERNO:

DECANA: Maribel Santos Pérez
VICEDECANO: Manuel Rojas Pérez
SECRETARIO: Rubén Álvarez de Propios
TESORERA: Paloma Torres Roldán
VOCALES: María Serrano Espada, Sara B. García Roncero, Jackelinne Sánchez Gil, Sergio Beltrán Peiró, Fernando Minaya Rodríguez, Noemí Enciso Hernández, José Alberto Gutierrez Pérez

www.citopmadrid.es

COMITÉ EDITORIAL:

MARIBEL SANTOS, MANUEL ROJAS, RUBÉN ÁLVAREZ, MARÍA SERRANO, CARMEN GUERRERO

REDACCIÓN: Carmen Guerrero Guillamón

ISSN : 1132-998X (Edición impresa)
DEPÓSITO LEGAL: M.37.783 - 1992
Periodicidad trimestral

COMIENZA UNA NUEVA ETAPA EN EL CITOP MADRID CON LA TOMA DE POSESIÓN DE LA NUEVA JUNTA DE GOBIERNO

Redacción

El acto, celebrado el 2 de julio, reunió a un numeroso grupo de personas colegiadas y marcó el inicio de un mandato basado en la cercanía, la utilidad, la participación y el compromiso con la profesión.

El 2 de julio, a las 17:00 horas, tuvo lugar en la sede del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas – Zona de Madrid el acto de toma de posesión de la nueva Junta de Gobierno, elegida tras el reciente proceso electoral.

La sesión contó con la asistencia de un numeroso grupo de personas colegiadas, que quisieron acompañar a los nuevos responsables colegiales en el inicio de una etapa que nace con un firme compromiso de servicio a la profesión y a quienes la ejercen.

Nueva Junta

La nueva Junta de Gobierno queda integrada por Maribel Santos Pérez, como Decana; Manuel Rojas, como Vicedecano; Rubén Álvarez, como Secretario; Paloma Torres, como Tesorera; y María Serrano, como Vocal.



Nueva Junta de Gobierno con los vocales Sergio Beltrán Peiró, Jose Alberto Gutiérrez Pérez, Rubén Álvarez de Propios, María Serrano Espada, Sara B. García Roncero, Maribel Santos Pérez, Paloma Torres Roldán, Jackelinne Sánchez Gil, Noemí Enciso Hernández, Fernando Minaya Rodríguez y Manuel Rojas Pérez / Fotografía: Carmen Guerrero con tratamiento de IA

Durante su intervención, la Decana, Maribel Santos, agradeció la confianza depositada por los colegiados y quiso dirigir un mensaje de unidad, participación y responsabilidad. Recordó que el proceso electoral ya forma parte del pasado y que comienza una nueva etapa en la que existe un único proyecto: el CITOP Madrid. Subrayó, además, que el verdadero patrimonio del Colegio no reside en sus instalaciones ni en sus recursos, sino en las personas colegiadas, cuya experiencia, conocimiento y vocación de servicio constituyen la mayor fortaleza de la institución.

La Decana destacó que el mandato que ahora comienza estará guiado por el propósito de construir un Colegio más cercano, más útil y



Nueva Junta de Gobierno: Rubén Álvarez de Propios (Secretario), María Serrano Espada (Vocal), Maribel Santos Pérez (Decana), Paloma Torres Roldán (Tesorera) y Manuel Rojas Pérez (Vicedecano) / Fotografía: Carmen Guerrero

fuerte, capaz de responder a la diversidad de perfiles profesionales que conviven en el CITOP Madrid y de ofrecer un servicio adaptado a las necesidades reales de cada colegiado. Un Colegio que escuche, acompañe y represente; que impulse el desarrollo profesional; que defienda el prestigio de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas y la Ingeniería Civil; y que actúe como un interlocutor sólido y reconocido ante las administraciones, las empresas y la sociedad.

Programa electoral

En línea con el programa presentado durante la campaña electoral, la nueva Junta de Gobierno trabajará para consolidar un Colegio fuerte y respetado, comprometido con la defensa de la profesión y de sus competencias; útil y práctico, con servicios que aporten un valor real a las personas colegiadas; visible e influyente, presente allí donde se debatan las cuestiones que afectan al futuro de la Ingeniería; moderno e innovador, impulsando la digitalización, la innovación y la mejora continua; y participativo y cohesionado, abierto a la implicación de todos los profesionales y cercano a sus necesidades.

Uno de los mensajes centrales del acto fue la invitación a la participación. La nueva Decana animó a todo el colectivo profesional, con independencia de su trayectoria o del sentido de su voto, a implicarse activamente en la vida colegial. “El Colegio somos todas las personas colegiadas”, señaló durante



Los miembros de la Mesa Electoral - Pablo Tardío y César Hernández- junto a la nueva Junta de Gobierno y vocales, así como colegiados y colegiadas que quisieron asistir al acto de toma de posesión / Fotografía: Carmen Guerrero

su intervención, defendiendo un modelo basado en la escucha, la colaboración y el trabajo conjunto para afrontar los retos presentes y futuros de la profesión.

Nombramiento de los Vocales

Con ese mismo espíritu, durante el acto se procedió también al nombramiento de los candidatos suplentes, que pasarán a formar parte activa del proyecto de la nueva Junta de Gobierno como vocales: Sara B. García, Jackelinne Sánchez, Sergio Beltrán, Fernando Minaya, Noemí Enciso y José Alberto Gutiérrez.

La incorporación de este equipo responde a la voluntad de crear una estructura de trabajo amplia y participativa, capaz de canalizar el talento y la experiencia de los colegiados. El objetivo es constituir grupos específicos que aborden las diferentes áreas de la actividad profesional infraestructuras, movilidad, agua, urbanismo, digitalización, BIM, accesibilidad, sostenibilidad, formación, empleo, ejercicio libre, administración pública, innovación o relaciones institucionales, entre otras y reforzar la presencia del CITOP Madrid en los principales foros técnicos e institucionales donde se decide el presente y el futuro de la profesión.

Un colegio más útil y cercano para todas las personas colegiadas

La nueva Junta de Gobierno inicia así una legislatura con la convicción de que los grandes retos solo pueden afrontarse desde el compromiso compartido. Porque un Colegio profesional solo alcanza todo su potencial cuando cuenta con la implicación de quienes le dan sentido: su comunidad profesional.

Desde hoy comienza una nueva etapa. Una etapa abierta a la participación, al diálogo y al trabajo conjunto para seguir construyendo, entre todos, el Colegio que la profesión necesita y merece.

EL MENSAJE DE LA DECANA TRAS LA TOMA DE POSESIÓN

MARIBEL SANTOS PÉREZ
Decana del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas Zona de Madrid.

Queridas compañeras y queridos compañeros:

Es un honor dirigirme al colectivo profesional por primera vez como Decana del CITOP Madrid.

Quiero comenzar dándoos las gracias. Gracias a todas las personas que habéis participado en el reciente proceso electoral. Con independencia de cuál haya sido vuestra opción, vuestra implicación demuestra que os importa el presente y el futuro de nuestro Colegio y de nuestra profesión.

Desde este momento comienza una nueva etapa. Una etapa en la que ya no existen candidaturas, sino un único proyecto: el CITOP Madrid.

Asumo esta responsabilidad con humildad, ilusión y un profundo sentido del servicio. Y lo hago con una convicción que quiero compartir con todos vosotros desde el primer día:

El Colegio no es su Junta de Gobierno. El Colegio somos todas las personas colegiadas.

Ese será el principio que inspirará nuestro mandato.

El colegio somos todas las personas colegiadas

Queremos un Colegio más cercano, más útil y más fuerte. Un Colegio que escuche, acompañe y represente a quienes ejercen nuestra profesión; que impulse el desarrollo profesional de sus colegiados y que defienda el prestigio de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas y de la Ingeniería Civil.

Pero ningún Colegio puede construirse únicamente desde una Junta de Gobierno.

Necesitamos vuestra participación. Necesitamos vuestra experiencia, vuestro conocimiento y vuestro compromiso.

Queremos contar con todos y todas: con quienes llevan muchos años participando en la vida colegial y también con quienes quizá nunca han encontrado el momento de implicarse. Este Colegio debe ser un espacio abierto, donde cada profesional pueda aportar desde su experiencia y sentirse escuchado.

Las grandes infraestructuras nunca son el resultado del trabajo de una sola persona. Son posibles gracias al esfuerzo coordinado de equipos que comparten un objetivo común.

Nuestro Colegio debe inspirarse en ese mismo principio.

Estoy convencida de que, si trabajamos con un mismo objetivo, conseguiremos construir un Colegio más útil para todas las personas, más influyente para la profesión y más valioso para la sociedad.

Ese es el compromiso de esta Junta de Gobierno.

Y espero que también sea un proyecto compartido por todos vosotros.

Recibid un cordial saludo.

LA INGENIERÍA CIVIL SE ACERCA A LAS NUEVAS GENERACIONES EN EL DÍA DE LAS PROFESIONES 2026

Redacción

CITOP Madrid participó en la décima edición de esta cita, que reunió a cerca de 5.000 visitantes en el Real Jardín Botánico Alfonso XIII. La innovación tecnológica, la accesibilidad y la orientación profesional protagonizaron una jornada dedicada a descubrir el valor de las profesiones y despertar nuevas vocaciones.

El Real Jardín Botánico Alfonso XIII de la Universidad Complutense de Madrid acogió, el pasado 30 de septiembre, la décima edición del Día de las Profesiones, organizado por la Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid (UICM). Una jornada que reunió a cerca de 5.000 estudiantes, familias y ciudadanos interesados en conocer las distintas opciones académicas y profesionales y que contó con la participación de 39 colegios profesionales y 12 universidades.

Con más de un centenar de actividades, talleres y encuentros, esta iniciativa se ha consolidado como un espacio de referencia para acercar las profesiones a la sociedad y facilitar a los jóvenes información directa sobre su futuro académico y laboral.

La Ingeniería Civil es una profesión que combina conocimiento técnico, innovación y compromiso con la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía

El Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas – Zona de Madrid (CITOP Madrid) volvió a participar con una propuesta centrada en la experimentación, la innovación tecnológica, la accesibilidad universal y la orientación profesional. El objetivo fue mostrar que la Ingeniería Civil es una profesión estrechamente vinculada a nuestra vida cotidiana, presente en el desarrollo de las ciudades, la movilidad, las infraestructuras y la mejora de la calidad de vida de las personas.

Construir para comprender: de Leonardo da Vinci a la tuneladora Mayrit

Uno de los principales atractivos del stand del CITOP Madrid fue la maqueta de la tuneladora Mayrit, cedida por la Comunidad de Madrid para la ocasión. Su presencia permitió acercar a los visitantes el funcionamiento de estas grandes máquinas, fundamentales para la ejecución de infraestructuras subterráneas, y explicar su aplicación en proyectos de gran envergadura como la ampliación de la Línea 11 de Metro de Madrid.

La maqueta despertó el interés de numerosos asistentes, que pudieron conocer cómo



Maribel Santos, Decana del CITOP Madrid, muestra la maqueta de Mayrit al Consejero de Presidencia de la Comunidad de Madrid, Miguel Ángel Martín, en su visita a nuestro stand (imagen superior) / Fotografía: Carmen Guerrero

se desarrollan los trabajos de excavación de túneles y comprender la complejidad técnica que existe detrás de las infraestructuras de transporte que utilizamos diariamente.

Junto a esta demostración, el reto del puente de Leonardo da Vinci invitó a los participantes a convertirse, por unos minutos, en constructores de estructuras. Utilizando piezas de madera, debían levantar un puente con pequeñas piezas de madera.



La actividad permitió introducir de forma sencilla conceptos fundamentales de la ingeniería estructural, como el equilibrio, la distribución de cargas y la estabilidad. Una experiencia que demostró que algunos de los principios esenciales de la construcción pueden comprenderse mejor cuando se ponen en práctica.

Construcción del Puente Da Vinci por estudiantes en nuestro stand (a la izquierda) / Fotografía: Carmen Guerrero



Mateo Pérez, Director del FabLab de la Universidad Europea, en el taller de Impresión 3D / Fotografía: Carmen Guerrero



Agustín Varela Acevedo y Ana Gargoles de Mad4BIM, junto al robot Frodo y la Decana del CITOP Madrid / Fotografía: Carmen Guerrero



Fernando Minaya, junto a las estudiantes que participaron en el AccessLab de la mañana / Fotografía: Carmen Guerrero

El espacio contó también con un photocall que permitió a estudiantes, profesionales y visitantes llevarse un recuerdo de su acercamiento a la Ingeniería Civil.

La tecnología que está transformando las infraestructuras

La transformación digital del sector tuvo un papel destacado en las actividades organizadas por CITOP Madrid.

La Universidad Europea colaboró con un taller de impresión 3D aplicada a la Ingeniería Civil, que permitió a los asistentes familiarizarse con una tecnología cada vez más presente en los procesos de diseño y prototipado.

Por su parte, la Universidad Nebrija, en colaboración con la empresa MAD4BIM, presentó al robot Frodo, protagonista de un taller de robótica que acercó a los visitantes algunas de las posibilidades que ofrece la automatización en el ámbito de la Ingeniería y la construcción.



Frodo exhibe sus habilidades ante los estudiantes en nuestro stand / Fotografía: UICM

Estas demostraciones sirvieron para poner de manifiesto la evolución que está experimentando el sector de las infraestructuras. La incorporación de herramientas digitales, metodologías BIM, sistemas robotizados e Inteligencia Artificial está modificando la manera de proyectar, construir, gestionar y mantener las obras públicas.

La colaboración de ambas universidades permitió reforzar uno de los mensajes fundamentales de la jornada: la Ingeniería Civil es una profesión con una sólida base técnica, pero también con una importante capacidad de innovación y adaptación a los retos del futuro.

AccessLAB: experimentar la accesibilidad para diseñar mejores espacios

La accesibilidad universal constituyó otro de los grandes ejes de la participación de CITOP Madrid.

Bajo la denominación AccessLAB, el Colegio desarrolló una actividad conjunta con el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Aparejadores Madrid y el Colegio Profesional de Terapeutas Ocupacionales de la Comunidad de Madrid (COPTOCAM), con la colaboración de Fundación ONCE y CEAPAT.

Durante la mañana, estudiantes de diferentes centros educativos participaron en una gymkana diseñada para acercarles a las dificultades que pueden encontrar las personas con discapacidad al desplazarse, orientarse o utilizar determinados espacios.

Por la tarde, el taller de accesibilidad "En su piel" amplió su propuesta con la participación de Afanias, que introdujo a los visitantes en el concepto de accesibilidad cognitiva.

A través del análisis del propio recinto, los participantes pudieron reflexionar sobre cómo la información, la señalización y la organización de los espacios influyen en la capacidad de las personas para comprender y desenvolverse de manera autónoma en su entorno.



David López, y dos evaluadores de Afanias, incorporaron la accesibiliad cognitiva al taller "En tu piel" que se desarrolló durante la tarde. Aparecen en la fotografía Gerardo Santiago, voluntario para esta actividad, y Sara B. García, Vocal de la Junta del CITOP Madrid / Fotografía: Carmen Guerrero



Carmen Guerrero Guillamón presentó la profesión y atendió las dudas y consultas de pequeños grupos de estudiantes en el Speed Dates de Ciencia y Tecnología / Fotografía: UICM

Orientación profesional: descubrir qué hace un ingeniero/a civil

Más allá de los talleres y las demostraciones, uno de los objetivos prioritarios de CITOP Madrid fue acercar a los estudiantes las posibilidades académicas y profesionales de la Ingeniería Civil.

Durante toda la jornada, el equipo del Colegio atendió numerosas consultas de jóvenes, familias y orientado-



Sergio Beltrán, Vocal del CITOP Madrid, orientó durante toda la mañana a los estudiantes que se acercaron al stand/ Fotografía: UICM



La Decana del CITOP Madrid estuvo durante toda la jornada, atendiendo a los estudiantes, entre otras actividades /Fotografía: UICM

res interesados en conocer el Grado en Ingeniería Civil, los itinerarios formativos y las salidas profesionales vinculadas a la Ingeniería Civil y Técnica de Obras Públicas.

CITOP Madrid participó asimismo en los Speed Dates de Tecnología, Arquitectura e Ingeniería, encuentros breves de orientación celebrados durante la mañana que permitieron a los estudiantes conversar directamente con profesionales, resolver sus dudas y conocer de primera mano la realidad del ejercicio profesional.

La Ingeniería Civil y el impacto social de las profesiones

La Decana de CITOP Madrid, Maribel Santos Pérez, participó en la mesa redonda "Profesiones con impacto social", junto a representantes del Ilustre Colegio de la Abogacía de Madrid, el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, el Colegio Oficial de Farmacéuticos de Madrid, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, el Colegio de Ingenieros Agrícolas de Centro y el Colegio de Ópticos-Optometristas. El encuentro estuvo moderado por Pablo Herrera, Vicedecano del Colegio Profesional de Fisioterapeutas de la Comunidad de Madrid.

Durante su intervención, Maribel Santos reivindicó el valor de la Ingeniería Civil como profesión al servicio de la sociedad, destacando su capacidad para resolver problemas reales, mejorar la vida de las personas y adaptarse a los cambios tecnológicos y sociales.

Animó a los jóvenes a elegir su futuro profesional pensando no solo en las oportunidades laborales, sino también en lo que pueden aportar a la sociedad. Asimismo, subrayó la importancia



La Decana del CITOP Madrid intervino en la mesa redonda “Profesiones con impacto social”/ Fotografía: UICM

de visibilizar la profesión y generar referentes que despierten nuevas vocaciones.

Asimismo, la Decana defendió el papel de los colegios profesionales como garantes de calidad, confianza y servicio a la ciudadanía, insistiendo en la necesidad de reforzar la colaboración entre disciplinas para afrontar los desafíos actuales.

Cerró su intervención con una invitación a los profesionales a participar activamente en la búsqueda de soluciones: “Les invito a estar en la mesa y no estar en el menú”.

Una inauguración marcada por el talento y la orientación

La décima edición del Día de las Profesiones contó con una destacada representación institucional, reflejo de la importancia de los colegios profesionales como entidades de referencia para la sociedad.

La inauguración estuvo presidida por el Alcalde de Madrid, José Luis Martínez-Almeida, y contó con la participación del Rector de la Universidad Complutense de Madrid, Joaquín Goyache, y del Presidente de Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid, Eugenio Ribón, junto a la Tesorera de UICM, Amelia Pérez.

Durante su intervención, José Luis Martínez-Almeida puso en valor el papel de los profesionales madrileños y la importancia del talento ante



La Decana del CITOP Madrid, junto al Alcalde de Madrid, tras el acto de inauguración del Día de las Profesiones / Fotografía: Carmen Guerrero



La visita del Consejero Presidencia de la Comunidad de Madrid dio inicio a los actos de clausura de la décima edición del Día de las Profesiones / Fotografía: Carmen Guerrero

las transformaciones tecnológicas. El Alcalde animó a los jóvenes a aprovechar la jornada para informarse y preguntar antes de tomar decisiones sobre su futuro académico y profesional.

En representación de CITOP Madrid asistió la Decana, Maribel Santos Pérez, quien tuvo ocasión de compartir un momento con el Alcalde de Madrid durante la inauguración.

La clausura reconoce la innovación, el talento y el compromiso profesional

La jornada concluyó con una nueva visita institucional, protagonizada por el Consejero de Presidencia, Justicia y Administración Local de la Comunidad de Madrid, Miguel Ángel García Martín, y la Consejera de Educación, Ciencia y Universidades, Mercedes Zarzalejo.

Ambos representantes del Gobierno regional visitaron el stand de CITOP Madrid, donde pudieron visitar la maqueta de la tuneladora Mayrit cedida por la propia Comunidad de Madrid.

Su presencia permitió poner en valor la participación de la Ingeniería Civil en esta iniciativa y la importancia de acercar a la ciudadanía las grandes infraestructuras que contribuyen al desarrollo y la transformación de la región.

La jornada concluyó con la entrega de los Premios UICM 2026, que reconocieron la trayectoria profesional, la innovación colegial, la divulgación de las profesiones y el compromiso social con distintas categorías.

El Premio Oro UICM 2026 distinguió, de manera excepcional, al médico Ignacio Domínguez Esteban y al Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, en reconocimiento a sus respectivas trayectorias profesionales y su vocación de servicio.

La ceremonia fue clausurada por la Viceconsejera de Universidades, Investigación y Ciencia de la Comunidad de Madrid, Mirina Cortés, quien destacó la utilidad de la jornada para acercar a los estudiantes la realidad de las profesiones y subrayó la importancia de orientar el talento y el conocimiento hacia el servicio a la sociedad.

Una profesión al servicio de la sociedad

La participación de CITOP Madrid en el Día de las Profesiones 2026 volvió a poner de manifiesto la importancia de divulgar la Ingeniería Civil desde una perspectiva cercana, participativa y conectada con la vida cotidiana.

Y para ello fue imprescindible contar con la colaboración de un buen número de colegiados y colegiadas voluntarios, como Sergio Beltrán, Fernando Minaya, Jackelinne Sánchez, Gerardo Santiago, Sara B. García Roncero, Jose Alberto Gutiérrez; la Junta de Gobierno al completo: Maribel Santos, Manuel Rojas, Rubén Álvarez, Paloma Torres y María Serrano; además de todas las instituciones men-



El Photocall del stand fue muy fotografiado por los jovenes y niños que llo visitaron / Fotografía: Carmen Guerrero



También fue visitado por representantes institucionales, como José Antonio Galdón, Presidente de INGITE / COGITI / Fotografía: Carmen Guerrero



Mateo Pérez, Manuel Rojas, Maribel Santos y Fernando Minaya / Fotografía: Carmen Guerrero



María Serrano, Paloma Torres, Rubén Álvarez, Sara García, Maribel Santos, J.Alberto Gutierrez y Jackeline Sánchez / Fotografía: Carmen Guerrero



Fernando Minaya, Carmen Guerrero, Jose Alberto Gutiérrez y Sergio Beltrán atendieron a los visitantes del stand / Fotografía: CITOP Madrid



Jose Cabello, de CIRTEC, visitó el stand. En la imagen, junto a las muestras de pavimentos reciclados cedidos para la jornada / Fotografía: Fernando Minaya

cionada que han contribuido a las actividades y talleres llevados a cabo.

Construir un puente, descubrir el funcionamiento de una tuneladora, conocer las posibilidades de la robótica o experimentar las barreras de accesibilidad son actividades aparentemente diferentes, pero todas comparten un mismo hilo conductor: mostrar cómo la ingeniería contribuye a resolver problemas reales y a mejorar la vida de las personas y el entorno en el que vivimos.

Para CITOP Madrid, participar en iniciativas como esta forma parte de su compromiso con la promoción de la profesión, el fomento de las vocaciones técnicas y la orientación de las futuras generaciones de ingenieros e ingenieras Civiles.

REUNIÓN CON EL AYUNTAMIENTO DE MADRID

RUBÉN ÁLVAREZ DE PROPIOS. Ingeniero Civil y Secretario del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

El Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas de Madrid, en el ejercicio de sus funciones de representación y defensa de la profesión, solicitó una reunión con la Dirección General de Planificación de Recursos Humanos del Ayuntamiento de Madrid con el objetivo de trasladar directamente las consideraciones expuestas, conocer la valoración de la Administración sobre el desarrollo del proceso selectivo y analizar posibles líneas de mejora que contribuyan a reforzar los principios de proporcionalidad, transparencia y eficacia en futuras convocatorias. Acudieron en representación del CITOP Madrid la Decana, Maribel Santos, y el Secretario, Rubén Álvarez.

La reunión tuvo lugar en la sede municipal de la calle Raimundo Fernández Villaverde, n.º 32. Por parte del Ayuntamiento asistieron Patricia Orden Quinto, Subdirectora General de Transformación de la Gestión e Inspección de Servicios, y Luis González Solana, Subdirector general de Selección. En representación del CITOP Madrid participaron Maribel Santos Pérez, Decana del Colegio, y Rubén Álvarez de Propios, Secretario de la institución.

Durante el encuentro, los representantes de la Junta de Gobierno expusieron las principales cuestiones y reclamaciones sobre el proceso selectivo se detallan a continuación.

Asimismo, se puso de manifiesto el importante esfuerzo personal, profesional y económico que este tipo de procesos supone tanto para los aspirantes como para la propia Administración, señalando que los resultados obtenidos en la convocatoria de 2022 se alejaron de las expectativas inicialmente previstas.

Los supuestos prácticos propuestos presentaban una extensión y complejidad muy elevadas en relación con el tiempo disponible

Se indicó igualmente que el hecho de que un número significativo de plazas quedara sin cubrir, unido a la percepción de un posible desajuste entre el nivel de exigencia de las pruebas y los resultados obtenidos, podría generar efectos indeseados. Entre ellos destacan una eventual desincentivación de la participación en futuras convocatorias y las dificultades asociadas a la adecuada cobertura de las necesidades de personal técnico en los servicios municipales.

Del mismo modo, se trasladó que, desde una perspectiva institucional, el Colegio considera que estas circunstancias, con independencia de las valoraciones técnicas que correspondan al órgano



Rubén Álvarez De Propios, Luis González Solana, Patricia Orden Quinto y Maribel Santos Pérez en los momentos previos al encuentro entre CITOP Madrid y Ayuntamiento de Madrid/Fotografía: Ayuntamiento de Madrid

de selección, merecen una reflexión conjunta, en la medida en que pueden afectar tanto a la confianza de los aspirantes en los procesos selectivos como a la percepción de equidad y a la eficacia en la incorporación de profesionales al servicio público.

Asimismo, los representantes de la Junta de Gobierno trasladaron la necesidad existente de incorporar Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles a los distintos departamentos municipales. Esta demanda responde, en gran medida, al elevado número de jubilaciones que se está produciendo y que continuará previsiblemente en los próximos años, lo que hace necesario planificar adecuadamente el relevo generacional para garantizar la transmisión del conocimiento técnico acumulado y

Un número significativo de plazas quedó sin cubrir, unido a la percepción de un posible desajuste entre exigencia y resultados

mantener los niveles de calidad en la prestación de los servicios públicos. Según se expuso durante la reunión, algunos departamentos ya están recurriendo a ingenieros de otras especialidades para desempeñar funciones que tradicionalmente han sido desarrolladas por profesionales de nuestra rama.

Por su parte, los responsables de Recursos Humanos del Ayuntamiento manifestaron su preocupación por los resultados obtenidos, reconociendo que estos no eran los deseados. No obstante, recordaron que el Tri-

bunal Calificador constituye un órgano colegiado independiente en el ejercicio de sus funciones y soberano en la adopción de sus decisiones, sin sujeción a jerarquía administrativa.

A la vista de los datos comparativos que se presentan a continuación respecto a convocatorias anteriores, los representantes municipales consideraron que los resultados observados evidenciaban una situación singular que merecía ser analizada. Asimismo, señalaron como aspecto positivo que la ratio entre aspirantes iniciales y candidatos finalmente aprobados resultó ser la más favorable de las tres convocatorias analizadas, situándose en un aprobado por cada 20,79 aspirantes iniciales.

Finalmente, los responsables municipales señalaron que una de las líneas estratégicas impulsadas a través de Madrid Talento es la atracción y retención de los mejores profesionales para el servicio público municipal, por lo que procesos selectivos con resultados como los analizados constituyen un aspecto que merece especial atención.

La reunión concluyó con la voluntad compartida de mantener una colaboración fluida entre el Ayuntamiento de Madrid y el CITOP Madrid, favoreciendo el intercambio de iniciativas, propuestas y necesidades del colectivo profesional con el objetivo de contribuir a la mejora continua de los procesos de selección y al fortalecimiento de la función pública municipal.

Antecedentes y datos

En el último proceso selectivo para Ingeniero/a Técnico/a de Obras Públicas del Ayuntamiento de Madrid (turno libre 2022), en el que se ofertaban 35 plazas, se presentaron 291 aspirantes. Se trataba de una excelente oportunidad, ya que, de las tres últimas convocatorias, esta era la que presentaba la menor ratio de aspirantes por plaza y, en teoría, las mayores probabilidades de éxito para los candidatos.

Año	Aspirantes iniciales	Aspirantes por plaza
2016	240	40,00
2020	387	22,76
2022	291	8,31

Gráfica 1. Aspirantes por plaza /Elaboración propia

El proceso constaba de tres pruebas:

1. Primer ejercicio: Test de 100 preguntas.

2. Segundo ejercicio: Dos temas a desarrollar.

3. Tercer ejercicio: Dos supuestos prácticos.

Tabla 0: comparativa de indicadores generales de los procesos selectivos/Elaboración propia

Año	Aspirantes iniciales	Plazas ofertadas	Plazas cubiertas	Ratios aspirantes/plazas	Ratios aspirantes/aprobados
2016	240	6	6	40,00	40
2020	387	17	17	22,76	22,76
2022	291	35	14	8,31	20,79

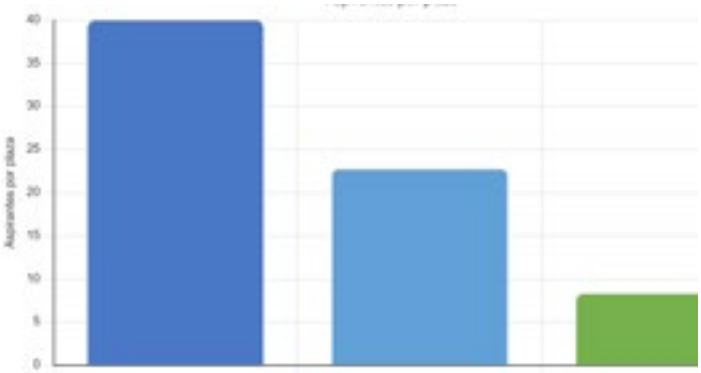
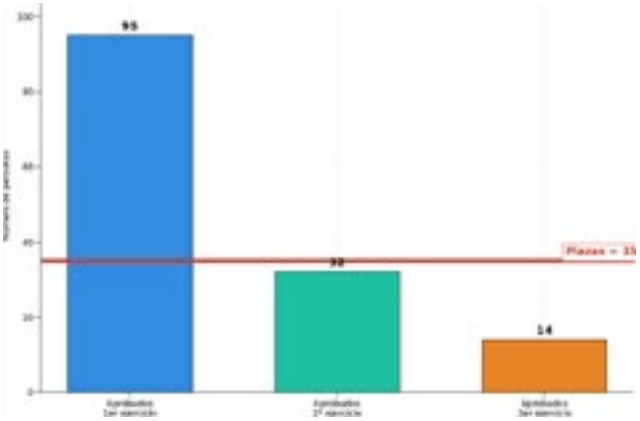
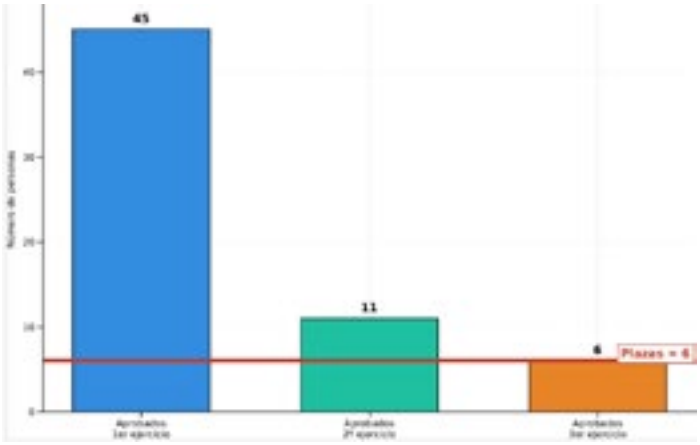


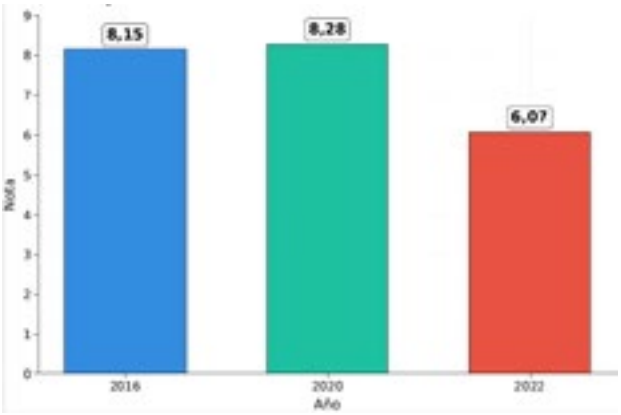
Tabla 1. Aspirantes iniciales y ratio por plaza /Elaboración propia propia



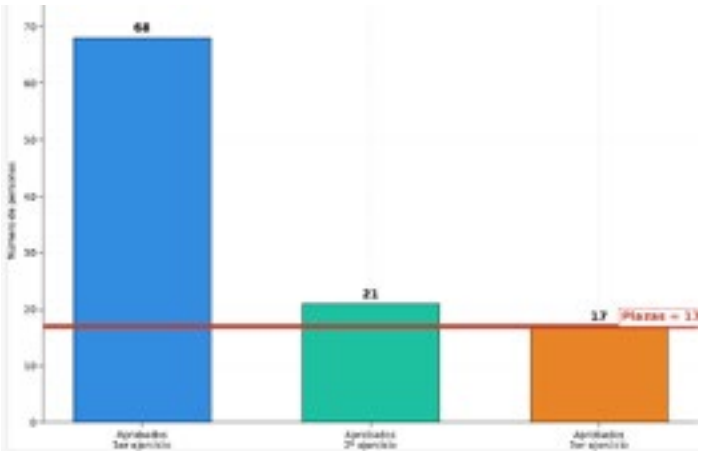
Gráfica 4. Convocatoria 2022. Aprobados por ejercicio y plazas/Elaboración propia



Gráfica 2. Convocatoria 2016. Aprobados por ejercicio y plazas/Elaboración propia



Gráfica 5. Comparativa de Notas Más Altas – 3er examen /Elaboración propia



Gráfica 3. Convocatoria 2020. Aprobados por ejercicio y plazas/ Elaboración propia

En los dos procesos selectivos previos el número de aspirantes que superaron cada uno de los ejercicios fueron los siguientes:

Como puede observarse en la gráfica correspondiente al último proceso selectivo, ya en el segundo ejercicio superaron la prueba menos aspirantes que plazas ofertadas. Además, en el tercer y último ejercicio no lograron superarlo más de la mitad de los candidatos que se presentaron, concretamente 18 aspirantes.

La principal reclamación planteada por nuestros colegiados en relación con este tercer ejercicio se centró en que los supuestos prácticos propuestos presentaban una extensión y complejidad muy elevadas en relación con el tiempo disponible para su resolución (cuatro horas), lo que dificultaba seriamente su desarrollo completo.

Según manifestaron, esta desproporción entre el alcance de los ejercicios y el tiempo concedido impedía elaborar respuestas con el grado de análisis, fundamentación técnica y aplicación de conocimientos generales y específicos que requería la adecuada resolución de los supuestos planteados.

En relación a las notas más altas del tercer ejercicio en cada uno de los procesos se observa con claridad en la Gráfica 5.

Asimismo, se observa una diferencia superior a 2,00 puntos entre las calificaciones máximas obtenidas en las distintas convocatorias, circunstancia que, por sí sola, constituye un indicador relevante. Este hecho resulta aún más significativo si se tiene en cuenta que al tercer ejercicio accedieron 11 aspirantes en el proceso de 2016, 21 en el de 2020 y 32 en el de 2022. A pesar del notable incremento del número de candidatos que alcanzaron esta última fase, ninguno obtuvo una calificación similar a las máximas registradas en las convocatorias anteriores.

Un análisis adicional muestra que en las convocatorias de 2016 y 2020 se cubrió la totalidad de las plazas ofertadas, mientras que en la convocatoria de 2022 únicamente se cubrió el 40 % de las mismas, tal como refleja la Tabla 2.

Del mismo modo, el porcentaje de aspirantes que superaron el tercer ejercicio respecto del total de candidatos que accedieron a esta fase fue también inferior en la convocatoria de 2022 que,

Año	Plazas ofertadas	Aprobados 3er ejercicio	% de plazas cubiertas
2016	6	6	100,00 %
2020	17	17	100,00 %
2022	35	14	40,00 %

Tabla 2. Plazas ofertadas y porcentaje de cobertura / Elaboración propia

en los procesos anteriores, como se recoge en la Tabla 3.

Año	Aspirantes al tercer ejercicio	Aprobados 3er ejercicio	% de aprobados
2016	11	6	54,55 %
2020	21	17	80,95 %
2022	32	14	43,75 %

Tabla 3. Tasa de aprobación en el tercer ejercicio/ Elaboración propia

En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto una singularidad en el comportamiento de la convocatoria de 2022 respecto de las precedentes y aportan elementos objetivos que respaldan la reclamación formulada por nuestros colegiados en relación con las condiciones de desarrollo y evaluación del tercer ejercicio.

Principales Fuentes utilizadas:

Convocatoria 2022
Convocatoria 2020
Convocatoria 2016

VISITA A LA UNIVERSIDAD EUROPEA

RUBÉN ÁLVAREZ DE PROPIOS. Ingeniero Civil y Secretario del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

La Universidad Europea y el CITOP Madrid preparan la actualización del convenio que mantienen desde 2007. La visita realizada el pasado 4 de septiembre al campus de Villaviciosa de Odón permitió conocer las instalaciones de su Escuela STEAM y explorar nuevas iniciativas dirigidas tanto al alumnado como a los profesionales de la Ingeniería Civil.

La formación universitaria y el ejercicio profesional forman parte de un mismo recorrido, aunque no siempre avanzan con la proximidad necesaria. Acortar esa distancia, facilitar que los estudiantes conozcan la realidad de la profesión antes de terminar sus estudios y mantener actualizados los conocimientos de quienes ya ejercen son algunos de los objetivos que comparten el CITOP Madrid y la Universidad Europea.

Con este propósito, la Decana del Colegio, Maribel Santos, y el Secretario, Rubén Álvarez, visitaron la Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación – STEAM de la Universidad Europea, ubicada en el campus de Villaviciosa de Odón.

Por parte de la Universidad participaron en el encuentro Alberto Sols, Decano de la Escuela; Adolfo Jordán, Subdirector de la Vertical de Arquitectura y Civil, y Silvia Herrero, Directora del Departamento de Arquitectura y Civil.

Universidad Europea y CITOP Madrid buscan tender puentes entre el mundo académico y profesional

La jornada sirvió para revisar la colaboración mantenida por ambas instituciones y, sobre todo, para plantear cómo adaptarla a las necesidades actuales de estudiantes y profesionales. El convenio vigente se remonta a 2007, una fecha suficientemente lejana como para entender cuánto han cambiado desde entonces la enseñanza universitaria, las herramientas de trabajo y el propio ejercicio de la Ingeniería Civil.

Aprender Ingeniería sobre proyectos

Durante la visita, los representantes del CITOP Madrid pudieron conocer el modelo de aprendizaje de la Escuela STEAM. Su metodología se apoya en el denominado **Project Based Learning,** un sistema con los proyectos en el centro del proceso formativo.

El alumnado trabaja sobre casos vinculados a situaciones y necesidades reales, en ocasiones en colaboración con empresas, y comparte tareas con estudiantes y docentes de distintas áreas de conocimiento. Este planteamiento permite incorporar a la formación no solo contenidos técnicos, sino también competencias que resultan esenciales en la actividad profesional: trabajo en equipo, planificación, toma de decisiones, comunicación y capacidad para integrar diferentes disciplinas.



Adolfo Jordán, Maribel Santos, Alberto Sols, Rubén Álvarez y Silvia Herrero en el FabLab de la Universidad Europea / Fotografía: U. Europea

En Ingeniería Civil, donde los proyectos reúnen factores técnicos, económicos, territoriales, ambientales y sociales, esa mirada transversal tiene una importancia especial. Las infraestructuras ya no pueden entenderse únicamente desde la resolución de cálculos o el dominio de una determinada tecnología. Su diseño, construcción, conservación y gestión requieren profesionales capaces de coordinar especialidades, dialogar con otros agentes y comprender las consecuencias de cada decisión.

Laboratorios para experimentar y comprobar

La visita incluyó un recorrido por varios de los laboratorios situados en el Edificio C, principal espacio de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación.

Entre ellos se encuentran el Laboratorio de Fabricación Digital – FabLab, el Laboratorio de Industria 4.0, el Laboratorio de Física y el Túnel de Viento. Estos espacios permiten que el alumnado pueda trasladar los conocimientos teóricos a ensayos, prototipos y experiencias prácticas con equipos y dispositivos actuales.

Project Based Learning es un sistema de aprendizaje con los proyectos en el centro del proceso formativo

El FabLab acerca a los estudiantes a los procesos de diseño y fabricación digital. El Laboratorio de Industria 4.0 permite trabajar con tecnologías relacionadas con la automatización, la digitalización y los nuevos sistemas productivos. Por su parte, el Laboratorio de Física y el Túnel de Viento facilitan la observación y medición de fenómenos que intervienen directamente en numerosos ámbitos de la ingeniería.

Más allá del equipamiento, el valor de estas instalaciones reside en la posibilidad de experimentar. Verificar una hipótesis, analizar el comportamiento de un modelo o comprobar los efectos de determinadas condiciones ayuda a entender que la ingeniería no consiste solo en aplicar fórmulas, sino también en observar, contrastar y tomar decisiones a partir de resultados.



Adolfo Jordán, Maribel Santos, Alberto Sols, Rubén Álvarez y Silvia Herrero junto a las maquetas impresas en 3D expuestas en la Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación de la Universidad Europea / Fotografía: U. Europea

Una colaboración que se traduzca en oportunidades

El encuentro permitió avanzar en la actualización del convenio suscrito por el CITOP Madrid y la Universidad Europea en 2007. La intención de ambas entidades es abrir una nueva etapa de colaboración más ajustada al contexto actual.

Entre las posibilidades planteadas se encuentran la organización conjunta de eventos y talleres, la participación en concursos —como los relacionados con el diseño y construcción de puentes— y el acceso de las personas colegiadas a acciones formativas en condiciones ventajosas.

La colaboración también puede ayudar a que los estudiantes conozcan mejor las distintas salidas profesionales de la Ingeniería Civil, las funciones del Colegio y las ventajas de incorporarse a una organización profesional desde las primeras etapas de su trayectoria.

Para el CITOP Madrid, mantener una relación estable con las universidades constituye una vía directa para representar y fortalecer la profesión. Permite escuchar a quienes están formando a las nuevas generaciones, explicar qué competencias demanda el ejercicio profesional y poner la experiencia de las personas colegiadas al servicio de la formación.

La visita a la Universidad Europea no se planteó como un encuentro aislado. Al contrario, el reto de concretar las ideas compartidas y convertir la renovación del convenio en actividades útiles para estudiantes, docentes y profesionales comienza ahora.

EL CITOP PARTICIPA EN LOS XIV STEAM SCHOOL AWARDS DE LA UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

JACKELINNE GIL SÁNCHEZ. Ingeniera Civil y Vocal de la Junta de Gobierno del CITOP Madrid

El 30 de septiembre se celebró en el campus de Villaviciosa de Odón la XIV edición de los STEAM School Awards de la Universidad Europea, una iniciativa de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación que reconoce anualmente los proyectos más destacados desarrollados por sus estudiantes.



Escuela de Arquitectura, Ingneiería, Ciencia y Computación de la Universidad Europea en Villaviciosa de Odón/ Fotografía: Jackelinne Sánchez

El 30 de septiembre se celebró en el campus de Villaviciosa de Odón la XIV edición de los STEAM School Awards de la Universidad Europea, una iniciativa de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería, Ciencia y Computación que reconoce anualmente los proyectos más destacados desarrollados por sus estudiantes.

La jornada situó nuevamente el valor del aprendizaje basado en proyectos, una metodología que permite a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos, trabajar de manera interdisciplinar, afrontar problemas y desarrollar soluciones concretas desde los primeros cursos.

En esta edición, participaron profesionales de varias empresas en la valoración de los proyectos finalistas, reforzando uno de los objetivos fundamentales de estos premios: acercar el entorno académico a la realidad profesional.

En representación del CITOP, participó Jackelinne Sánchez Gil, Vocal de Zona Madrid del CITOP, quien además mantiene un vínculo especial con la institución como antigua alumna de la Universidad Europea.

Durante la ceremonia tuvo la oportunidad de entregar el Premio Ada Lovelace, destinado al mejor proyecto de primer curso, que recayó en NovaMusic, desarrollado por estudiantes del Grado en Inteligencia Artificial.



Jackelinne Sánchez entrega el Primer Premio Ada Lovelance de la XIV edición de STEAM School Awards / Fotografía: Universidad Europea

La participación del CITOP en este tipo de iniciativas representa una oportunidad para acercar la profesión a los futuros profesionales, mostrarles las posibilidades de desarrollo de la Ingeniería y reforzar la conexión entre el conocimiento académico y los retos que plantea el ejercicio profesional.

Para Jackelinne Sánchez, estos encuentros son también una oportunidad para transmitir a las nuevas generaciones que la Ingeniería va más allá de los conocimientos técnicos:

En este contexto, la colegiación adquiere también un papel relevante. Formar parte de un Colegio profesional permite a los profesionales integrarse en una comunidad que contribuye a la defensa y desarrollo de la profesión, a su representación y a la generación de espacios de conocimiento, encuentro y participación.

“La Ingeniería consiste en transformar el conocimiento en soluciones, trabajar en equipo, innovar y generar un impacto positivo en la sociedad.

Por eso es tan importante que la universidad y el mundo profesional estén conectados desde las primeras etapas de la formación.”



Alumnos, profesores y representantes de empresas e instituciones se dieron cita en esta entrega de premios / Fotografía: Universidad Europea

La invitación, especialmente dirigida a estudiantes y jóvenes profesionales, es por tanto a no limitarse a formar parte del colectivo profesional, sino a participar activamente en él. Colegiarse significa también tener la oportunidad de contribuir a construir la profesión que queremos para las próximas generaciones.

Los STEAM School Awards son un buen ejemplo de esta filosofía: el talento nace en las aulas, pero encuentra su verdadero potencial cuando conecta con la profesión y con las necesidades de la sociedad.

La colegiación permite integrarse en una comunidad que contribuye a la defensa y desarrollo de la profesión, a su representación y la generación de espacios de conocimiento, encuentro y participación.



Jackelinne Sánchez en la entrega de premios / Fotografía: Universidad Europea

COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS
ZONA DE MADRID

TU FUTURO EN LA INGENIERÍA CIVIL EMPIEZA HOY.

Conoce el CITOP Madrid desde tu etapa de formación.

La Ingeniería Civil se aprende en las aulas, pero también se construye compartiendo conocimiento, conociendo la profesión y conectando con quienes ya la ejercen.

Acércate al Colegio, descubre sus actividades y consulta las opciones de precolegiación disponibles para estudiantes.

¿ESTUDIAS INGENIERÍA CIVIL?

Infórmate sobre la precolegiación y da el primer paso para conectar con tu profesión.



www.citopmadrid.es

CITOP MADRID, PRESENTE EN EL ACTO DE APERTURA DEL CURSO ACADÉMICO 2026-2027 DE LA UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

Redacción

Rubén Álvarez de Propios, Secretario del CITOP Madrid, asistió al Solemne Acto Académico celebrado en el Rectorado de la URJC, en Móstoles, con el que la Universidad dio comienzo a un curso especialmente significativo, marcado por la celebración de su XXX aniversario.

El pasado 30 de septiembre, Rubén Álvarez de Propios, Secretario del CITOP Madrid, tuvo la oportunidad de asistir al Solemne Acto Académico de Apertura del Curso 2026-2027 de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC), celebrado en el Salón de Actos del Edificio de Rectorado de Móstoles y presidido por su Rector, Abraham Duarte.

El encuentro reunió a representantes institucionales, académicos y de la comunidad universitaria para inaugurar oficialmente un nuevo curso en el que la URJC celebra, además, el XXX aniversario de su creación.

Durante el acto, la Secretaria General de la Universidad, Marta Albert, presentó la memoria de actividades del curso 2025-2026 e hizo un repaso de los principales hitos de la institución. Entre ellos destacó que la URJC ha vuelto a situarse entre las 1.000 mejores universidades del mundo según el Ranking de Shanghái, así como la aprobación de los nuevos Estatutos que regirán la vida universitaria.

El Rector, Abraham Duarte, aprovechó también su intervención para anunciar dos nuevas iniciativas de la Universidad. Por un lado, la URJC será el socio académico e investigador de la Comunidad de Madrid en BIOSUR, un programa de investigación biomédica que conectará la actividad investigadora universitaria con los hospitales del sur de Madrid y que está previsto que comience a funcionar en 2027. Por otro,



Manuel Camacho, Presidente del CITOP, y Rubén Álvarez, Secretario de Madrid /Fotografía: Mª Gallego

anunció la futura puesta en marcha de una Fundación de la Universidad, concebida para reforzar la capacidad de actuación de la institución sobre su entorno y contribuir a su desarrollo.

Uno de los momentos más destacados de la jornada fue la lección inaugural, impartida por la profesora Delia María Manzanero Fernández, Catedrática del área de Filosofía, bajo el título "Europa en la Encrucijada. La Misión Ética de la Universidad". Su intervención planteó una reflexión sobre el papel de la universidad ante los retos actuales de la sociedad y sobre su responsabilidad no solo en la formación de profesionales, sino también en la construcción de una ciudadanía capaz de comprender y afrontar las transformaciones de nuestro tiempo.

Asimismo, tuvo lugar la toma de posesión de los nuevos profesores titulares y catedráticos incorporados a la Universidad durante el último curso, junto con la presentación del vídeo conmemorativo del XXX aniversario de la institución.

La presencia de CITOP Madrid en este encuentro se enmarca en la relación del Colegio con el ámbito académico y en su compromiso con la formación y el futuro de la profesión. La colaboración y el contacto permanente con las universidades constituyen, además, una de las funciones del Colegio, tanto para contribuir al desarrollo de la enseñanza de la Ingeniería como para facilitar el acercamiento de los nuevos titulados a la vida profesional.



El Secretario del CITOP Madrid junto al Rector de la URJC / Fotografía: Mª Gallego



El Salón de Actos de la URJC durante el acto/ Fotografía: Rubén Álvarez

La apertura del nuevo curso de la Universidad Rey Juan Carlos constituye así una nueva oportunidad para estrechar los vínculos entre universidad, profesión y sociedad, favoreciendo la formación de las nuevas generaciones y su conexión con la realidad profesional de la Ingeniería Civil y las Obras Públicas.

CONSTRUYENDO UN COLEGIO MÁS CERCANO Y REPRESENTATIVO

Redacción

El CITOP Madrid reúne a profesionales que han homologado sus títulos en España para conocer sus trayectorias, escuchar sus necesidades y recoger propuestas que permitan mejorar la actividad colegial.

El sábado 12 de septiembre, la sede del CITOP Madrid acogió un encuentro con profesionales que han homologado en España sus titulaciones de Ingeniería Civil.

La reunión, en la que participaron cerca de una veintena de profesionales, se enmarca en la iniciativa "Construyendo el CITOP Madrid", impulsada por la nueva Junta de Gobierno para acercar el Colegio a sus integrantes, conocer mejor sus diferentes realidades y favorecer una participación más activa en la vida colegial.

No se trata de un colectivo minoritario dentro de la organización. Las personas que han homologado sus títulos en nuestro país representan aproximadamente el 10 % del censo del CITOP Madrid. Sus experiencias, necesidades y expectativas forman parte, por tanto, de la realidad actual del Colegio y constituyen una perspectiva imprescindible para avanzar hacia una institución más diversa, útil y representativa.

Por parte del CITOP Madrid participaron la Decana, Maribel Santos; el Vicedecano, Manuel Rojas; y los Vocales de la Junta de Gobierno Jackelinne Sánchez y José Alberto Gutiérrez.

Se abordaron temas como la formación, las oportunidades laborales, la creación de redes profesionales, la defensa de la profesión y el respaldo de una organización colegial

Bienvenida de la Decana

Maribel Santos dio la bienvenida a los asistentes y explicó el propósito del encuentro: abrir un espacio de diálogo directo en el que quienes participaron pudieran presentarse, compartir sus experiencias y trasladar sus propuestas a la Junta de Gobierno.

La Decana destacó la voluntad del actual equipo de acercarse a los distintos perfiles que integran el CITOP Madrid y de conocer de primera mano qué esperan del Colegio y cómo puede éste acompañarlos mejor en las diferentes etapas de su trayectoria profesional.

El apoyo del colegio profesional

A continuación, Manuel Rojas presentó el CITOP Ma-



Por parte del CITOP Madrid participaron la Decana, Maribel Santos; el Vicedecano, Manuel Rojas; y los Vocales de la Junta de Gobierno Jackelinne Sánchez y José Alberto Gutiérrez. / Fotografía: CITOP Madrid

drid, sus principales funciones y los servicios que ofrece a los profesionales.

Durante su intervención abordó cuestiones como el asesoramiento, la formación, las oportunidades laborales, la creación de redes profesionales, la defensa de la profesión y el respaldo que proporciona la pertenencia a una organización colegial.

También expuso la obligatoriedad de la colegiación para el ejercicio de la profesión regulada y su importancia como garantía tanto para los propios profesionales como para la sociedad.

La riqueza de la diversidad

La diversidad de perfiles fue uno de los principales valores de la reunión.

Se dieron cita profesionales con orígenes, especialidades y recorridos muy diferentes: desde personas recién tituladas y en las primeras etapas de su carrera hasta colegiados jubilados que han desarrollado la mayor parte de su vida profesional en España. También estuvieron representadas distintas áreas de la Ingeniería Civil, lo que permitió reunir en una misma conversación experiencias procedentes de ámbitos y generaciones muy diversos.

Cada participante tuvo la oportunidad de presentarse y explicar brevemente su trayectoria. A partir de estas intervenciones fueron surgiendo experiencias relacionadas con la homologación de los títulos, la incorporación al mercado laboral español, el reconocimiento profesional, la adaptación a nuevos entornos de trabajo y la evolución de sus carreras en nuestro país.

El encuentro permitió comprobar que no existe una única experiencia vinculada

a la homologación. Las circunstancias de una persona que acaba de incorporarse al mercado laboral son muy diferentes de las de quien lleva décadas trabajando en España. Sin embargo, todas las intervenciones coincidieron en la importancia de disponer de espacios donde compartir información, establecer contactos y sentirse parte activa de la profesión.

La conversación también propició un valioso intercambio entre los propios asistentes. Además de trasladar sus inquietudes a la Junta de Gobierno, los participantes pudieron conocerse, identificar intereses comunes y establecer nuevos contactos profesionales.

Este componente de networking fue especialmente enriquecedor, al conectar perfiles con distintas especialidades, niveles de experiencia y perspectivas sobre el ejercicio de la Ingeniería Civil.

Construyendo el CITOP Madrid nace para generar espacios de encuentro, incorporar su experiencia, conocimiento y propuestas para el futuro de la organización

La experiencia inversa

Por su parte, José Alberto Gutiérrez aportó al diálogo una experiencia en sentido inverso. El Vocal de la Junta de Gobierno relató algunos aspectos de su trayectoria profesional fuera de España, desarrollada en países de África y también en México, Alemania y Francia.

Su intervención permitió incorporar la mirada de quien ha tenido que adaptarse a diferentes contextos culturales, normativos y laborales, y puso de manifiesto que la movilidad internacional exige capacidad de aprendizaje, flexibilidad y voluntad de integración, con independencia del país de origen o destino.

A lo largo de la mañana se produjo un intercambio abierto de opiniones y se recogieron numerosas sugerencias para mejorar el funcionamiento del Colegio, sus



Vista general de la reunión / Fotografía: CITOP Madrid

servicios, su comunicación y actividades. Las aportaciones recibidas serán de utilidad para identificar posibles líneas de trabajo y ofrecer respuestas más ajustadas a la realidad de los distintos grupos profesionales del CITOP Madrid.

Por su parte, Jackelinne Sánchez compartió algunos aspectos de su trayectoria académica y profesional, así como de su experiencia en Venezuela y España en el ámbito de la gestión de proyectos, la coordinación multidisciplinar y la metodología BIM.

También destacó su experiencia en proyectos vinculados a la Unión Europea, su trabajo en sostenibilidad y certificaciones internacionales, como parte de un recorrido orientado a la gestión, la innovación y la mejora continua.

Durante su intervención puso en valor la importancia de la adaptación, la formación continua y, especialmente, la persistencia como elementos fundamentales para afrontar los retos y construir una trayectoria profesional sólida.

Asimismo, trasladó un mensaje de motivación a los asistentes, animándolos a continuar avanzando en sus objetivos profesionales y a



Maribel Santos y José Alberto Gutiérrez en un momento de la reunión / Fotografía: CITOP Madrid

aprovechar las oportunidades de encuentro, colaboración y networking que ofrece el Colegio.

Les dio la bienvenida al CITOP Madrid y manifestó su disposición, como Vocal de la Junta de Gobierno, a escucharlos y acompañarlos en aquello que pudieran necesitar, destacando la importancia de construir entre todos un Colegio cercano y participativo.

La adaptación, la formación continua y especialmente la persistencia son elementos fundamentales para afrontar los retos y construir una carrera sólida, según Jackelinne Sánchez

"Construyendo el CITOP Madrid" nace precisamente con la finalidad de generar espacios de encuentro con diferentes grupos de colegiados para incorporar su experiencia, conocimiento y propuestas al futuro de la organización.

Conectar orígenes, generaciones, especialidades y formas de ejercer la profesión permiten construir una organización más participativa y cohesionada.

Este primer encuentro, especialmente fructífero, ha supuesto un paso importante en esa dirección y ha contribuido a convertir en acciones concretas el compromiso de la Junta de Gobierno: hacer del CITOP Madrid un Colegio cada vez más útil, abierto y cercano.

ENCUENTRO CON VITALICIOS: EXPERIENCIA, COMPROMISO Y VISIÓN DE FUTURO PARA LA PROFESIÓN

Redacción

El pasado 3 de octubre, la sede del CITOP Madrid acogió un encuentro de trabajo con un grupo de colegiados vitalicios, una iniciativa impulsada por la Junta de Gobierno con el objetivo de reforzar la escucha activa, recoger propuestas y aprovechar la valiosa experiencia acumulada por quienes han dedicado toda una vida profesional al desarrollo de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas y al fortalecimiento de la institución colegial.

La reunión contó con la asistencia de los colegiados vitalicios Felipe Ruiz Nogales, Jesús Martínez Alegre, José Manuel Gil Martín, Antonio Navas Montes, Juan Antonio Martínez Barcala, Jesús Sáiz García-Cuenca, Luis Sanz del Amo, Ricardo Campos Hernando, Ernesto Domínguez Álvarez, José Sánchez Salinero y José Luis Orgaz, participando igualmente de forma telemática Valentín de Torres-Solanot del Pino. Por parte de la Junta de Gobierno estuvieron presentes la Decana, Maribel Santos, el Vicedecano, Manuel Rojas, y el Vocal, José Alberto Gutiérrez.

La sesión fue inaugurada por la Decana, quien agradeció la asistencia de los compañeros y destacó la importancia de estos encuentros como espacio de diálogo y reflexión, subrayando que el Colegio debe afrontar importantes retos en un contexto profesional y colegial en constante transformación.

Vitalicios, un activo esencial para el colegio

En este sentido, **puso en v**alor la trayectoria, el conocimiento y la experiencia de los colegiados vitalicios, considerándolos un activo fundamental para contribuir a definir la hoja de ruta de la institución y fortalecer el papel de la profesión en los próximos años.

A lo largo de la reunión se puso de manifiesto una preocupación compartida por el presente y el futuro de la Ingeniería Civil, así como por la necesidad de seguir reforzando el prestigio y la visibilidad de la profesión.

Los participantes coincidieron en señalar la importancia de mantener una interlocución constante con las distintas administraciones públicas y organismos estratégicos, impulsando la presencia de los Ingenieros Técnicos de Obras Públicas en ámbitos como la movilidad, el transporte, el urbanismo, la gestión del agua y las infraestructuras.

También se abordó la conveniencia de reforzar la presencia institucional del Colegio, intensificando la re-



Por parte del CITOP Madrid participaron la Decana, Maribel Santos; el Vicedecano, Manuel Rojas; y el Vocal de la Junta de Gobierno, José Alberto Gutiérrez. / Fotografía: CITOP Madrid

lación con administraciones, empresas públicas, universidades y otros agentes relevantes del sector. En este sentido, los asistentes trasladaron distintas propuestas encaminadas a mejorar la representación de la profesión y a recuperar espacios de influencia en aquellos ámbitos donde históricamente los Ingenieros Técnicos de Obras Públicas han desempeñado un papel destacado.

Impulsar vocaciones

Otro de los asuntos que despertó un especial interés fue la necesidad de fomentar las vocaciones vinculadas a la Ingeniería Civil y trasladar a las nuevas generaciones el amplio abanico de oportunidades profesionales que ofrece la profesión.

Los colegiados vitalicios -su trayectoria, conocimiento y experiencia- son un activo fundamental para contribuir al presente y futuro de la profesión y del colegio profesional

Los participantes destacaron la conveniencia de acercar el Colegio a las universidades y centros formativos, así como de divulgar con mayor intensidad las diferentes salidas profesionales existentes tanto en la administración pública como en la empresa privada.



Asisitieron un buen número de colegiados vitalicios de manera presencial y también en modalidad electrónica / Fotografía: CITOP Madrid

Durante el encuentro también se formularon numerosas propuestas relacionadas con la actividad colegial y la comunicación profesional.

Entre ellas destacó la conveniencia de seguir impulsando contenidos técnicos de calidad, fomentar la difusión de experiencias profesionales y recuperar testimonios, proyectos y vivencias que forman parte de la memoria colectiva de la profesión.

En este marco, se resaltó el potencial de AFOROS como herramienta para divulgar conocimiento técnico, compartir experiencias y fortalecer el vínculo entre generaciones de profesionales.

Especial atención recibió la propuesta de potenciar actividades dirigidas específicamente al colectivo sénior, incluyendo encuentros periódicos, conferencias, jornadas técnicas y espacios de intercambio profesional que permitan mantener una participación activa de los colegiados vitalicios en la vida colegial. La experiencia acumulada por este colectivo fue identificada como un recurso de enorme valor para contribuir al desarrollo de iniciativas de mentoría, divulgación y transferencia de conocimiento.

Reconocimiento al compromiso de colegiados/as

Tras escuchar las intervenciones y aportaciones de los asistentes, la Decana agradeció el elevado nivel de participación y trasladó diversas iniciativas en las que ya trabaja la Junta de Gobierno. Entre ellas destacó la puesta en marcha de nuevos reconocimientos destinados a los colegiados que alcancen



Se generaron un buen número de reflexiones compartidas y aportaciones enriquecedoras en este encuentro / Fotografía: CITOP Madrid

hitos significativos de permanencia y compromiso con la institución, especialmente aquellos que cumplen 25 y 50 años de colegiación.

Por su parte, el Vicedecano expuso los trabajos que actualmente se están desarrollando para la renovación y modernización de la revista AFOROS, con el objetivo de reforzar su carácter técnico y profesional, ampliar la participación de los colegiados y convertirla en un espacio de referencia para la divulgación de conocimiento, experiencias y opiniones de interés para la profesión.

Asimismo, se compartieron varias de las líneas de actuación institucional impulsadas por la Junta de Gobierno durante los últimos años y que están teniendo continuidad en la presente etapa.

Estuvo sobre la mesa el potencial de Aforos como herramienta de divulgación de conocimiento técnico, así como experiencias profesionales, además de facilitar el vínculo entre distintas generaciones de profesionales

En particular, se destacó la importancia de las relaciones institucionales mantenidas con organizaciones y entidades de referencia del sector.

A las reuniones iniciadas en anteriores mandatos con responsables de organismos como ADIF e INECO se han sumado recientemente encuentros con la Universidad Europea y el Ayuntamiento de Madrid, una línea de trabajo que continuará ampliándose en los próximos meses incorporando también las recomendaciones y sugerencias trasladadas por los propios colegiados durante este encuentro.

La jornada concluyó con el compromiso compartido de mantener abiertos estos canales de diálogo y participación, así como de seguir impulsando iniciativas que permitan aprovechar la experiencia, la visión y el compromiso de los colegiados vitalicios.

El encuentro puso de manifiesto, una vez más, que la historia y el futuro del Colegio están profundamente ligados al conocimiento y la dedicación de quienes han contribuido durante décadas al desarrollo de la profesión y continúan siendo una referencia para las nuevas generaciones de Ingenieros Civiles.

LA MEJOR DEFENSA EMPIEZA … EL DÍA EN QUE SE ACEPTA EL ENCARGO

LAURA DELGADO CAMPILLOS. Abogada y Socia de Le Morne Brabant Abogados

Prevención jurídica en el ejercicio profesional técnico a través de la historia de una obra

Una misma obra puede tener varias vidas jurídicas: un encargo que crece sin que crezca el contrato, un accidente durante la ejecución, una reclamación que llega años después y una colaboración que deja de ser lo que era. La jornada celebrada en el Colegio el 8 de octubre de 2026 permitió recorrer esos momentos y las decisiones que, tomadas a tiempo, protegen al profesional técnico.

Este es Javier

Javier es ingeniero técnico de Obras Públicas y dirige una pequeña consultora. Como tantos profesionales, vive pendiente de los plazos, las certificaciones, los cambios que aparecen sobre la marcha y de que la obra avance. Sabe que su trabajo implica responsabilidad y tiene un seguro. También sabe que debe documentar lo importante. Otra cosa es encontrar tiempo cuando todo urge.

Una constructora le encarga el proyecto de urbanización de un polígono industrial y la asistencia técnica durante la ejecución. El presupuesto aceptado asciende a 60.000 euros. La descripción del alcance del encargo cabe en dos párrafos. La relación con el cliente es buena y nada hace pensar que esta obra vaya a ser distinta de otras.

Pero una obra nunca permanece quieta. Primero piden un estudio adicional. Después, más visitas de las acordadas. Más tarde, una modificación de la red de saneamiento y ajustes en un muro de contención. Unas peticiones llegan por teléfono; otras, por WhatsApp. Javier quiere ayudar y responde como tantas veces: “Lo vemos, lo hacemos y luego lo ordenamos”.

Acompañemos a Javier. No para buscar culpables, sino para reconocer esas decisiones cotidianas que, casi sin ruido, pueden convertirse en un problema jurídico.

El primer aviso. El encargo crece, pero el contrato no

Javier realiza los trabajos adicionales porque la obra los necesita. Cuando termina, emite una factura de 85.000 euros. La respuesta del cliente es contundente: “Eso estaba incluido”.

Parece que el problema es el impago. En realidad, la debilidad nació antes, cuando el alcance se describió de forma insuficiente y las modificaciones se ejecutaron sin



José Carlos Avendaño, Laura Delgado Campillos, Alegría Cuevas Murillo y Diego González Cueto de Le Morne Brabant Abogados impartieron esta jornada, en formato presencial y online, desde la sede del CITOP Madrid / Fotografía: Carmen Guerrero

acordar su efecto en el precio y en el plazo.

Un presupuesto no debería limitarse a decir "proyecto de urbanización y asistencia a obra". Debe permitir distinguir qué está incluido y qué queda fuera: entregables, revisiones, visitas, calendario e hipótesis utilizadas para calcular el precio. No hace falta un contrato interminable. Hace falta uno claro.

También debe prever cómo se modifica el encargo: identificar la petición, explicar su impacto económico y temporal y obtener la aceptación antes de ejecutarla. Si existe urgencia, un correo breve puede ser suficiente.

La mejor defensa jurídica no empieza cuando llega el burofax ni cuando se recibe una citación. Empieza mucho antes: el día en que se acepta el encargo

¿Y el WhatsApp? Puede acreditar que alguien pidió algo, pero no siempre que aceptó su precio o sus consecuencias. No hay que documentarlo todo: hay que documentar bien lo que cambia el alcance, el precio, el plazo, la solución técnica o las responsabilidades.

Ahora Javier necesita cobrar. Tendrá que reconstruir lo ocurrido mediante el presupuesto, los mensajes, los planos, las actas, las visitas y la factura. No existe un documento mágico. Lo que convence es que todas las piezas cuenten lo mismo.

Tampoco puede suspender su intervención sin más por una factura pendiente.

Deberá atender al contrato, valorar las obligaciones que mantiene y, si procede la suspensión, dejar constancia del estado de los trabajos, las advertencias y la documentación entregada.

La primera enseñanza llega pronto: Javier no necesitaba un contrato más grueso, sino uno más claro y herramientas sencillas para gestionar modificaciones y cerrar entregas. Los 25.000 euros no se pusieron en riesgo el día de la factura, sino cada vez que pensó: «Ya lo ordenaremos después».

Y no está en juego únicamente el dinero. Un sistema claro protege también el tiempo, la tranquilidad y la relación con el cliente.

El día en que todo cambia. Un accidente en la zanja

La obra continúa. Durante la renovación de la red de saneamiento se derrumba una zanja y un trabajador de una subcontrata resulta herido grave. Dos semanas después, Javier, que figura como coordinador de seguridad y salud, recibe una citación judicial.

Su primera reacción es comprensible: él no manejaba la excavadora ni era el empresario del trabajador. ¿Por qué le citan?

Porque después de un accidente grave se investiga qué obligación tenía cada interviniente, qué capacidad real tenía para actuar, qué hizo y si su actuación guarda relación con el resultado. Aparecer en la obra no convierte a nadie automáticamente en responsable, pero tampoco basta con señalar que el trabajo material lo ejecutaba otro.

No hace falta un contrato interminable. Hace falta uno claro

Un mismo accidente puede dar lugar a actuaciones administrativas, laborales, civiles e incluso penales. Respecto de Javier se analizará su función real: la coordinación preventiva, el seguimiento del plan, las advertencias formuladas y su reacción ante las deficiencias.

Recibir una citación tampoco significa siempre lo mismo. No es igual declarar como testigo que hacerlo como investigado, condición en la que existen derechos específicos de defensa. Por eso conviene conocer en qué calidad se le requiere y asesorarse antes de declarar.

Javier busca el plan de seguridad, las actas de coordinación, las visitas, las instrucciones y las fotografías. Todos esos documentos pueden protegerle, pero solo si reflejan una gestión que existió. El papel no convierte en real una vigilancia que no existió.

Una advertencia útil no se limita a decir «extremar la precaución». Describe el riesgo, identifica quién debe corregirlo y comprueba después que la corrección se produjo. Ante un riesgo grave e inminente existen instrumentos legales para detener los trabajos afectados. La prevención vive en la obra o no existe.

No hay que documentarlo todo: hay que documentar bien lo que cambia el alcance, el precio, el plazo o las responsabilidades

Tras el accidente, las prioridades son atender al herido, proteger la zona, preservar las pruebas, ordenar los hechos, comunicar el siniestro al seguro y obtener asesoramiento jurídico cuando corresponda, colaborando siempre con las autoridades.

Javier comprende entonces algo importante: no se protege llenando una carpeta des-

pués del accidente. Se protege haciendo bien su función antes y dejando una trazabilidad honesta de las decisiones relevantes.

La obra parecía terminada. Cuatro años después llega un burofax

Pasan cuatro años. Aparecen hundimientos en un vial y grietas en el muro de contención. La promotora reclama a la constructora, al director de obra y a Javier como proyectista.

Javier conoce al cliente y quiere tranquilizarlo. Contesta: «No te preocupes, lo arreglamos nosotros». Diez días después comunica la reclamación a su seguro.

Que su nombre figure en el burofax no significa que sea responsable. Habrá que identificar el daño, el régimen jurídico aplicable, la función de cada agente y la relación causal. Puede existir un error de proyecto, un defecto de ejecución, un problema de materiales o varias causas concurrentes.

Además, no toda obra civil es edificación. Los plazos de responsabilidad de la Ley de Ordenación de la Edificación no deben aplicarse automáticamente a una urbanización o un vial. Antes de hablar de plazos hay que determinar qué régimen jurídico corresponde.

La respuesta prudente tampoco consiste en admitir la culpa ni en negar cualquier relación. Conviene acusar recibo, solicitar información, recuperar el expediente y coordinar una inspección. Reparar sin documentar previamente el estado de la obra puede borrar pruebas esenciales.

Cada incidencia plantea dos trabajos:

El primero es resolverla.

El segundo es aprender de ella

Al abrir el expediente reaparecen decisiones casi olvidadas: la modificación del saneamiento, los ajustes del muro y varios mensajes. Lo que años atrás parecía una discusión de honorarios sirve ahora para reconstruir quién pidió cada cambio, quién lo aprobó y qué se ejecutó finalmente.

También reaparece el seguro. La Ley de Contrato de Seguro establece, con carácter general, un plazo máximo de siete días para comunicar el siniestro desde que se conoce, salvo que la póliza conceda uno mayor. Comunicarlo más tarde no supone automáticamente perder la cobertura, pero puede tener consecuencias.

La comunicación inicial no necesita resolver la causa del daño. Esperar a tener un dictamen perfecto solo retrasa lo esencial.

Javier descubre, además, que una frase bienintencionada puede interpretarse como un reconocimiento de responsabilidad. La empatía con el cliente es compatible con una comunicación prudente y coordinada con la aseguradora.

La póliza debe leerse antes de que llegue el burofax: actividad declarada, límites, exclusiones, defensa jurídica y cobertura temporal. Tener seguro es esencial; saber exactamente qué seguro se tiene lo es todavía más.

El riesgo que estaba en la oficina. La colaboradora que dejó de parecer autónoma

Para atender esta obra y otros encargos, Javier empezó a colaborar con Lucía, otra ingeniera técnica. Al principio recibía proyectos concretos, organizaba su tiempo y trabajaba para varios clientes.

Dos años después utiliza correo corporativo, acude en horario de oficina, recibe instrucciones diarias y trabaja casi exclusivamente para la consultora. Nadie ha cambia-



Un momento de la jornada impartida por Le Morne Brabant con los asistentes presenciales / Fotografía: Carmen Guerrero

do el contrato. La relación, sin embargo, sí ha cambiado.

Que Lucía emita facturas y esté dada de alta como autónoma no resuelve la cuestión. En materia laboral importa la realidad: quién organiza el trabajo, quién asume el riesgo, qué medios se utilizan y si existe autonomía efectiva.

Ningún indicio aislado resulta decisivo. Pero si se acumulan la exclusividad de hecho, el horario, las instrucciones continuas y la integración estable en la organización, aumenta el riesgo de que la relación sea considerada laboral, con posibles consecuencias económicas y sancionadoras.

Tampoco basta con denominarla trabajadora autónoma económicamente dependiente. La figura del TRADE exige autonomía real y el cumplimiento de determinados requisitos. Una etiqueta contractual no transforma una relación que, en la práctica, es laboral.

Javier se formula entonces una pregunta más útil que cualquier definición memorizada: «¿Lucía organiza de verdad su actividad o la organizo yo?».

El contrato pudo ser correcto el primer día y dejar de describir la realidad dos años después. Por eso no basta con revisar los documentos: hay que observar cómo trabaja realmente cada persona.

Lo que Javier se lleva de la obra

Técnicamente, Javier ha vivido una sola obra. Jurídicamente, esa obra ha tenido varias vidas: un riesgo contractual al definir el encargo, un riesgo preventivo y penal tras el accidente, una posible responsabilidad civil años después y un riesgo laboral dentro de su consultora.

La solución no consiste en memorizar leyes ni en trabajar con miedo. Consiste en convertir las buenas prácticas en un sistema sencillo: disponer de protocolos claros, utilizar modelos documentales para los encargos y

El papel no convierte en real una vigilancia que no existió

sus modificaciones y revisar periódicamente los contratos, la póliza, los colaboradores y la organización preventiva.

Cada incidencia plantea dos trabajos. El primero es resolverla. El segundo es aprender de ella. Después de cada conflicto conviene preguntarse qué habría reducido su probabilidad o sus consecuencias e incorporar esa mejora al siguiente proyecto.

Javier no puede eliminar todos los riesgos de su profesión. Ningún profesional puede. Sí puede decidir cómo acepta un encargo, cómo documenta lo que cambia, cómo reacciona ante un accidente y cómo gestiona una reclamación.

Javier no es el profesional con peor suerte del mundo. A lo largo de su carrera, cualquier técnico puede atravesar situaciones parecidas. Tener un plan no elimina la adversidad, pero permite afrontarla con más serenidad y con las herramientas necesarias para defender nuestro buen hacer.

La prevención vive en la obra o no existe

Porque la mejor defensa jurídica no empieza cuando llega el burofax ni cuando se recibe una citación. Empieza mucho antes: el día en que se acepta el encargo.

Accede a la Jornada completa en nuestro canal de Youtube



EL CITOP MADRID, EN EL OBSERVATORIO DE LA INNOVACIÓN EN EL DISEÑO UNIVERSAL

Redacción

El pasado 17 de junio se celebraba en el Campus de La Salle en Madrid la XXIX Reunión del Comité Consultivo del Observatorio de la Innovación en el Diseño Universal. En representación del CITOP Madrid, acudió Sara B. García Roncero, ocupando en ese momento el cargo de Tesorera de la Junta de Gobierno. El proyecto Astroaccesible ha sido la buena práctica accesible presentada en esta reunión y la Ley de Accesibilidad, tras un año en vigor, el tema de debate propuesto en el encuentro.

La XXIX reunión del Comité Consultivo del Observatorio de la Innovación en el Diseño Universal de La Salle comenzaba con las palabras de Maximiliano Nogales, Presidente de La Salle Campus Madrid.

Nogales daba la bienvenida a este nuevo encuentro del Comité que ha definido como "una comunidad de personas e instituciones que compartimos el valor de los entornos, productos y servicios accesibles para todos" y un "compromiso con la accesibilidad convertido en acción".

A continuación, Elva Rodríguez, Directora del Área de Innovación del CSEU La Salle, presentó los proyectos de innovación que el centro universitario ha desarrollado en los últimos meses.



Enrique Pérez, Responsable de "Astroaccesible" / Fotografía: Carmen Guerrero

Desde los Trabajos Fin de Grado más innovadores, que proporcionan autonomía a personas con dificultades de movilidad, los facilitadores en el ámbito judicial para la Terapia Ocupacional o los trabajos de innovación docente, hasta las iniciativas que estudian la ayuda que la robótica puede prestar al bienestar de las personas mayores y las coincidencias y colaboración establecida entre el Proyecto "Incluyes" de Fundación ONCE y "Acercaate" de La Salle para la sensibilización de escolares.

Buena práctica en Astrofísica

Juan José Cantalejo, Director del Observatorio de la



Juan José Cantalejo, Maximiliano Nogales y Elva Rodríguez presiden la reunión, acompañados de expertos/as de la Accesibilidad y el Diseño Universal en muy distintos entornos profesionales / Fotografía: Carmen Guerrero

Innovación en el Diseño Universal de La Salle, ha presentado a Enrique Pérez Montero, Responsable del Proyecto "Astroaccesible" en el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Un proyecto que ha sido premiado con diversos reconocimientos y que ha generando un gran interés entre los asistentes.

Todos los asistentes tuvimos la oportunidad de escuchar un eclipse, tocar una nebulosa y galaxias similares a nuestra Vía Lactea, y pudimos comprobar con esta buena práctica como la accesibilidad de los materiales divulgativos que utiliza en su proyecto enriquecen el proceso de aprendizaje y conocimiento para todas las personas que lo reciben, más allá de aquellas para quienes resulta imprescindible. El ponente nos ha invitado a disfrutar de las audiodescripciones de "El Universo en palabras" con los ojos cerrados.

Ley Europea de Accesibilidad y el debate

Tras un año desde su entrada en vigor, Pedro Luis García-López Tello, Jurista experto en Accesibilidad e IA y Fundador de "Accesible 360", ha analizado el estado de esta Ley, los cambios reales que ha traído, los plazos establecidos en la trasposición de la Directiva Europea en la legislación española o sus mecanismos de vigilancia y control.

En el debate, en que han intervenido la práctica totalidad de los asistentes, se ha puesto sobre la mesa la importancia de trazar una estrategia para que la Accesibilidad Universal se convierta en un interés para la ciudadanía, valorando la necesidad de desligarlo de la discapacidad y el paradigma asistencial, para dar relevancia al hecho de que todas las personas, independientemente de sus capacidades o situación concreta, se benefician de ella. "La legislación es necesaria pero no sufi-



Sara B. García Roncero, Vocal del CITOP Madrid, representó al colegio profesional en este encuentro / Fotografía: Carmen Guerrero

ciente", apuntaba Gerardo Santiago, pero "hace falta un cambio cultural que todavía no ha tenido lugar".

Pero además de la acción colectiva, señalaba Xisca Rigó, con los avances que aportan "los grandes eventos" o las "grandes sanciones" ejemplarizantes y los pequeños pasos, como el que pudo ser la película Campeones, "es necesaria la acción individual".

La tolerancia al incumplimiento de la normativa en la materia y la ineficacia de los mecanismos de vigilancia y sanción también han sido puestas sobre esta mesa de debate, destacando la necesidad de que se denuncien las deficiencias y la legislación, presente en todas las Comunidades Autónomas españolas, se cumpla.

Además, como añadían Juan José Cantalejo y Pedro García-López, puesto que la legislación está muy orientada al Mercado Interior, particularmente la adaptación de la europea a nuestro ordenamiento jurídico, es necesario que las empresas no conciban la Accesibilidad como una carga o coste extra. Al contrario, los productos y servicios accesibles son de mayor calidad y destinados a un público más amplio, porque benefician a todos los consumidores, y con ello, a todas las empresas.

La Accesibilidad Cognitiva, la última en incorporarse a la legislación, también ha sido protagonista de este intercambio de ideas y la T4 destacada como un gran ejercicio de accesibilidad cognitiva, permitiendo que cualquier persona, con o sin discapacidad, sea capaz de llegar del transporte a su avión y viceversa sin perderse.

Con el magnífico resumen de Elva Rodríguez y la despedida del Presidente de La Salle Campus Madrid, quien cambiaría próximamente de cargo en la institución, terminaba una interesante sesión.

YA ESTÁ DISPONIBLE LA LOTERÍA DE NAVIDAD DEL CITOP MADRID



Ya podemos ofreceros la Lotería de Navidad del CITOP Madrid. Nos encantaría celebrar todos juntos un gran premio el próximo 22 de diciembre y ver la sede de nuestro colegio profesional lleno de cámaras de televisión.

Se puede adquirir en la Administración de la C/Barquillo 10 y en su servicio online.

ANTONIO CORROTO, GANADOR DEL SORTEO POR LA ACTUALIZACIÓN DEL PERFIL PROFESIONAL CITOP MADRID



El CITOP Madrid ha hecho entrega a Antonio Corroto Palma del cofre-regalo Wonderbox "Cena selecta para dos", premio sorteado entre las personas colegiadas que participaron en la campaña de actualización de sus datos profesionales.

El sorteo tuvo lugar el pasado viernes 18 de septiembre, de acuerdo con las bases establecidas para la iniciativa.

Puedes actualizar tu perfil profesional en cualquier momento a través de la web del Consejo del CITOP.

Rubén Álvarez, Antonio Corroto y Maribel Santos en la entrega del Premio. / Fotografía: Virginia López

AFOROS SE REESTRENA EN SU NÚMERO 150

CARMEN GUERRERO GUILLAMÓN. Periodista. Responsable de Comunicación del CITOP Madrid

Este mes de octubre de 2026, Aforos alcanza su número 150 estrenando una nueva etapa. La revista se renueva en su imagen, pero también en su manera de acercarse a la profesión y a quienes la ejercen.

Con nuevas secciones como "Madrid se transforma", "Radar de Ingeniería", "Aforos Conocimiento" o "Profesión en primera persona", desde el Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas – Zona de Madrid, y con el impulso de su nueva Junta de Gobierno, que encabeza su Decana, Maribel Santos Pérez, queremos conectar a los profesionales colegiados de Madrid con la actualidad de la Ingeniería; acercar el trabajo, el conocimiento y el talento de nuestros compañeros y compañeras; y mirar de cerca Madrid y su intensa actividad en materia de obra pública, así como su carácter pionero en la incorporación de tecnologías e innovaciones en la ciudad y en el conjunto de la región.

Además, queremos también visibilizar y transferir conocimiento útil para el conjunto de la profesión. Pero no por ello perdemos nuestra esencia. La vida colegial siempre tendrá un lugar privilegiado en nuestra revista, que nació con la vocación de ofrecer un espacio común en el que reconocernos como la gran familia profesional que somos, con toda nuestra diversidad y, sobre todo, con todo aquello que nos une.

De unos folios grapados a Aforos

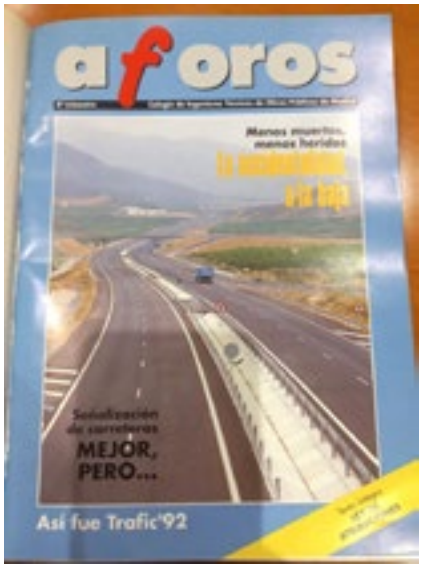
La revista Aforos nació en 1992, siendo Felipe Ruiz Nogales Decano de la Zona de Madrid. Tal como él mismo nos ha contado para este artículo, Aforos tuvo un hermano pequeño: un modesto boletín compuesto por apenas unos folios grapados por el centro, nacido cuando éramos un recién nacido Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas y desarrollábamos nuestra actividad, con muy pocos recursos, en la calle San Hermenegildo.

Desde aquellos primeros pasos, Ruiz Nogales tuvo claro que era esencial que los colegiados "tuvieran información de todo lo que se hacía en el Colegio".

Y así Aforos tomó su nombre como tándem de Cimbra, la publicación que editaba el Consejo del CITOP y ya existía, y como referencia tanto a una asignatura relevante de la titulación en aquel momento como a una tarea —los aforos de origen/destino— que, según recuerda su fundador, prácticamente todos los profesionales de las Obras Públicas terminaban realizando en aquella época.

Y basta acercarse a aquel número 0 para comprobar cuánto ha cambiado la profesión y, al mismo tiempo, cuánto permanece.

En sus páginas encontramos los datos de siniestralidad vial de aquel año, la nueva señalización aprobada por la DGT, la feria TRAFIC, que aún hoy pervive



como Salón Internacional de la Movilidad Segura y Sostenible, o las acciones formativas que entonces permitían a los profesionales mantenerse al día en las llamadas "nuevas tecnologías" de la profesión, tecnologías que, vistas desde 2026, naturalmente ya son más que tradicionales.

Pero Aforos nació también con una dimensión social y cercana. Los propios colegiados compartían, desde esa mirada ingenieril difícil de abandonar incluso en el tiempo libre, sus experiencias en viajes, excursiones o actividades culturales. Y había también espacio para el entretenimiento, con reseñas de cine, gastronomía y propuestas de ocio que hoy constituyen, además, un pequeño retrato de la época en la que la revista comenzó su andadura.

En esta primera etapa, Aforos estuvo estrechamente vinculada al tráfico y la movilidad en Madrid. Ildefonso Pérez González ejercía la profesión en la Dirección General de Tráfico, mientras que Jesús Soria era, además, director de la revista Tráfico de la DGT. Esa cercanía profesional y editorial dejó su impronta en los primeros números de Aforos, en los que la seguridad vial, la señalización, la movilidad y la actualidad relacionada con el tráfico ocuparon un espacio destacado.



Una mirada muy ligada a las preocupaciones profesionales de aquellos años y que, al mismo tiempo, permite comprobar cómo muchos de esos ámbitos continúan plenamente vigentes para la Ingeniería Civil tantos años después.



Más de tres décadas evolucionando con el Colegio

Han transcurrido desde entonces más de treinta años, durante los cuales Aforos ha variado su periodicidad, su imagen y su estilo, evolucionando con los tiempos y con el impulso de las distintas Juntas de Gobierno que han ido dirigiendo su edición.

Y aquí me vais a permitir un pequeño apunte personal. Yo comencé a trabajar para el CITOP Madrid en 2004, primero como colaboradora de Aforos, cuando la celebración del 150 aniversario de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas intensificó considerablemente el trabajo editorial, y cuando apenas acababa de obtener mi título de Periodismo.

Desde entonces, he tenido el privilegio de verla crecer y transformarse: adaptarse



Felipe Ruiz Nogales, Ildefonso Pérez y Jesús Martínez en 2005 en el acto de entrega de las Medallas de la Asociación Española de la Carretera / Archivo colegial. Autor desconocido.

a los tiempos, abandonar progresivamente el papel y dar el salto a un formato digital enriquecido con vídeos, enlaces y todas las posibilidades que la expansión y democratización de Internet han ido poniendo a nuestro alcance.

Por eso, quiero aprovechar este número 150 para hacer también un pequeño homenaje a las personas que han formado parte de la historia de una publicación que yo misma he tenido la suerte de compartir y a la que, inevitablemente, tengo un enorme cariño.

Cada número que ha salido de imprenta —y, después, cada nueva edición digital— ha sido casi como un "pequeño hijo": ha habido que imaginarlo, gestarlo, consensuarlo, supervisarlo y construirlo palabra por palabra, punto a punto y foto a foto hasta verlo finalmente publicado.

Si Felipe Ruiz Nogales puso en marcha la revista, mucho antes de que yo formara parte de este equipo, fue José Matud Bonel, durante el Decanato de Jesús Martínez Alegre, quien la dirigió durante cerca de dos décadas, desde1997 hasta 2014, la cuidó y consolidó con mimo y rigor, trabajando día a día, número a número, para que los colegiados y colegiadas de Madrid sintieran que formaban parte de un proyecto común y de una gran familia.

Creo que merece nuestro reconocimiento y agradecimiento por contribuir decisivamente a hacer crecer y profesionalizar un proyecto que había nacido años antes del sueño, la iniciativa y el empuje del primer Decano de la Zona que decidió ponerlo sobre el papel.

En diciembre de 2013, editamos el número 100 de Aforos. Cien números constituían ya entonces un magnífico testimonio de continuidad y de historia colegial.

Desde entonces, bajo la mirada personal de los sucesivos decanos —Alejandro Alañón Juárez, Juan Manuel Alameda Villamayor y Óscar Carballo Ares—, Aforos ha seguido construyéndo-

se, creciendo, cambiando de apariencia, incorporando nuevos contenidos y adaptando sus formatos, pero sin perder nunca su esencia: recoger la intensa actividad colegial de la Zona, permanecer pegada a la actualidad de Madrid en todo aquello relacionado con nuestro sector y mantener sus páginas abiertas, tanto para leer como para aportar, a todas las personas que forman parte de este Colegio.

El número 150: una nueva etapa

Y ahora llegamos al 150 -en este año que nuestra Zona Colegial cumple 45 años en plena forma y con más energía que nunca- celebramos también la efeméride de la revista que a un buen número de nosotros nos ha acompañado por más de tres décadas, volviendo a dar un paso adelante.

Inauguramos esta etapa con la voluntad de elevar la calidad y los estándares editorial y bibliográfico de nuestra querida Aforos; hacerla más útil, rigurosa y atractiva para quienes nos leen; aumentar la visibilidad de nuestro colectivo profesional más allá de los límites de la colegiación y reforzar su capacidad para generar y transferir conocimiento para todas las personas.

Lo hacemos sin renunciar a nuestra esencia ni olvidar lo que Aforos siempre ha sido, pero incorporando nuevas miradas, contenidos y formas de contar la Ingeniería Civil, de la mano de un Comité Editorial y una responsable de Calidad plenamente comprometidos con este proyecto.

Renovar Aforos no es en absoluto empezar de cero. Todo lo contrario, significa recoger todo lo construido durante más de tres décadas, reconocer a quienes lo hicieron posible y utilizar ese legado como punto de partida para seguir avanzando.

Comienza una nueva etapa. Bienvenidos al número 150 de Aforos.



Carmen Guerrero y José Matud en una visita a la sede del CITOP Madrid en 2023 / Fotografía: Rosa Alonso

CITOP MADRID PARTICIPA EN LA ASAMBLEA GENERAL DEL CITOP

Redacción

Representantes de la Junta de Gobierno de la Zona de Madrid participaron en la Asamblea General del CITOP, en la que se abordaron las principales líneas de actuación del Colegio y se trasladaron distintas propuestas de Madrid orientadas a mejorar los servicios colegiales y el ejercicio profesional.

El pasado 20 de junio, representanes del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas - Zona de Madrid participaron en la Asamblea General del CITOP, celebrada en Burgos tras la toma de posesión de la nueva Junta del Consejo del Colegio.

La representación madrileña estuvo formada por María Serrano, Decana en aquel momento tras la renuncia al cargo de Óscar Carballo Ares para ocupar el de Secretario del CITOP, Maribel Santos, Vocal y Decana electa; y Manuel Rojas, Secretario y Vicedecano electo, quienes participaron en una sesión en la que se analizaron diferentes asuntos relacionados con el funcionamiento del Colegio, sus líneas estratégicas y los servicios que presta a los profesionales.

Durante el Informe de Presidencia, Manuel Camacho presentó al equipo surgido de las elecciones del 17 de abril, así como los ejes estratégicos de su programa y las actividades desarrolladas dentro de la agenda institucional desde la toma de posesión de los cargos del Consejo. Asimismo, se expusieron las principales líneas de trabajo previstas para este periodo.

La Zona de Madrid proponía reforzar la presencia del CITOP en ámbitos relacionados con la negociación sectorial

La Asamblea permitió también realizar un recorrido por la actividad desarrollada en el conjunto del Colegio. A través de las memorias de las Zonas se presentaron algunas de las actuaciones más destacadas de las 21 Zonas Colegiales que integran el CITOP.

En el ámbito económico, el informe de tesorería puso de manifiesto la estabilidad financiera del colegio, pese al elevado nivel de morosidad existente. Entre otros asuntos de carácter interno, durante la sesión se dio inicio al proceso de modificación de la normativa colegial, se renovó la Comisión Deontológica del CITOP y se debatió sobre la actualización del coste de los visados.

La Asamblea incluyó igualmente la concesión de distintas distinciones.



Mesa presidencial de la Asamblea General del CITOP con la nueva Junta de Gobierno del Consejo y el Rector de la Universidad de Burgos, José Miguel García Pérez; el Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Burgos, Roberto Saiz Alonso; Arturo Pascual Madina, en representación de la Diputación Provincial de Burgos; y la Alcaldesa de Burgos, Cristina Ayala Santamaría. / Fotografía: CITOP

Entre ellas, se otorgó la Medalla de Oro a Paloma Gázquez Collado por su dedicación y compromiso durante su etapa como presidenta del CITOP.

Las propuestas de la Zona de Madrid

Uno de los aspectos más relevantes de la participación de CITOP Madrid fue el traslado a la Asamblea de diversas propuestas y reflexiones dirigidas a modernizar el funcionamiento colegial, adaptar los servicios a las necesidades actuales de los profesionales y reforzar el papel de la profesión.

Entre las cuestiones planteadas figuró la posibilidad de incorporar mecanismos seguros de participación y votación telemática en los órganos colegiales, con el objetivo de facilitar una mayor implicación de los profesionales en la vida del Colegio.

La representación madrileña propuso también avanzar hacia una estrategia común de ámbito nacional en relación con la deuda colegial, así como analizar medidas destinadas a mejorar las condiciones laborales del colectivo y reforzar la presencia del CITOP en ámbitos relacionados con la negociación sectorial.

Asimismo, se planteó estudiar la colegiación de oficio como posible instrumento de fortalecimiento institucional y valorar la extensión al conjunto del territorio nacional, cuando resulte viable, de convenios y acuerdos desarrollados inicialmente en ámbitos regionales.



Asistentes a la Asamblea General del CITOP, entre quienes aparecen en primer término, María Serrano y Maribel Santos / Fotografía: CITOP Madrid

Servicios colegiales y ejercicio profesional

La Zona de Madrid trasladó igualmente propuestas relacionadas directamente con los servicios que el Colegio presta a sus profesionales, especialmente en materia de visados y gestión de Libros de Incidencias.

Se plantearon medidas dirigidas a revisar los costes mínimos y a estudiar la eliminación o flexibilización de determinados cargos en los supuestos de sustitución de

CITOP Madrid manifiesta su compromiso de mantener una presencia activa en los órganos de decisión del Colegio y trasladar las necesidades de sus colegiados

la Coordinación de Seguridad y Salud, buscando facilitar la práctica profesional y mejorar la competitividad de los colegiados.

Muchas de estas iniciativas deberán continuar ahora su recorrido mediante el correspondiente análisis técnico y jurídico y su debate en los órganos colegiales antes de poder concretarse en medidas definitivas.

La Asamblea General concluyó además con la atención a las diferentes propuestas



Asistentes a la Asamblea General del CITOP / Fotografía: CITOP

presentadas por colegiados y Zonas Colegiales, poniendo de manifiesto el papel de estos órganos como espacios de participación y debate sobre el presente y futuro de la organización colegial.





Maribel Santos y Manuel Rojas (a la izquierda). María Serrano y Maribel Santos (a la derecha) / Fotografía: CITOP Madrid

EN LA INGENIERÍA TAMBIÉN SE APRENDE A IMAGINAR

MARIBEL SANTOS PÉREZ. Ingeniera Civil y Decana del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

No se trata de convencer a todas las niñas para que estudien Ingeniería. Se trata de conseguir que ninguna la descarte porque haya crecido pensando que ese lugar no era para ella.

Tuve la oportunidad de participar, como Decana del CITOP Madrid, en la mesa redonda "Mujeres que construyen el futuro: liderazgo femenino en ingeniería", organizada por Telva en colaboración con Acciona.

Fue una conversación sobre vocaciones STEAM, liderazgo, referentes, conciliación y futuro de la profesión. Un debate necesario si tenemos en cuenta que, según el Observatorio de la Ingeniería de España, las mujeres representan aproximadamente el 20 % de los profesionales de la Ingeniería en nuestro país.

Pero más que quedarme en la cifra, me interesa la pregunta que hay detrás: ¿por qué seguimos perdiendo una parte del talento antes incluso de que llegue a plantearse estudiar Ingeniería?

Creo que para responder tenemos que mirar mucho antes de la universidad. Las vocaciones empiezan mucho antes.

¿Por qué seguimos perdiendo una parte del talento antes incluso de que llegue a plantearse estudiar Ingeniería?

Lo digo también desde mi propia experiencia.

Crecí en República Dominicana siendo una niña muy curiosa, de esas que quieren saber cómo y por qué se hacen las cosas. Desde joven tuve la oportunidad de colaborar como voluntaria en una fundación que participaba en la construcción de escuelas y puentes. Recuerdo observar aquellos trabajos y pensar que yo también quería aprender a construirlos.

Probablemente entonces no sabía explicar qué hacía exactamente una ingeniera. Pero pude verlo. Y eso importa.

Con los años he comprendido que es muy difícil elegir aquello que nunca has tenido la oportunidad de conocer.

Las vocaciones se empiezan a construir en casa, en el colegio, con los juguetes, con los referentes, con las conversaciones familiares y también con los mensajes, muchas veces inconscientes, que transmitimos a niños y niñas sobre aquello para lo que supuestamente tienen más o menos capacidades.

Las barreras no siempre son grandes prohibiciones.



Junto a Maribel Santos participaron: Lorena Cagigas, directora de Ingeniería del Negocio de Agua de ACCIONA; Dolores Esteban, decana del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid; Claudia Rebollo, creadora del proyecto Clau Quiero Ser Ingeniera y Yolanda González Arechavala, directora de la Cátedra para la Promoción de la Mujer en Vocaciones STEM del Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas. La conversación estuvo moderada por Cristina Larraondo, de TELVA. / Fotografía: Telva

A veces son frases aparentemente inofensivas: "eso es muy difícil", "las matemáticas no son lo tuyo" o "quizá deberías estudiar otra cosa".

Por eso no creo que nuestra misión sea convencer a todas las niñas para que estudien Ingeniería. Nuestra responsabilidad es conseguir que ninguna la descarte antes de conocerla porque piense que no es para ella.

Tenemos que contar mejor qué hacemos

Aquí también tenemos que hacer autocrítica quienes pertenecemos a la profesión.

Durante demasiado tiempo hemos explicado la Ingeniería hablando de matemáticas, física, cálculo, estructuras y dificultad académica. Todo eso forma parte de nuestra formación, pero no explica por qué merece la pena elegir esta profesión.

Vivimos rodeados de Ingeniería. Está en el agua que llega a nuestras casas, en el tren que utilizamos, en las carreteras y puentes que conectan territorios, en la energía, las telecomunicaciones, la gestión de nuestras ciudades y en muchas de las soluciones que necesitamos frente al cambio climático.

La Ingeniería consiste, en esencia, en identificar problemas, buscar soluciones y transformar esas soluciones en algo que mejore la vida de las personas.

Por eso, cuando hablamos con los jóvenes, quizá no deberíamos preguntarles solamente si son buenos en matemáticas. También deberíamos preguntarles si son curiosos, si les gusta entender cómo funcionan las cosas, si disfrutan resolvien-



Maribel Santos Pérez, Decana de la Zona de Madrid del CITOP, representó a la profesión en este evento de Telva y Acciona / Fotografía: Telva

do problemas o si alguna vez han pensado: "esto podría hacerse mejor".

Las matemáticas y la física son herramientas fundamentales, naturalmente, pero una buena ingeniera o un buen ingeniero necesita además creatividad, pensamiento crítico, constancia, responsabilidad, capacidad para resolver problemas, comunicar y trabajar en equipo.

Precisamente por eso me gusta hablar de STEAM, incorporando esa "A" que aporta creatividad, comunicación y una mirada más amplia. Los retos actuales no pueden resolverse únicamente desde el conocimiento técnico. Necesitamos profesionales capaces de conectar tecnología y humanidad.

Conseguir que lleguen no es suficiente

Aumentar el número de mujeres que estudian Ingeniería solo resuelve una parte del problema. Después tenemos que preguntarnos qué ocurre cuando esas mujeres llegan al mercado laboral.

He desarrollado buena parte de mi trayectoria en un sector tradicionalmente masculinizado y he visto avances importantes. Hoy encontramos más mujeres liderando proyectos y equipos y ocupando puestos de responsabilidad. Pero todavía existen barreras que condicionan determinadas decisiones profesionales.

Una de ellas tiene que ver con los cuidados. Cuando llega la posibilidad de aceptar un puesto que exige mayor disponibilidad, viajar, asumir un equipo o incrementar responsabilidades, muchas mujeres siguen teniendo que incorporar a esa decisión cuestiones familiares que históricamente no han condicionado de la misma manera la trayectoria profesional de los hombres.

Por eso hablar de talento femenino exige hablar también de conciliación y corresponsabilidad.

Y este debate ya no afecta exclusivamente a las muje-

res. Las nuevas generaciones, mujeres y hombres, quieren desarrollarse profesionalmente sin tener que renunciar necesariamente a su vida personal.

Las organizaciones que quieran competir por los mejores profesionales tendrán que entender que ya no basta con captar talento. Uno de sus grandes desafíos será conseguir que ese talento quiera quedarse.

Eso exige igualdad de oportunidades, flexibilidad, mentoría, criterios transparentes de promoción y culturas organizativas donde las personas puedan desarrollarse. En definitiva, las empresas también necesitan hacer su propia reingeniería del cambio.

Empezar de nuevo también es avanzar

Mi propia trayectoria me ha permitido mirar estas cuestiones desde más de una perspectiva.

Soy mujer, ingeniera y migrante.

Cuando llegué a España tuve que homologar mi título, adaptarme a un nuevo sistema profesional y volver a demostrar mi capacidad. Aquella experiencia me enseñó algo que no he olvidado: el talento existe en cualquier lugar del mundo; lo que cambia son las oportunidades.



Maribel Santos Pérez, durante un momento de su intervención / Fotografía: Telva

También comprendí que empezar de nuevo no significa empezar desde cero. Llegas con tu formación, tu experiencia y todo lo aprendido, aunque el nuevo entorno todavía no lo conozca.

Es muy difícil elegir aquello que no has tenido la oportunidad de conocer

Esa experiencia explica también mi compromiso con la orientación y el acompañamiento a otros profesionales en sus procesos de homologación, inserción laboral y desarrollo profesional.

El conocimiento tiene valor cuando somos capaces de ponerlo también al servicio de los demás.

Ser la primera tiene sentido si vienen más

Mi elección como primera mujer Decana del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas - Zona de Madrid me ha hecho reflexionar todavía más sobre estas cuestiones.

Me siento orgullosa de haber alcanzado esta responsabilidad, pero nunca he querido que el mensaje se quede únicamente en haber sido la primera mujer.

He vivido personalmente algunas de las dificultades de moverme en espacios tradicionalmente ocupados por hombres. También he escuchado cuestionamientos



Las ponentes al finalizar su intervención / Fotografía: Telva

sobre qué hacía una mujer como yo aspirando al Decanato.

Creo que debemos hablar de estas situaciones con naturalidad: sin victimismo, pero tampoco negando que existen. Muchas veces no se trata de grandes barreras visibles, sino de pequeños mensajes, dudas o expectativas diferentes.

Por eso, ser la primera tiene para mí un significado muy concreto: tiene sentido si contribuye a que las siguientes no tengan que explicar por qué quieren estar ahí.

Me gustaría que dentro de unos años dejara de ser noticia que una mujer llegue a determinados puestos de responsabilidad.

Eso significaría que realmente hemos avanzado.

El futuro necesitará todas las miradas

Estamos entrando en una etapa apasionante para la Ingeniería. Inteligencia artificial, transición energética, digitalización, movilidad sostenible, infraestructuras resilientes y adaptación al cambio climático están transformando nuestra manera de trabajar y los problemas que tendremos que resolver.

Pero el futuro de la Ingeniería no será únicamente tecnológico.

Necesitaremos profesionales capaces de utilizar la inteligencia artificial como una herramienta sin renunciar al pensamiento crítico; personas capaces de comunicar, liderar equipos diversos, aprender continuamente y comprender las consecuencias sociales y ambientales de las decisiones técnicas.

La tecnología podrá ayudarnos a calcular, analizar y optimizar. Pero seguiremos necesitando personas capaces de hacer las preguntas correctas y decidir qué problemas merece la pena resolver.

Por eso creo que la ingeniería del futuro será más digital, sostenible y colaborativa, pero también tendrá que ser más humana.

Construir equipo para construir futuro

Desde que asumí la responsabilidad de Decana hay una expresión que repito con frecuencia: construir equipo.También la aplico a la igualdad.

Nuestra responsabilidad es conseguir que ninguna la descarte antes de conocerla porque piense que no es para ella.

No creo que avancemos planteando este debate como una confrontación entre mujeres y hombres. Necesitamos sumar experiencia y juventud, mujeres y hombres, universidades, empresas, administraciones, colegios profesionales, familias y centros educativos.

Necesitamos referentes, pero también oportunidades.

Y necesitamos organizaciones capaces de aprovechar todo el talento disponible, porque la diversidad, cuando está acompañada de preparación, responsabilidad y oportunidades, mejora los equipos y amplía nuestra capacidad para encontrar soluciones.

A veces vuelvo mentalmente a aquella niña de República Dominicana que observaba cómo se construían escuelas y puentes. No sabía entonces dónde me llevaría aquella curiosidad. Mucho menos podía imaginar que algún día asumiría la responsabilidad de ser Decana de un colegio profesional en Madrid.

Simplemente tuve la oportunidad de descubrir que existía una profesión capaz de convertir una necesidad en una solución.

Y alguien me permitió imaginar que yo también podía hacerlo.

Eso es lo que debemos conseguir para las nuevas generaciones.

Que ninguna niña deje de intentarlo por un estereotipo, por falta de referentes o porque alguien le haya hecho pensar que ese lugar no era para ella.

Siempre he defendido que el talento no tiene género.

Nuestro reto ahora es conseguir que las oportunidades tampoco lo tengan.

LAS MEGACONSTRUCCIONES DE MARRUECOS PARA EL COMERCIO DEL MEDITERRÁNEO

Redacción

Nador West Med es un megapuerto de aguas profundas a 30 km de distancia de Nador, que el Reino de Marruecos acaba de poner en servicio en la Bahía de Betoya tras 10 años desde que el proyecto se pusiera sobre la mesa.

Cerca de 5.000 millones de euros ha costado construir esta titánica infraestructura que tiene capacidad de acoger inicialmente 5 millones de contenedores en sus 5,4 kilómetros de diques y muelles así como el paso de los barcos portacontenedores más grandes del mercado con sus 18 metros de calado.

Pero Marruecos no solo ha construido un puerto, sino toda una estrategia de transportes. La autopista que conecta Nador West Med con la red de carreteras del Estado está también en proceso. 713 millones de euros para integrar esta infraestructura estratégica en la red logística del país.

El último tramo, de 27 kilómetros de longitud, conecta la Ruta Nacional número 2, situada en Driouch, con la Ruta Nacional número 16, y termina a apenas ocho kilómetros del puerto Nador West Med a punto de entrar en servicio.



Vista aérea del gran puerto multifunción / Fotografía: https://www.nadorwest-med.ma/

Construida por empresas y profesionales marroquíes, esta infraestructura ha requerido hasta ahora el movimiento de cerca de 11 millones de m^3 de tierra en complejos trabajos de Ingeniería Civil asociados a una orografía también complicada que ha exigido 22 estructuras de distinta índole, como 6 grandes construcciones para atravesar cauces secos o 16 pasos subterráneos y elevados como estructuras de cruce.

Aún quedan otros en fases iniciales de construcción, como son ocho de los tramos de la carretera de 40 kilóme-



Zona franca adosada al puerto / Fotografía: https://www.nadorwestmed.ma/

tros que une la Ruta Nacional número 2 con Saka, situada más al sur.

Y en paralelo, la Oficina Nacional de Ferrocarriles de Marruecos (ONCF) ha acelerado la planificación y equipamiento de la red de la región Oriental con varios proyectos clave, entre los que destaca, la línea de conexión Selouane - Nador West Med. Una nueva línea de vía única de 52 kilómetros de longitud, que desde Selouane conectará a la red ferroviaria nacional existente a través de la línea Fez–Nador–Oujda. La línea está diseñada para



Recreación del exterior de la nueva estación de Soto del Real / Fotografía: ADIF

velocidades de hasta 160 km/h y su cometido principal será la evacuación masiva de mercancías pesadas. Y en las obras se incluyen unas 60 estructuras estándar de cruce y un gran viaducto de 1.500 metros sobre el río Kert.

Mientras, a Nador West Med han llegado las primeras grúas. Tras concluir la construcción de las infraestructuras básicas, quedan pendientes la instalación del equipamiento, las pruebas técnicas y los preparativos logísticos. Está previsto que las operaciones comerciales comiencen en el último trimestre de este año.

Toda la información en https://www.nadorwestmed.ma/

EL PRIMER BUS AUTÓNOMO Y A DEMANDA DE ESPAÑA OPERA EN MERCAMADRID

Redacción

La capital se constituye en referencia mundial en movilidad sostenible y diseño de soluciones avanzadas de transporte público con este innovador proyecto liderado por el Ayuntamiento de Madrid y Mercamadrid, que se enmarca en el proyecto europeo MobilitesForEU. El programa está pensado para dar continuidad a Moves Corredores de Recarga, que en junio financió 341 proyectos con 97 millones de euros, con una dotación prevista de 150 millones de euros financiada con cargo al Programa Plurirregional de España del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) 2021-2027.

De la mano de Alsa y Otokar, en una de las mayores plataformas logísticas de nuestro país se está probando -aún con un operador de seguridad a bordo- un vehículo 100% eléctrico de gran capacidad (más de 30 plazas) con nivel de conducción autónoma de nivel 4+, equipado con conectividad 5G y un sistema de interacción continua con la infraestructura vial.

En horario de alta demanda funciona con horarios fijos, perfectamente coordinados con las líneas de EMT que conectan Mercamadrid, pero en los horarios valle, se utiliza su servicio a demanda a través de una aplicación móvil.



Parada informativa del autobús autónomo en Mercamadrid / Fotografía: Alsa



Autobús autónomo en pruebas en Mercamadrid / Fotografía: Alsa

La complejidad que ofrece una plataforma de este tipo y dimensiones, donde se desplazan 9.000 trabajadores, 15.000 vehículos y confluyen 20.000 personas cada jornada, ha sido el exigente entorno elegido para echar a rodar este vehículo pionero a nivel internacional: el primer autobús a demanda y con conducción autónoma operando regularmente en un entorno real y abierto al público de forma permanente

En los próximos meses, se avanzará en el control y operación remota del vehículo desde un puesto de control situado fuera del recinto en la ciudad de Madrid.

Es un vehículo pionero a nivel internacional: 100% eléctrico de gran capacidad, dotado con 5G e interacción continua con la infraestructura viaria, que opera con un nivel de conducción autónoma 4+ y a demanda

Más adelante, se llevarán a cabo los estudios y pruebas necesarias para llegar al nivel 5 de autonomía total.

UN NUEVO PROGRAMA DE AYUDAS A LA RECARGA ELÉCTRICA EN CARRETERAS SALE A CONSULTA PÚBLICA

Redacción

En un contexto de crecimiento de la movilidad eléctrica, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) ha abierto la consulta pública previa de las bases reguladoras de un nuevo programa de ayudas para impulsar la infraestructura de recarga eléctrica de acceso público en las carreteras españolas.



El programa está pensado para dar continuidad a Moves Corredores de Recarga, que en junio financió 341 proyectos con 97 millones de euros, con una dotación prevista de 150 millones de euros financiada con cargo al Programa Plurirregional de España del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) 2021-2027.

El objetivo es recoger aportaciones de los agentes interesados sobre el alcance de las futuras ayudas y sobre posibles medidas de simplificación administrativa antes de la aprobación de las bases y valorar la ampliación de las ayudas más allá de la infraestructura vinculada a vehículos ligeros en la red principal de carreteras TEN-T.

El planteamiento sometido a aportaciones contempla también puntos de recarga para vehículos pesados, así como actuaciones en Nodos Urbanos y en Zonas de Estacionamiento Seguras y Protegidas (ZESP).

Más información

COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS
ZONA DE MADRID

TU **RESPONSABILIDAD** ES PROFESIONAL. TU **RESPALDO** TAMBIÉN.

El CITOP Madrid te acompaña en el ejercicio de tu profesión.



ASESORAMIENTO Y ORIENTACIÓN PROFESIONAL

Información y orientación para ayudarte a afrontar las cuestiones que surgen en el ejercicio de la profesión.

RESPALDO EN EL EJERCICIO PROFESIONAL

Consulta las coberturas y condiciones del seguro de responsabilidad civil profesional disponible a través del Colegio.

VISADO Y VERIFICACIÓN DOCUMENTAL

Conoce los servicios de visado y verificación documental y cuándo pueden resultar aplicables a tu actividad profesional.

FORMACIÓN Y OPORTUNIDADES

Accede a información sobre actividades formativas, jornadas y otras oportunidades de desarrollo profesional.

Consulta los servicios disponibles y encuentra el apoyo que necesitas.

www.citopmadrid.es

GERARDO SANTIAGO VILLARES: "LA ACCESIBILIDAD ES CALIDAD; HACER MEJOR ESA PARTE ES HACER MEJOR TU TRABAJO"

CARMEN GUERRERO GUILLAMÓN. Periodista. Responsable de Comunicación del CITOP Madrid

Ingeniero Técnico de Obras Públicas, ingeniero Civil y empleado público con décadas de trayectoria profesional, Gerardo Santiago Villares ha desarrollado su carrera entre la empresa privada y la Administración, concretamente, en el Ayuntamiento de Madrid. La responsabilidad profesional, el servicio público y, desde hace dos décadas, la accesibilidad universal, han marcado una forma de entender la Ingeniería que sitúa a las personas en el centro. Conversamos con él sobre la transformación del espacio público, el papel de la Ingeniería Civil en la accesibilidad, la transmisión del conocimiento y los retos que plantea una profesión cada vez más digitalizada.

Gerardo Santiago Villares terminó sus estudios de Obras Públicas en la Universidad Politécnica de Madrid en 1985 y se colegió en CITOP Madrid en septiembre de 1986. Posteriormente se graduó en Ingeniería Civil por la Universidad de Salamanca y cursó el Máster en Liderazgo y Dirección Pública de INAP/UIMP.

Tras trece años en la empresa privada, desarrolló buena parte de su trayectoria en el Ayuntamiento de Madrid, donde ha trabajado en obras de urbanización, planificación y accesibilidad universal. Ha dirigido, entre otros documentos, el Manual de accesibilidad para espacios públicos urbanizados del Ayuntamiento de Madrid y el Plan estratégico de accesibilidad universal para la ciudad de Madrid, además de coordinar su primer Plan de Acción en esta materia. Es también socio de la Asociación Española de Profesionales de la Accesibilidad Universal (ASEPAU), mentor y docente en el Ayuntamiento de Madrid y participa en Accesible360, una iniciativa dedicada a impulsar el conocimiento y el debate sobre accesibilidad universal.

Te colegiaste en 1986, prácticamente al comienzo de tu trayectoria profesional. Mirando hacia atrás, ¿qué queda de aquel ingeniero y qué ha cambiado?

Lo que ha cambiado es que ahora sé de qué va [ríe].



Gerardo Santiago Villares / Fotografía: Carmen Guerrero

Cuando sales de la Escuela tienes una formación técnica, pero luego está su aplicación directa. Yo hice mi último examen en septiembre de 1985 y en octubre ya estaba trabajando en una empresa constructora. Te lanzas a la tarea con muchísima ilusión y poco conocimiento.

Hay cuestiones para las que la universidad te prepara técnicamente, pero otras, como la gestión de personas, a las que te enfrentas desde el minuto cero y para las que entonces no habíamos tenido demasiada preparación.

De aquel ingeniero sí conservo la curiosidad y las ganas de aprender. Creo que, cuarenta años después, las sigo manteniendo.

Has trabajado tanto en la empresa privada como en la Administración. ¿Qué te ha aportado cada ámbito?

Estuve trece años en la empresa privada y creo que ese primer paso fue importantísimo. En mi caso, la llegada a la Administración se benefició mucho de que ya tuviera experiencia profesional, porque asumes responsabilidades que deben estar basadas en experiencia y conocimiento.

En la empresa privada aprendí muchísimo. Tuve la suerte de trabajar con magníficos profesionales, tanto compañeros como personas con mayor y menor responsabilidad que yo. Si estás abierto a aprender, aprendes de todo el mundo.

Después, en el empleo público, me he ido enganchando cada vez más al concepto de servicio público. Para mí tiene un interés especial en el desarrollo de mi profesión.

¿Cómo ha evolucionado tu trayectoria hasta llegar a la accesibilidad universal?

He ido pasando por diferentes etapas, también derivadas de mis propios intereses. Al principio me interesaba mucho la prefabricación aplicada a la obra civil

y la sistematización de los trabajos para buscar la máxima eficiencia.

Después me interesaron mucho las cuestiones medioambientales, la reutilización de residuos de construcción y demolición y su aplicación a firmes de carreteras, prefabricados de hormigón y otros usos.

Posteriormente llegó la movilidad sostenible, ese nuevo concepto de ciudad más amable y con mayor calidad ambiental para los ciudadanos. Y dentro de todo ello apareció la accesibilidad universal, que me ha marcado de manera muy importante durante aproximadamente los últimos veinte años.

Responsabilidad profesional, servicio público y accesibilidad universal son tres conceptos que utilizas para definir tu forma de ejercer. ¿Cómo se relacionan?

Para mí están totalmente relacionados. La responsabilidad profesional no es ni más ni menos que intentar hacer bien tu trabajo, porque tu trabajo repercute directamente en los ciudadanos, en las demás personas.

Y la accesibilidad es calidad. Es algo que contribuye a que el resultado final de tu trabajo tenga mayor calidad.

Yo descubrí realmente la accesibilidad porque hice un curso en el Ayuntamiento de Madrid y me di cuenta de que no estaba haciendo las cosas del todo bien en ese sentido. Eso me motivó a seguir formándome.

Para mí ser ingeniero es disponer de herramientas con las que mejorar la vida de nuestros semejantes

En los cursos que imparto suelo decir que tenemos una triple responsabilidad. Primero está la responsabilidad que deriva de nuestra profesión hacia la sociedad. A ella le sumaría una responsabilidad extra por ser servidor público. Y, en mi caso, existe una tercera: trabajar en una Administración como el Ayuntamiento de Madrid, que por su tamaño y recursos está obligada a alcanzar determinados niveles de excelencia y que, además, sirve de referencia a otras administraciones locales.

Esa triple responsabilidad es muy importante, pero para mí es también muy motivadora. No es limitante ni agobiante. Al contrario.

Después de tantos años trabajando sobre el espacio público, ¿ha cambiado nuestra manera de proyectar las ciudades?

El paradigma ha cambiado completamente. Siempre hemos diseñado las ciudades muy condicionados por nuestra forma de desplazarnos. Hubo una época en la que se priorizaba llegar con el vehículo prácticamente puerta a puerta, encontrar aparcamiento y hacerlo lo antes posible. Eso provocaba que el vehículo ocupara muchísimo espacio urbano.

Hoy los aspectos medioambientales se cuidan mucho más. La preocupación por la contaminación atmosférica, el ruido y la calidad ambiental han contribuido a adoptar restricciones al tráfico y esas medidas, a su vez, han permitido recuperar para los peatones espacios anteriormente destinados a los coches.

Eso también ha facilitado mucho las medidas de accesibilidad universal. Si disponemos del espacio, podemos hacer cosas. Y, por supuesto, la mejora de la calidad ambiental urbana es enorme.

Hace 20 años, ¿era difícil explicar que la accesibilidad debía formar parte del

proyecto desde el principio?

Sin ninguna duda. Ha costado y se está consiguiendo, además bastante.

Hace veinte años hablar de estas cuestiones era 'predicar en el desierto'. La accesibilidad se asociaba muy directamente con la discapacidad y exclusivamente con las personas con discapacidad. No siempre era fácil empatizar con esas necesidades y había profesionales que eran incluso refractarios a que las medidas de accesibilidad pudieran condicionar su diseño.

Afortunadamente, determinados argumentos que se escuchaban entonces ya prácticamente no se oyen. Poco a poco la accesibilidad ha ido calando en la sociedad y creo que entre los técnicos lo ha hecho incluso algo más rápido.

¿Qué importancia ha tenido la formación en ese cambio?

Ha sido fundamental. Yo hice mi primer curso de accesibilidad como alumno en 2007. En 2008 entré como profesor y desde 2010 hasta 2026 he sido coordinador de ese curso. Por él han pasado algo más de 600 profesionales del Ayuntamiento de Madrid.

Era un curso humilde y



Gerardo Santiago durante las V Jornadas de Accesibilidad del Ayuntamiento de Madrid / Fotografía: Carmen Guerrero

pensábamos que nuestro impacto sería pequeño. Pero después de dieciséis años formando a profesionales, ahora veo los resultados en la calle. Los veo en los proyectos y los veo en las obras. Los profesionales saben ya de qué va todo esto y lo tienen mucho más integrado.

También hemos intentado aprovechar la contratación pública como palanca para avanzar en accesibilidad, introduciendo en los pliegos cláusulas específicas de aseguramiento y promoción de la accesibilidad, incluso yendo más allá de lo que en determinados momentos pudiera exigir estrictamente la normativa.

¿Cuáles son los errores más habituales al proyectar un espacio urbano desde el punto de vista de la accesibilidad?

Normalmente proceden de una falta de formación específica. Como proyectista sabes que tienes que cumplir una normativa, la estudias y la aplicas. Pero en accesibilidad universal la normativa todavía está creciendo y determinados parámetros no se entienden bien si desconoces por qué están ahí y qué se persigue con ellos.

La accesibilidad consiste en buscar siempre el máximo posible. Hay que ser posibilista y no utópico, porque a

veces la utopía lleva a no hacer nada. Para aplicar correctamente los criterios según las necesidades reales de los usuarios y las características de cada espacio, necesitas comprender qué es la accesibilidad y por qué las normas dicen lo que dicen.

Además, la accesibilidad no es un estándar, es un traje a medida. Cada proyecto, cada espacio, cada lugar e incluso cada paso de peatones tiene sus peculiaridades.

¿Qué le dirías a un ingeniero que acaba de terminar sus estudios y quiere incorporar la accesibilidad a su trabajo?

Seguramente en la universidad le habrán hablado de la normativa. Pero, si quiere hacer una aplicación correcta de esa normativa y comprender realmente qué pretende conseguir, no debe quedarse ahí. Tiene que buscar formación específica.

Eso le ayudará a hacer mejor esa parte de su trabajo. Y hacer mejor esa parte significa, finalmente, hacer mejor su trabajo. El producto tendrá más calidad y esa calidad repercute directamente en los ciudadanos.

También has impulsado desde hace años el acercamiento de CITOP Madrid a la accesibilidad y el diseño universal. ¿Por qué considerabas necesario implicar al Colegio?

Un ingeniero Civil que trabaje, por ejemplo, en determinadas obras hidráulicas puede pensar inicialmente que la accesibilidad no le afecta. Pero hay muchísimos compañeros dedicados a urbanización y otros ámbitos en los que resulta fundamental.

Mi intención era trasladar la necesidad de tener conocimientos de accesibilidad universal dentro de nuestra profesión, independientemente del área específica a la que uno se dedique.

Nuestra tarea a veces es complicada y pasamos momentos duros, pero también es una profesión muy gratificante porque ves los resultados.

En Arquitectura, por ejemplo, tradicionalmente han tenido más interiorizado que la accesibilidad es algo que les corresponde. En nuestra profesión quizá no estaba tan metida en el ADN.

Y creo que el Colegio es precisamente el organismo a través del cual podemos realizar esa labor de difusión y facilitar a los colegiados el conocimiento y su aplicación.

Siempre se pueden hacer más cosas. También es cierto que la labor de los colegios profesionales es complicada: se ponen en marcha muchas iniciativas y la participación de los colegiados no siempre responde a las expectativas. A veces recibimos mucho, pero quizá no aportamos lo suficiente.

Ahora participas en Accesible360. ¿Qué persigue este proyecto?

Accesible360 tiene una vertiente profesional de consultoría en materia de accesibilidad, pero paralelamente se ha creado lo que hemos denominado el Panel de Expertos en Entornos Inclusivos, una especie de foro o, guardando las distancias, think tank.

Quienes trabajamos en accesibilidad participamos en muchos foros a lo largo del año. Tenemos debates y reuniones interesantísimas, planteamos cuestiones, pero muchas veces lo que se cuece en esos foros se queda allí.

El panel nace con la intención de reunir a profesionales, debatir cuestiones específicas sobre accesibilidad y, después, dar difusión a lo



Gerardo Santiago y Carmen Guerrero durante un momento de la entrevista / Fotografía: Carmen Guerrero

debatido. Queremos tener cierto impacto en la sociedad, poner encima de la mesa necesidades que quizá no son suficientemente conocidas. Porque, muchas veces, si no se detecta la necesidad, no se empieza a trabajar en la solución. Invito a conocer lo que hacemos en este Panel visitando nuestra web accesible360.org.

Uno de vuestros primeros asuntos de debate ha sido la relación entre inteligencia artificial y accesibilidad.

Sí. Todos hemos trasteado ya con alguna aplicación de inteligencia artificial y aparentemente resulta muy sencilla: tienes una pantalla, escribes lo que quieres y obtienes una respuesta. Visto así, podría decirse que es algo muy accesible.

Pero, cuando lo analizas, descubres que no lo es tanto. Existen problemas de accesibilidad en el uso de determinadas aplicaciones y, además, en la información o los recursos que se obtienen pueden aparecer sesgos potencialmente discriminatorios.

Para un profesional interesado en inteligencia artificial puede ser muy interesante conocer este otro matiz: qué problemas de accesibilidad están generando las aplicaciones actuales y cómo podemos abordarlos.

También eres mentor en el Ayuntamiento de Madrid. ¿Qué intentas transmitir a otros profesionales?

Sobre todo entusiasmo. No sé si llamarlo amor por tu trabajo o, simplemente, aprender a disfrutar de lo que haces.

Nuestra tarea a veces es complicada y pasamos momentos duros, pero también es una profesión muy gratifi-

cante porque ves los resultados. En la empresa privada, especialmente en construcción, los ves muy directamente: estás haciendo una obra y observas su progreso día a día.

En el servicio público los plazos para ver el resultado suelen ser más largos, pero, cuando llega, el efecto puede ser mucho más potente.

Por eso insisto mucho en que, cuando ponemos en marcha un proyecto o una iniciativa, debemos trabajar con el máximo esfuerzo y hacer el mejor trabajo posible. Aunque en determinado momento termine guardado en un cajón, si ese trabajo surgió para responder a una necesidad y la necesidad continúa existiendo, habrá que resolverla algún día. Si el trabajo es bueno, acabará saliendo a flote.

Siempre hay que poner ilusión en lo que haces, intentar hacerlo lo mejor posible y disfrutar con ello.

Si pudieras hablar con el joven ingeniero que comenzó a trabajar en 1985, ¿qué consejo le darías?

Que fuera más paciente. Seguramente, más paciente.

Le felicitaría, eso sí, por el entusiasmo, la curiosidad y las ganas de aprender que tenía, aunque, como te he dicho, creo que cuarenta años después sigo manteniéndolas. Especialmente las ganas de aprender.

Es importante tener claro cuál es el objetivo de tu trabajo.

También los principios y los valores que impulsan tu actuación.

Son la guía a la que tienes que recurrir cuando aparecen dudas o tienes que elegir entre distintas alternativas.

¿Y qué puede aprender vuestra generación de quienes se incorporan ahora a la profesión?

Muchísimo. Siempre hay que estar abierto al aprendizaje, sin poner cortapisas por ninguna razón ni por ningún prejuicio. Cualquier persona puede enseñarte cosas.

Los profesionales jóvenes tienen en determinados aspectos una formación muy superior a la que tuvimos nosotros. Y también podemos alimentarnos de ese entusiasmo con el que llegan, si acaso el nuestro decae.

En una profesión cada vez más digitalizada, ¿qué no debería perder nunca un buen ingeniero?

Sean cuales sean las herramientas, es importante tener claro cuál es el objetivo de tu trabajo, el objetivo final. Porque lo demás son herramientas.

También es fundamental tener claros los principios y los valores que impulsan tu actuación. Son la guía a la que tienes que recurrir cuando aparecen dudas o tienes que elegir entre distintas alternativas.

Si tienes claro cuál es el objetivo final y cuáles son tus principios, puedes determinar cuál es la solución más adecuada para alcanzarlo.

Después de casi cuatro décadas, ¿qué sigue ilusionándote de la profesión?

Continuar aprendiendo. Aprender de la profesión, de mis compañeros, de los profesionales con los que trabajo e intentar hacer mi trabajo cada día mejor. Intentar que cada proyecto sea mejor que el anterior.

¿De qué logro profesional te sientes especialmente satisfecho?



Jornada "Monitorización y buenas prácticas en materia de accesibilidad en municipios", organizada por Accesible EU-España. Gerardo Santiago, junto a Sara B. García, en este momento Tesorera del CITOP Madrid, Noelia Cuenca y Rafael Morán, Directora y Subdirector de la Oficina de Accesibilidad del Ayuntamiento de Madrid. / Fotografía: Carmen Guerrero

Hay un proyecto que no es especialmente grande, pero del que me siento muy orgulloso: el Área Intermodal de Felipe II.

Y también me siento orgulloso —aunque evidentemente los logros nunca son personales, porque siempre interviene muchísima gente— de que hoy el Ayuntamiento de Madrid trate la accesibilidad como la trata.

Creo que tuve algo que ver en ello. En 2015 planteé una iniciativa que contó después con el apoyo de muchos aliados y sectores y que terminó contribuyendo a que en 2019 se creara la Oficina de Accesibilidad, que continúa funcionando.

Me siento orgulloso —aunque los logros nunca son personales, interviene muchísima gente— de que hoy el Ayto de Madrid trate la accesibilidad como lo hace

Nunca los logros son exclusivamente personales. Tú puedes haber sido la chispa que encendió la mecha inicial o haber ayudado a conducir las cosas, pero siempre son fruto de la participación de muchas personas.

MADRID SE TRANSFORMA BAJO TIERRA

MANUEL ROJAS PÉREZ. Ingeniero Civil y Vicedecano del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

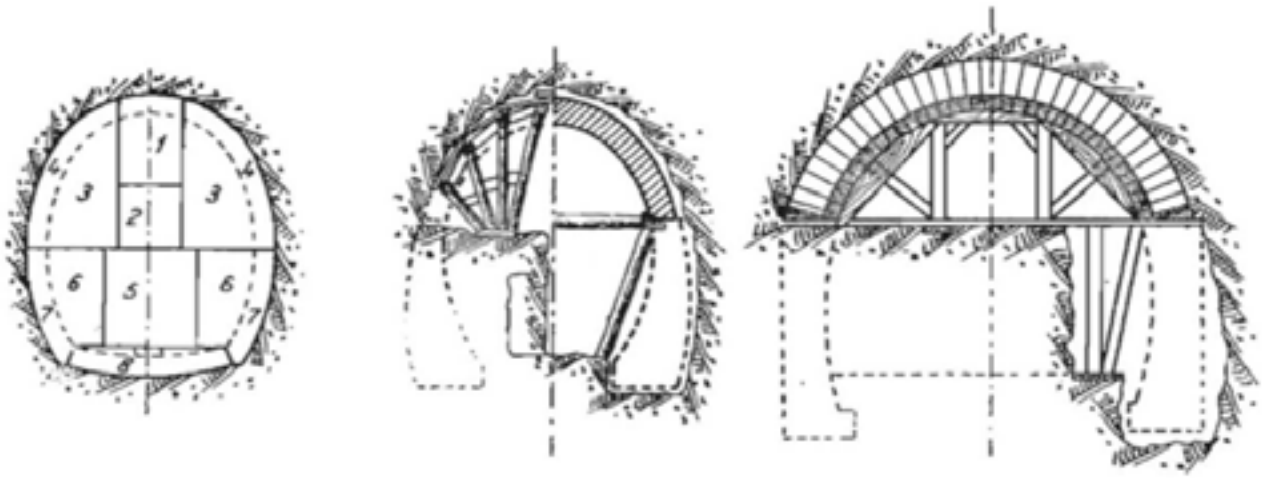
A treinta metros bajo las calles de Madrid, una máquina de 98 metros de longitud avanza varios metros cada día en silencio. Por encima circulan miles de vehículos por la M-30, los trenes llegan a Atocha y la actividad cotidiana continúa aparentemente ajena a lo que sucede bajo tierra. Pero allí abajo se está construyendo una de las infraestructuras urbanas más complejas actualmente en ejecución en España: la ampliación de la Línea 11 de Metro de Madrid entre Plaza Elíptica y Conde de Casal. La dificultad no reside únicamente en excavar un túnel de más de seis kilómetros. Consiste en hacerlo atravesando un subsuelo ocupado por infraestructuras existentes, terrenos yesíferos, redes de servicios, cimentaciones, colectores y corredores ferroviarios, manteniendo al mismo tiempo la estabilidad del terreno y minimizando las afecciones sobre una ciudad que nunca deja de funcionar.
Cuando la tuneladora Mayrit complete su recorrido, el resultado visible serán nuevas estaciones y menores tiempos de viaje. Pero la verdadera historia está en la ingeniería que hace posible esa transformación.

Del método belga a la presión equilibrada

La primera línea de Metro de Madrid comenzó a construirse en 1917. Aquel sistema se ejecutó mediante el denominado método belga: excavaciones sostenidas con entibaciones de madera y revestidas posteriormente con fábrica de ladrillo. La extracción de materiales se realizaba mediante vagonetas arrastradas por mulas mineras. Durante décadas, aquella técnica permitió construir gran parte de la red subterránea madrileña.

La diferencia con la Línea 11 no puede explicarse simplemente como un paso del "pico y pala" a la tuneladora. El verdadero salto tecnológico es otro. Hace un siglo, se excavaba primero y se sostenía después. Hoy se controla el terreno durante la excavación.

Durante buena parte del siglo XX, la construcción del Metro de Madrid se apoyó en técnicas heredadas de la minería tradicional. La excavación se realizaba mediante el denominado método belga, con sostenimientos provisionales de madera y revestimientos posteriores de ladrillo. La extracción del material tampoco estaba mecanizada: las vagonetas eran arrastradas por mulas mineras que trabajaban en



Esquema del proceso constructivo por el método belga. /Fuente: Escario, 1943

el interior de los túneles. La imagen puede parecer lejana, pero algunas de estas prácticas llegaron a convivir con la red hasta la década de 1960.

La diferencia con la Línea 11 no puede explicarse simplemente como un paso del "pico y pala" a la tuneladora. El verdadero salto tecnológico es otro. Hace un siglo, se excavaba primero y se sostenía después. Hoy se controla el terreno durante la excavación.

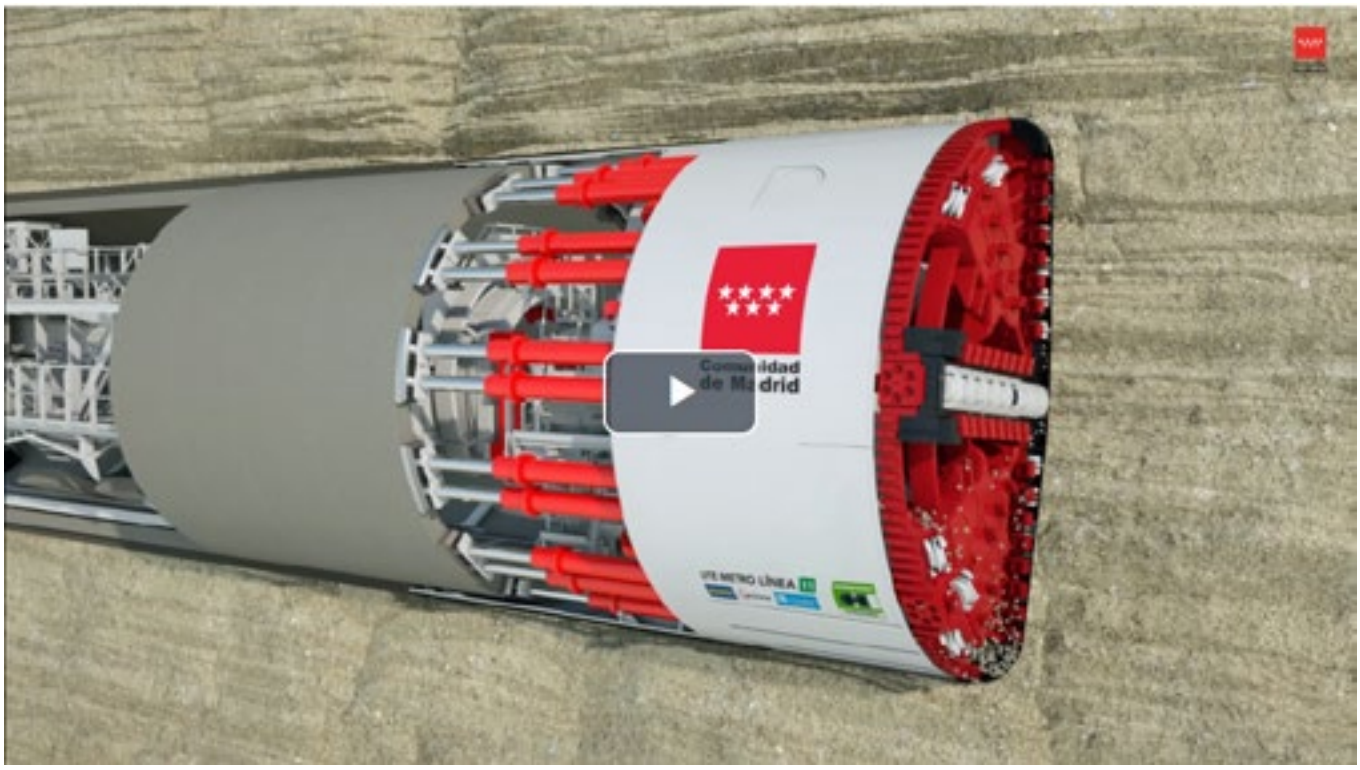
Un siglo después, una sola tuneladora EPB es capaz de excavar, sostener el terreno e instalar el revestimiento definitivo prácticamente de forma simultánea. La comparación no ilustra únicamente una evolución tecnológica; muestra cómo ha cambiado la forma de gestionar el riesgo geotécnico y el control de la excavación.

La tuneladora Mayrit opera mediante tecnología EPB (Earth Pressure Balance), manteniendo un equilibrio continuo entre las presiones del terreno y el frente de excavación. El sostenimiento definitivo se instala prácticamente al mismo tiempo que avanza la máquina, mediante anillos prefabricados de hormigón.

Esta evolución refleja una transformación profunda de la ingeniería de túneles: el objetivo ya no es únicamente construir una infraestructura, sino hacerlo controlando



Red de San Luis - Fuencarral. 17 de julio de 1917 /Fuente: Metro de Madrid



Esquema conceptual del proceso de excavación mecanizada mediante la tuneladora Mayrit./ Fuente Comunidad de Madrid

deformaciones, minimizando afecciones y garantizando la convivencia con una ciudad completamente desarrollada.

La obra invisible: construir entre infraestructuras

Desde el exterior, la ampliación de la Línea 11 puede parecer una obra lineal.

En realidad, se asemeja mucho más a una operación quirúrgica. La futura infraestructura debe convivir con una densidad de elementos enterrados difícilmente comparable con la existente cuando se construyeron las primeras líneas del suburbano madrileño.

El trazado atraviesa o se aproxima a:

- Los túneles de la M-30.
- El corredor ferroviario de Atocha.
- Las líneas 1, 3 y 6 de Metro.
- Grandes colectores urbanos.
- Redes de abastecimiento.

Un siglo de crecimiento subterráneo

- 1919: 4 km de red y 8 estaciones.
- Actualidad: 295 km de red y más de 300 estaciones.
- Más de un siglo después de su inauguración, Metro de Madrid sigue ampliándose mediante tecnologías que habrían resultado inimaginables para los constructores de la primera línea.



Trazado de la ampliación de la Línea 11 / Fuente Comunidad de Madrid

- Conducciones de gas.
- Infraestructuras eléctricas.
- Galerías de telecomunicaciones

Por ello, la cuestión central ya no consiste únicamente en perforar un túnel. Consiste en decidir por dónde hacerlo.

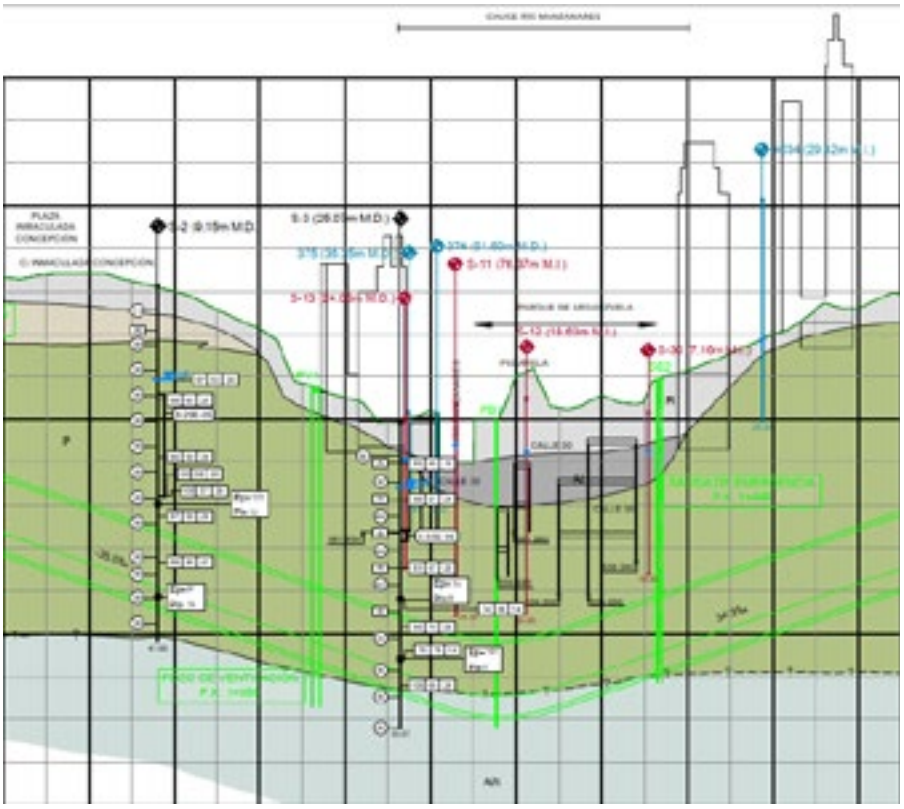
Uno de los ejemplos más ilustrativos es el entorno de Madrid Río. La remodelación de la M-30 generó una compleja red de túneles y estructuras enterradas que condicionó significativamente la definición del corredor ferroviario. El trazado finalmente adoptado evitó algunas de las interferencias más desfavorables mediante un desplazamiento hacia el ámbito de Comillas.

Cruce bajo el Manzanares

Pocas actuaciones sintetizan mejor la complejidad de la ampliación que el paso bajo el río Manzanares.

Desde un punto de vista estrictamente constructivo, perforar bajo un río no es excepcional. Lo singular aparece cuando el corredor debe coexistir simultáneamente con túneles viarios, cimentaciones, infraestructuras urbanas y condicionantes geométricos de explotación ferroviaria.

El resultado es un problema tridimensional donde la geometría del trazado, la profundidad de excavación y la ubicación de las estructuras existentes condicionan tanto la definición del proyecto como el método constructivo elegido.



Perfil geotécnico del entorno del río Manzanares. / Fuente: INTECSA, GIS y ÁBALO.

En este punto, la geotecnia deja de ser un condicionante más para convertirse en uno de los parámetros que gobiernan la viabilidad de la solución.

La magnitud del problema puede cuantificarse.

Los estudios previos identificaron centenares de potenciales interferencias entre saneamiento, abastecimiento, electricidad, telecomunicaciones, gas y galerías de servicios.

Considerando únicamente las afecciones recogidas en la documentación informativa, el proyecto llegó a inventariar más de 250 posibles interferencias con infraestructuras y servicios urbanos.

Ésta es probablemente una de las características que mejor define la actuación: cada metro de avance debe convivir con una ciudad que ya existe.

El terreno manda

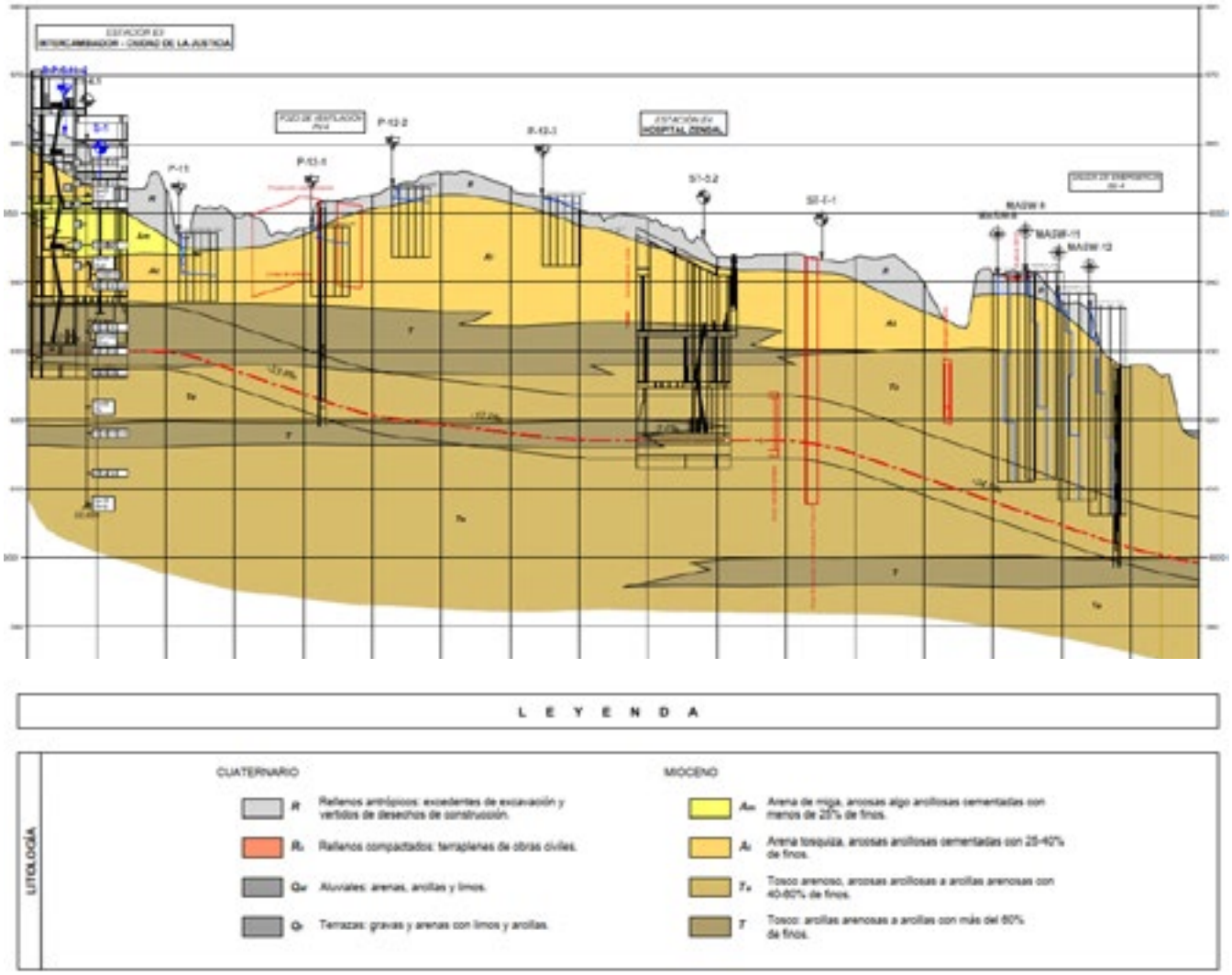
Todo proyecto de túneles acaba respondiendo a una realidad inalterable: el terreno tiene siempre la última palabra.

La documentación pública del proyecto sitúa la mayor parte del trazado sobre materiales característicos de la cuenca terciaria de Madrid, con una predominancia significativa de las denominadas Peñuelas, acompañadas por Toscos, arcillas y niveles yesíferos.

Más del 80% del recorrido previsto de la tuneladora se desarrolla sobre este tipo de materiales. Para el ingeniero, esta circunstancia resulta especialmente relevante. Los yesos plantean interrogantes asociados a fenómenos de disolución, agresividad química y durabilidad. Las arcillas pueden presentar comportamientos expansivos. Las variaciones de contenido de agua afectan directamente al comportamiento mecánico de determinadas formaciones.

A ello se suma la presencia de niveles freáticos variables, especialmente sensibles durante excavaciones profundas y cruces bajo zonas urbanas complejas. En consecuencia, la geotecnia deja de ser una disciplina de apoyo para convertirse en uno de los elementos centrales del proyecto.

La elección de la tuneladora, la definición de los revestimientos, las estrategias de inyección y los criterios de auscultación dependen directamente del modelo geo-



Perfil geotécnico representativo de la estratigrafía del terreno en un punto del trazado. / Fuente: INTECSA, GIS y ÁBALO.

lógico-geotécnico adoptado.

La obra se construye en hormigón y acero. Pero, en gran medida, se diseña en función de la respuesta del terreno.

Mayrit y la fábrica subterránea

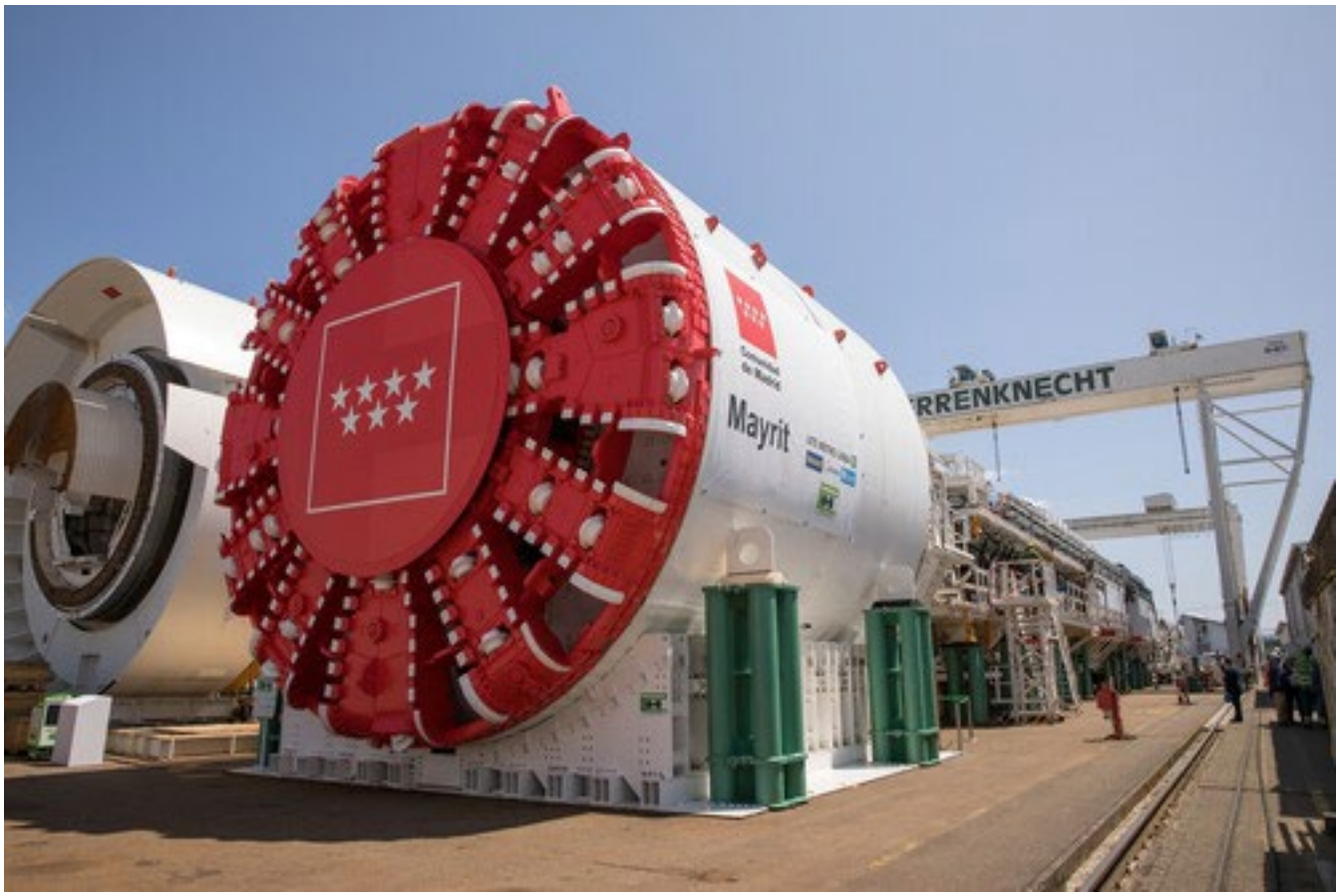
La imagen más visible del proyecto es la tuneladora Mayrit. Con aproximadamente 98 metros de longi-

¿Qué significa excavar a 30 metros de profundidad?

Las futuras estaciones y parte del trazado se desarrollan a profundidades próximas a los 30 m bajo la superficie. A esa cota, y considerando pesos específicos habituales de 18-20 kN/m³ para los materiales atravesados, la tensión vertical geostática puede superar los 500-600 kPa.

Dicho de otro modo, cada metro cuadrado de excavación soporta el equivalente aproximado al peso de entre 50 y 60 toneladas de terreno.

La misión principal de una tuneladora EPB no consiste únicamente en excavar. Su función es mantener el equilibrio entre esas presiones naturales del terreno y el frente de excavación para evitar movimientos, pérdidas de confinamiento o deformaciones superficiales.



Tuneladora Mayrit / Fuente: Metro de Madrid

tud, 1.500 toneladas de peso y un diámetro exterior cercano a 9,4 metros, constituye una auténtica fábrica móvil instalada bajo la ciudad.

A medida que avanza, la máquina no se limita a excavar. También construye. Tras la cabeza de corte se instalan los anillos de revestimiento formados por dovelas prefabricadas de hormigón. Según la información divulgada por la Comunidad de Madrid, el tramo requerirá más de 3.000 anillos y del orden de 25.000 dovelas. Ver

La magnitud de esta operación industrial suele pasar desapercibida. Cada uno de esos elementos debe fabricarse, verificarse, transportarse e instalarse con tolerancias milimétricas. En conjunto, el número de dovelas necesarias supera ampliamente la población de numerosas ciudades medias españolas. El túnel no se construye de forma continua. Se fabrica pieza a pieza, anillo a anillo.

Detrás de esta aparente simplicidad existe una logística industrial extraordinariamente compleja. Cada anillo debe fabricarse, almacenarse, transportarse, introducirse en el túnel y montarse con una precisión milimétrica. La propia excavación genera además cientos de miles de metros cúbicos de tierras.

La estrategia elegida ha concentrado la extracción principalmente en el entorno de Comillas, donde las cintas transportadoras alimentan zonas temporales de acopio antes de su traslado definitivo.

La obra no termina en el frente de excavación. Continúa en las plantas de prefabricación, en los centros logísticos, en las instalaciones de tratamiento y en los emplazamientos de destino de las tierras extraídas. La tuneladora es solo la parte visible de una cadena productiva mucho mayor.

Infraestructura invisible

La ampliación de la Línea 11 refleja una evolución que ha experimentado toda la ingeniería civil durante las últimas décadas: la creciente capacidad para medir, monitorizar y documentar el comportamiento real de las infraestructuras durante su construcción.

Las obras subterráneas siempre han requerido observación, control y toma de decisiones sobre el terreno. Lo que ha cambiado es la cantidad de información disponible y la velocidad con la que puede analizarse.

¿Cuánto tarda en construirse lo que se recorre en minutos?

Cuando entre en servicio, los viajeros atravesarán el nuevo tramo en apenas unos minutos. Recorrer a pie los 6,6 km del trazado requeriría aproximadamente una hora y veinte minutos.

Sin embargo, construir ese mismo recorrido ha exigido años de planificación, campañas geotécnicas, estudios ambientales, coordinación de infraestructuras, fabricación específica de una tuneladora de 1.500 toneladas, miles de anillos prefabricados y centenares de profesionales trabajando simultáneamente.

Es una buena recordatorio de una realidad habitual en ingeniería: cuanto más sencilla parece una infraestructura para el usuario final, mayor suele ser la complejidad técnica que permanece oculta.

El proyecto incorpora previsiones sobre asientos, afecciones, comportamiento hidrogeológico y respuesta del terreno. Sin embargo, la verdadera validación de estas hipótesis se produce durante la ejecución, mediante la comparación continua entre lo previsto y lo observado.

- Auscultación.
- Piezometría.
- Control topográfico.
- Monitorización estructural.
- Seguimiento ambiental.
- Control de vibraciones.

Todos estos sistemas constituyen una infraestructura paralela, invisible para el ciudadano, pero esencial para la gestión de una obra de esta complejidad.

En cierto modo, hoy se construyen dos infraestructuras simultáneamente. La primera es el túnel. La segunda es el sistema de información que permite conocer, prácticamente en tiempo real, cómo responde el terreno, cómo evolucionan las estructuras y si los parámetros observados permanecen dentro de los rangos previstos.

La experiencia y el criterio técnico continúan siendo tan importantes como siempre. La diferencia es que actualmente pueden apoyarse en volúmenes de información y capacidades de seguimiento

Una montaña oculta bajo Madrid

Tomando como referencia un diámetro de excavación próximo a 9,4 m y una longitud superior a 5 km ejecutada mediante tuneladora, el volumen excavado ronda los 360.000 m³ de material.

Equivale aproximadamente al volumen de 145 piscinas olímpicas.

Gestionar ese material constituye una obra dentro de la propia obra: extracción, transporte interno, acopio temporal, carga, trazabilidad y valorización o depósito final forman parte de la misma cadena productiva que permite avanzar a la tuneladora.

impensables hace tan solo unas décadas.

Una tuneladora puede excavar miles de metros. Un modelo geológico puede anticipar comportamientos. Pero son los datos obtenidos durante la ejecución los que permiten contrastar hipótesis, afinar decisiones y verificar el comportamiento real de la obra.

Por ello, una parte importante del valor de las infraestructuras contemporáneas no reside únicamente en lo que construyen, sino también en la capacidad de relacionar previsiones, mediciones y resultados a lo largo de todo el proceso constructivo.

Hoy, en una obra subterránea se construyen dos infraestructuras a la vez: el túnel y el sistema de información que permite conocer cómo responde el terreno en tiempo real.

Las grandes obras siempre se han construido sobre conocimiento y experiencia. Hoy, además, pueden apoyarse en una capacidad de medición y seguimiento sin precedentes.

Epílogo: un siglo después

Cuando los promotores del primer Metro de Madrid obtuvieron la concesión en 1917, la ciudad apenas superaba los seiscientos mil habitantes. Hoy la situación



Obras de ampliación de la Línea 11 / Fuente: Grupo Rover



Obras de ampliación de la Línea 11 / Fuente: Grupo Rover

es radicalmente distinta. Las infraestructuras se han multiplicado, el subsuelo se ha densificado y las exigencias técnicas, ambientales y sociales son incomparablemente mayores.

Sin embargo, existe una continuidad evidente entre aquel primer túnel y la ampliación de la Línea 11. En ambos casos, la ingeniería busca resolver el mismo problema: permitir que una ciudad siga creciendo sin detenerse.

La diferencia es que, un siglo después, el reto ya no consiste únicamente en construir bajo tierra. Consiste en hacerlo mientras todo lo demás continúa funcionando sobre ella.

Cada medición aporta evidencia real sobre el comportamiento de la obra, transformando incertidumbres e hipótesis en conocimiento contrastado.

Metro de Madrid ha empleado prácticamente todas las grandes técnicas de construcción subterránea utilizadas en la ingeniería española: desde el método belga de las primeras décadas, pasando por el método tradicional de Madrid desarrollado tras la generalización del hormigón, hasta las actuales tuneladoras de presión equilibrada. La Línea 11 reúne buena parte de esa evolución en una misma obra, donde conviven excavaciones tradicionales, estaciones ejecutadas mediante cut & cover y túneles mecanizados de última generación.

Nota editorial: Este reportaje ha sido elaborado a partir del análisis y contraste de documentación pública, expedientes de contratación, estudios informativos, publicaciones técnicas, información corporativa de las entidades participantes y comunicaciones institucionales relacionadas con la ampliación de la Línea 11 de Metro de Madrid. La interpretación, síntesis, estructura narrativa y conclusiones editoriales son responsabilidad exclusiva de la redacción.

DEL GEMELO DIGITAL AL TRANSPORTE AUTÓNOMO

Redacción

Madrid está construyendo nuevas líneas de Metro, ampliando infraestructuras y renovando algunos de sus principales ejes de transporte. Pero otra transformación, menos visible, tiene lugar al mismo tiempo. No ocurre bajo tierra ni se mide en kilómetros de nuevas vías: radica en los datos y en la capacidad de utilizarlos para comprender, anticipar y gestionar mejor la movilidad.

La Comunidad de Madrid ha anunciado este mes la creación de un gemelo digital regional, una réplica virtual del territorio que combinará información en tiempo real, Inteligencia Artificial (IA) y computación cuántica para mejorar la gestión de los servicios públicos.

El planteamiento supone ir un paso más allá de la mera recopilación de información. El sistema estará preparado para analizar más de un millón de variables procedentes de distintas fuentes e integrará modelos tridimensionales de carreteras, edificios, infraestructuras y espacios naturales, actualizados mediante información obtenida de sensores, cámaras, satélites y otros dispositivos.

El objetivo de este proyecto es convertir esa enorme cantidad de datos en capacidad de anticipación: detectar problemas, simular escenarios y estudiar posibles soluciones antes de trasladarlas al mundo real.

Y la movilidad será uno de sus principales campos de aplicación. El gemelo digital podrá contribuir a anticipar congestiones, conocer el estado de las carreteras y del transporte público, proponer itinerarios alternativos o estudiar previamente qué efectos puede tener una obra, un gran evento o un incremento extraordinario de viajeros sobre el sistema.

CITRAM: del tiempo real a la predicción

Esta evolución hacia una gestión basada en datos tiene un ejemplo especialmente significativo en el transporte público: la transformación del Centro de Innovación y Gestión del Transporte Público de Madrid (CITRAM).

El actual CITRAM ya permite al Consorcio Regional de Transportes de Madrid supervisar durante las 24 horas y en tiempo real el funcionamiento del sistema de transporte público, integrando operadores e infraestructuras. El gran salto implica conseguir que el centro no solo conozca qué está ocurriendo, sino que tenga ma-

El gemelo digital regional irá un paso más allá de la recopilación de información. Integrará modelos 3D de carreteras, edificios, infraestructuras y espacios naturales para obtener mayor capacidad de anticipación



Fotografía: Canva

yor capacidad para anticipar qué puede ocurrir.

La Comunidad de Madrid trabaja en una profunda modernización del centro, con una inversión prevista de 50 millones de euros. El proyecto incorporará nuevas herramientas de monitorización, análisis de datos e inteligencia operativa destinadas a anticipar incidencias, prever la demanda y optimizar la respuesta de la red.

La magnitud del proyecto ha llevado al Consorcio Regional de Transportes a recurrir al sector tecnológico para definir su futuro modelo. Compañías como IBM, LG, Hitachi, Telefónica o Indra han presentado su candidatura para participar en su desarrollo.

El pasado 2 de septiembre, el Consejo de Gobierno dio un nuevo paso al autorizar la contratación, por más de dos millones de euros, para la asistencia técnica especializada para acompañar al CRTM durante las distintas fases de desarrollo e implantación.

La movilidad será uno de sus principales campos de aplicación

Todo este proceso afectará directamente a los más de seis millones de viajeros que utilizan diariamente la red de transporte público madrileña a la hora de disponer de información más precisa sobre sus desplazamien-



Andén de la L6 tras las obras que han preparado la infraestructura para la conducción autónoma / Fotografía:Metro de Madrid

tos, mejores previsiones de tiempos de espera y avisos anticipados cuando se produzcan alteraciones.

Un gran acontecimiento deportivo o un macroconcierto, una avería o un cambio inesperado en los patrones habituales de movilidad podría ser un buen ejemplo de ello.

La aspiración del nuevo modelo es poder analizar la información disponible, prever cómo puede evolucionar la demanda y adaptar con mayor rapidez la respuesta del sistema. Este será el paso de una movilidad monitorizada a una movilidad progresivamente predictiva.

La inteligencia llega también al vehículo

Pero la transformación tecnológica de la movilidad madrileña no se limita a los centros de control.

La Comunidad de Madrid ha anunciado también recientemente un proyecto piloto de conducción autónoma que comenzará a funcionar de manera experimental durante el último trimestre de 2026 en entornos reales de la región, inicialmente en municipios como Madrid y Alcobendas.

La iniciativa arrancará con vehículos VTC autónomos y contará con la participación de desarrolladores de software, operadores de flotas, compañías de VTC y representantes del sector del taxi. Según la información facilitada por el Gobierno Regional, el proyecto tendrá inicialmente una duración de dos años, prorrogable, y no implicará la concesión de nuevas licencias de taxi ni autorizaciones de VTC.

Pero esta no es una actuación aislada: Madrid trabaja también en una nueva línea de autobús autónomo en Leganés, mientras que la renovación integral de la Línea



Centro de control del CITRAM / Fotografía:CITRAM

6 de Metro contempla su automatización a lo largo de 2027.

Datos: la nueva infraestructura

Durante décadas, transformar el transporte significaba fundamentalmente construir: nuevas carreteras, túneles, estaciones, líneas ferroviarias o intercambiadores. Todo ello continúa siendo imprescindible en función de los desarrollos y circunstancias particulares de la población y el territorio.

Pero sobre esa infraestructura física está creciendo otra capa que será cada vez más determinante: sensores, modelos digitales, sistemas de información, algoritmos, Inteligencia Artificial y centros capaces de interpretar millones de datos en tiempo real.

El reto no consiste simplemente en incorporar más tecnología, sino en darle utilidad y beneficio tangible; esto es, conseguir que esa tecnología permita tomar mejores decisiones, anticipar problemas y prestar un servicio más seguro, eficiente y adaptado a las necesidades reales de los ciudadanos.

El gemelo digital de la Comunidad de Madrid ofrece el marco. El nuevo CITRAM llevará esa filosofía al corazón de la gestión del transporte público. Y los primeros proyectos de movilidad autónoma trasladarán parte de esa inteligencia hasta los propios vehículos.

La transformación de Madrid seguirá teniendo hormigón, acero, túneles y estaciones. Pero cada vez tendrá también más datos, más capacidad de predicción y una infraestructura digital que no siempre veremos, aunque influirá directamente en nuestra forma de movernos por la ciudad.

ADJUDICADA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN SOTO SUR

Redacción

ADIF ha adjudicado por 15 millones de euros las obras de construcción de la nueva estación de Cercanías Soto Sur, una infraestructura clave para prolongar la línea C-4b desde Colmenar Viejo hasta Soto del Real.

La nueva estación será la cabecera de la ampliación de la línea, cuyos trabajos de prolongación se encuentran aún en fase de ejecución, y será clave para facilitar el acceso a la movilidad sostenible de proximidad a más poblaciones del norte de la Comunidad (Miraflores de la Sierra y Guadalix de la Sierra, además de Soto del Real), hasta ahora dependientes de la carretera como vía de movilidad a Madrid.

El proyecto combina la recuperación del patrimonio ferroviario, a través de su histórico edificio de viajeros, construido en 1955 y declarado Bien de Interés Patrimonial, con la creación de una infraestructura completamente renovada.

Las obras incluirán la finalización de los dos andenes de 240 metros de longitud, que estarán comunicados mediante un paso inferior accesible equipado con ascensores y escaleras y cubiertos por marquesinas en 80 metros.

El proyecto combina la recuperación del patrimonio ferroviario con una infraestructura completamente renovada

Además, el proyecto contempla la construcción de un aparcamiento con más de 500 plazas, la remodelación de los accesos viarios y peatonales, la reposición del carril bici, espacio para paradas de otros modos de transporte y la creación de



Aérea panorámica. Infografía de la Estación Soto Sur de Cercanías Madrid/ Fotografía: ADIF



Recreación del exterior de la nueva estación de Soto del Real / Fotografía: ADIF

zonas verdes para integrar la estación en el entorno de la sierra madrileña.

Edificio BIP

El contrato incluye la rehabilitación integral del edificio histórico de la antigua estación para convertirlo en una estación moderna, sostenible, funcional y accesible.

Albergará el vestíbulo, la zona de venta de billetes y los aseos, entre otros espacios.

Asimismo, potenciará su sostenibilidad con sistemas de aprovechamiento de energía solar y de ventilación natural.

El proyecto incluye: dos andenes, un paso inferior accesible con ascensores y escaleras y cubiertos por marquesinas. Además, un aparcamiento con 500 plazas, accesos viarios y peatonales, carril bici y zonas verdes

Al norte de este edificio histórico se construirá uno nuevo, de 155,8 m^2, que acogerá el área de restauración, y al sur, otros dos pequeños para instalaciones técnicas.

25 AÑOS DESPUÉS DEL 11-S: QUÉ APRENDIÓ LA INGENIERÍA DE LA CAÍDA DE LAS TORRES GEMELAS

MANUEL ROJAS PÉREZ. Ingeniero Civil y Vicedecano del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

Veinticinco años después del 11-S, la respuesta de la ingeniería al colapso de las Torres Gemelas no es una explicación monocausal. La investigación federal del National Institute of Standards and Technology (NIST) describió una secuencia encadenada de hechos: el impacto dañó elementos estructurales y sistemas de protección; el fuego se extendió en varias plantas; el calentamiento redujo la capacidad y alteró la geometría de elementos y conexiones; la redistribución de esfuerzos dejó de ser viable en zonas localizadas; y el colapso se inició antes de progresar bajo la acción de la gravedad. La principal herencia profesional trasciende la ciudad de Nueva York. Afecta a cómo se proyectan hoy edificios de gran altura, cómo se verifica la protección pasiva, cómo se diseñan las rutas de evacuación, cómo se analiza la robustez frente a acciones accidentales y cómo se conserva la información crítica de un activo durante toda su vida útil.

El colapso de las Torres 1 y 2 no se atribuye a una causa única. La explicación técnica del NIST encadena seis fenómenos: daños producidos por el impacto, pérdida localizada de protección contra incendios, incendios prolongados y multiestrato, deformaciones térmicas y pérdida de propiedades mecánicas, pérdida local de estabilidad y progresión del colapso bajo la masa descendente.

El alcance de esa conclusión también importa. El NIST reconstruyó la secuencia hasta la iniciación del colapso con fotografías, vídeos, acero recuperado, ensayos y modelos de impacto, incendio y respuesta estructural. No afirmó disponer de una medición directa de cada daño interior ni de una simulación detallada segundo a segundo de toda la fase posterior. La diferencia entre evidencia observada, hipótesis de entrada y resultado calculado es una de las lecciones metodológicas más valiosas del caso.

¿Quién investigó el colapso y por qué?

Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001, el Gobierno Federal de Estados Unidos impulsó una investigación técnica sin precedentes para determinar las cau-



Las Torres 1 y 2 del World Trade Center, una solución de estructura tubular que marcó la ingeniería de edificios altos de su época / Fuente: New York Times

sas del colapso de las Torres Gemelas. A diferencia de los accidentes aéreos, que habitualmente son investigados por la National Transportation Safety Board (NTSB), Estados Unidos no disponía entonces de un organismo específicamente encargado de analizar fallos catastróficos en edificios de gran altura. La primera evaluación fue realizada por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), pero la complejidad del caso llevó a encomendar una investigación exhaustiva al National Institute of Standards and Technology (NIST), organismo científico dependiente del Department of Commerce especializado en metrología, materiales, comportamiento estructural y seguridad contra incendios.



The World Trade Center in Lower Manhattan. /Fuente: NIST

La investigación fue desarrollada por el NIST bajo las competencias posteriormente reforzadas por la National Construction Safety Team Act, cuya finalidad es identificar las causas técnicas de fallos relevantes en edificios e infraestructuras y formular recomendaciones para mejorar la seguridad pública. Su objetivo no era atribuir responsabilidades penales ni civiles, sino reconstruir la secuencia física de los acontecimientos, evaluar el comportamiento de la estructura, los sistemas de protección contra incendios, los proce-

Hora (EDT)	Acontecimiento	Relevancia técnica
08:46:40	Impacto del vuelo AA 11 en WTC 1.	Se inicia una condición accidental compuesta: pérdida de elementos, combustible dispersado, daño de compartimentación y afección local de protección pasiva.
09:02:59	Impacto del vuelo UA 175 en WTC 2.	La geometría, velocidad, trayectoria y zona dañada son distintas; no procede trasladar mecánicamente el comportamiento de una torre a la otra.
09:58:59	Iniciación del colapso de WTC 2.	NIST la vincula a daño grave del núcleo y a incendios persistentes en la zona este, con pérdida local de estabilidad de la fachada.
10:28:20–22	Iniciación del colapso de WTC 1.	NIST la sitúa en relación con la respuesta térmica y estructural de la zona sur, incluida la tracción hacia dentro ejercida por los forjados deformados.

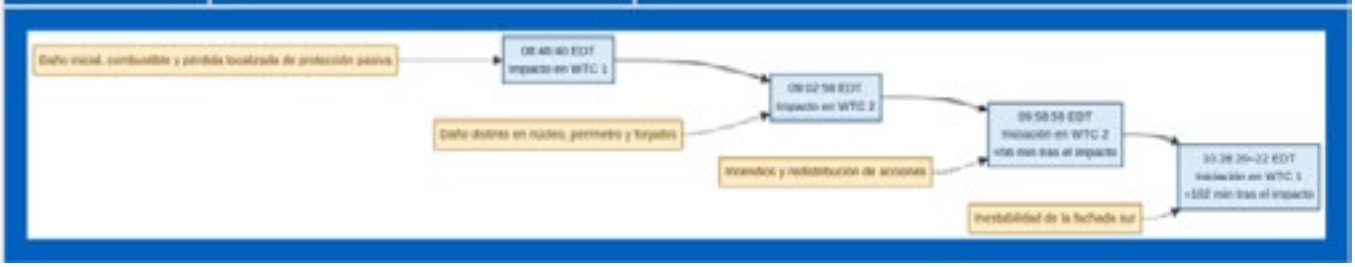


Figura 1. Cronología editorial de la secuencia técnica. Las horas corresponden a la hora de verano del Este de Estados Unidos (EDT) / Elaboración propia a partir de NIST NCSTAR 1 y las FAQ oficiales de NIST.

dimientos de evacuación y la respuesta de emergencia, y extraer lecciones aplicables al diseño y explotación de futuras edificaciones.

El programa movilizó durante varios años a centenares de especialistas y generó 43 informes técnicos finales que suman aproximadamente 10.000 páginas. Aunque participaron expertos de numerosas disciplinas, la ingeniería civil y estructural desempeñó un papel central en la investigación. Entre los responsables técnicos figuraban especialistas como S. Shyam Sunder, ingeniero civil y doctor en ingeniería estructural por el MIT; John L. Gross, doctor en Ingeniería Civil y Ambiental por Cornell University; Therese P. McAllister, referente internacional en ingeniería estructural y resiliencia; así como otros expertos en comportamiento estructural, análisis de daños, modelización numérica y respuesta de las estructuras frente al fuego. El equipo se completó con ingenieros de protección contra incendios, especialistas en materiales, expertos en dinámica de impactos, análisis térmico, evacuación y comportamiento humano, arquitectos,

investigadores de emergencias y analistas de comunicaciones.

La combinación de ensayos experimentales, análisis forense de elementos recuperados, reconstrucción de incendios, simulaciones computacionales y contraste con evidencia documental convirtió la investigación del World Trade Center en uno de los estudios multidisciplinares más extensos realizados sobre el fallo de una estructura.

Para la ingeniería civil, el valor de esta investigación trasciende el caso particular de las Torres Gemelas. Sus métodos de análisis, modelización y contraste forense constituyen hoy una referencia para el estudio de colapsos estructurales, incendios complejos y evaluación de la robustez de infraestructuras críticas.

Conocido el marco institucional y metodológico de la investigación, resulta más sencillo interpretar las conclusiones técnicas del NIST y comprender la secuencia de acontecimientos que condujo al colapso.

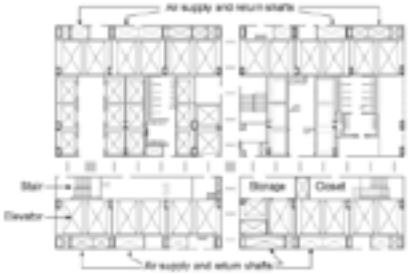
Qué ocurrió: una cronología para leer el fallo como sistema

El 11 de septiembre de 2001, dos Boeing 767-200ER impactaron contra las Torres Gemelas con dieciséis minutos de diferencia. Se trataba de aeronaves bimotor de fuselaje ancho, de aproximadamente 48,5 m de longitud y 47,6 m de envergadura, diseñadas para un peso máximo al despegue próximo a 179 t. En el caso del vuelo AA11, el avión habría alcanzado la Torre Norte con una masa estimada de unas 129 t (283.600 lb), transportando todavía alrededor de 30.000 kg de combustible de aviación (10.000 galones), además de pasajeros y carga. Las velocidades reconstruidas por el NIST fueron de 713 km/h para el WTC 1 y 872 km/h para el WTC 2. La magnitud energética del suceso excedía ampliamente las acciones accidentales contempladas habitualmente en los códigos de edificación de la época, al combinar impacto de alta energía, daño estructural severo, pérdida localizada de protección pasiva e incendios multiestrato.

La Torre Norte, WTC 1, fue alcanzada a las 08:46; la Torre Sur, WTC 2, a las 09:02. El inicio del colapso de WTC 2 se situó a las 09:58:59 EDT y el de WTC 1 entre las 10:28:20 y las 10:28:22 EDT. Los tiempos (aproximadamente 56 y 102 minutos desde cada impacto) no expresan una resistencia al fuego normalizada. Describen dos secuencias extremas con daño inicial, distribución de incendios y respuesta estructural diferentes.

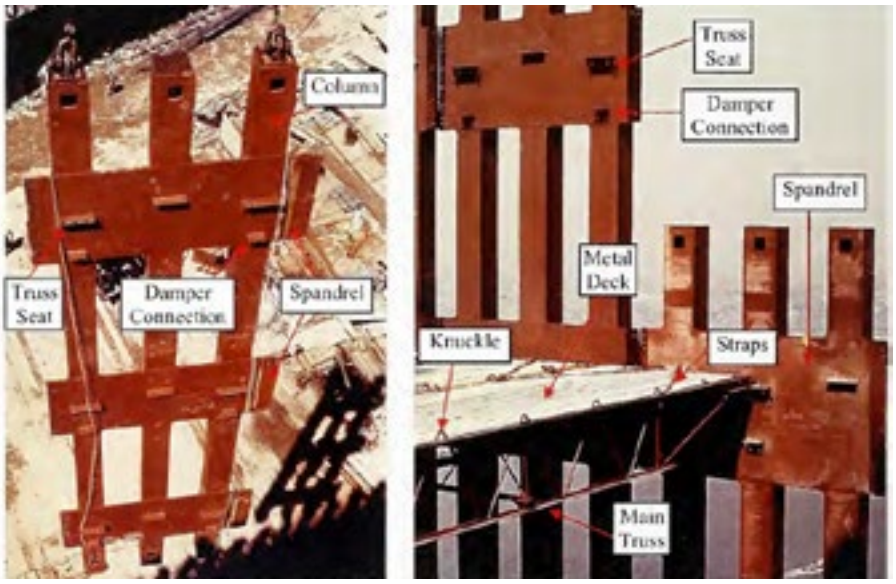
Cómo estaban diseñadas las torres

Las Torres 1 y 2 tenían 110 plantas y una planta aproximadamente cuadrada de 207 ft 2 in (63,15 m) de lado, unos 63,15 m. Las cubiertas se encontraban a 1.368 ft en WTC 1 y a 1.362 ft en WTC 2, unos 417 m y 415 m. Su solución estructural combinaba cinco subsistemas: el tubo exterior de acero sobre rasante, un núcleo de pórticos, pórticos arriostrados bajo rasante, forjados compuestos y cerchas de coronación o hat trusses entre la planta 107 y la cubierta.



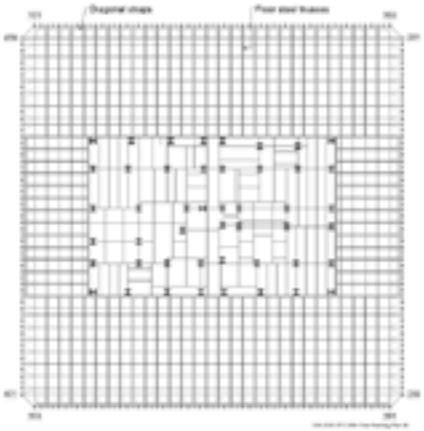
Plano arquitectónico típico de los pisos de la torre WTC. /Fuente: NIST

El perímetro actuaba como un tubo estructural. Entre las plantas 9 y 107, cada cara recta tenía 59 columnas cajón próximas, unidas por placas-viga de antepecho o



Conjunto de columnas perimetrales, paneles de antepecho (spandrels) y estructura de forjados. Fuente: desconocida. Facilitada por NIST.

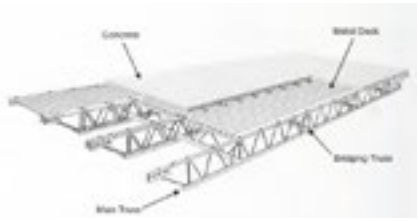
spandrels. Los paneles perimetrales prefabricados medían aproximadamente 10 ft × 36 ft, unos 3,05 m × 10,97 m. La separación entre columnas, del orden de 1,02 m, y el canto de los spandrels proporcionaban la respuesta dominante frente a las acciones laterales. El núcleo concentraba sobre todo la función gravitatoria en la superestructura y participaba en la respuesta lateral en plantas de arriostramiento, mecánicas y de coronación.



Plano típico de ensamblaje del piso / Fuente: NIST

Los forjados cumplían un doble papel: soportaban las cargas de oficina y arriostaban lateralmente las columnas perimetrales. Esta doble función resultó crítica: cuando el fuego los debilitó, no solo amenazó el colapso local, sino que perdieron su capacidad de estabilizar toda la fachada. La interacción entre estas piezas (perímetro, núcleo, forjados y coronación) es el punto de partida para comprender tanto el desempeño ordinario de las torres como el comportamiento extremo posterior al impacto.

El proyecto tomó como referencia mínima el New York City Building Code de 1968. Para acero se usó la especificación AISC de 1963 mediante tensiones admisibles y, para losas, el método de resistencia última de ACI 318-63. La Port Authority, entidad interestatal, no estaba jurídicamente sujeta a la autoridad local de edificación; su política declarada era satisfacer o superar el código local. Las plantas de oficinas se diseñaron habitualmente para 100 psf, unos 4,79 kPa, frente a los 50 psf citados para oficinas sin almacenamiento en el código de 1968.



Esquema del sistema de vigas de celosía mixtas del forjado. /Fuente: NIST

El viento fue una acción decisiva desde el origen. La norma permitía ensayos de modelo y el proyecto recurrió a campañas en Colorado State University y al National Physical Laboratory, con modelos de una y dos torres, entorno urbano, direcciones de viento, turbulencia, amortiguamiento y efectos de estela. Colorado State University



Figura 3. Máximos documentales de cortante basal y momento de vuelco según presión tabulada y túnel de viento. Los máximos de túnel son independientes: no representan una combinación simultánea. Datos: NIST NCSTAR 1-1, tabla 5-3. Gráfico y conversiones SI de elaboración propia.

realizó más de 2.000 pruebas, unas 200 centradas en la separación entre edificios. La lección sigue vigente: en estructuras esbeltas, el valor de proyecto debe ir acompañado de una caracterización del fenómeno aeroelástico y del entorno, no de una presión aislada.

Qué daños produjo el impacto

La investigación no se limitó a la geometría visible de las aberturas exteriores. NIST construyó modelos explícitos de los Boeing 767-200ER, con fuselaje, alas, empenaje, trenes y motores. A partir de imágenes, vídeo y otros registros, refinó para WTC 1 una velocidad de 443 ± 30 mph, unos 713 ± 48 km/h, y para WTC 2 una velocidad de 542 ± 24 mph, unos 872 ± 39 km/h. Las bandas de incertidumbre no son accesorios estadísticos: delimitan lo que podía afirmarse sobre la reconstrucción.

La concordancia entre la forma calculada y observada de las aberturas exteriores validó parcialmente el modelo de impacto. No hizo observables el daño interior completo, la distribución del combustible, el estado de tabiques ni la pérdida exacta de protección pasiva. Por eso NIST empleó escenarios base, menos severos y más severos, y contrastó sus resultados con evidencia visual y física. En el caso base, calculó tres columnas de núcleo seccionadas y cuatro gravemente dañadas en WTC 1; para WTC 2, cinco seccionadas y cuatro gravemente dañadas. Son resultados de un modelo, no un inventario observado después del suceso.

El antecedente histórico de una aeronave también requiere precisión. El NIST halló una nota de la Port Authority que indicaba un análisis de impacto de un Boeing 707 a 600 mph en 1964. No encontró los criterios, el método, el modelo ni los cálculos de aquel análisis y, por tanto, no pudo verificar la afirmación de que el daño habría sido solo local. Tampoco hay base documental para inferir que ese análisis hubiera abordado los incendios posteriores. Los códigos estadounidenses no exigían entonces, ni



Orificio de entrada de la aeronave fotografiado después del impacto. Fuente: The New York Times.

exigen de forma ordinaria, diseñar un edificio para el impacto de un avión comercial cargado de combustible.

Cómo actuó el fuego

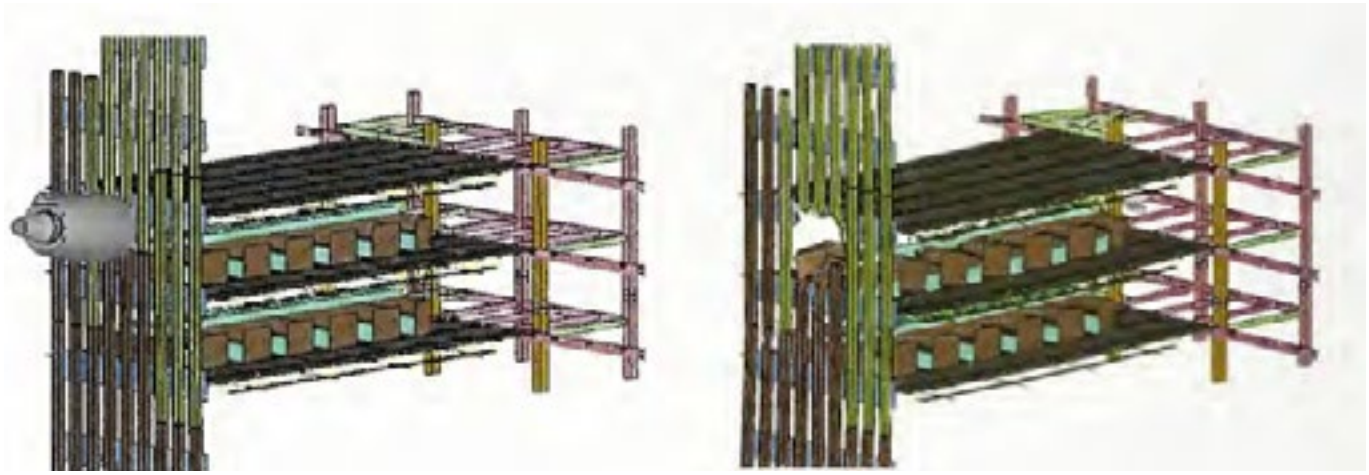
El NIST modeló que aproximadamente el 40% del combustible de aviación (~4.000 galones) quedó disponible para arder dentro de las torres tras las explosiones exteriores iniciales. Esto se distribuyó como condición de entrada en las plantas afectadas. Sin embargo, una vez superados los primeros minutos, el análisis de sensibilidad mostró que la carga combustible de oficina (muebles, papeles) determinaba más el desarrollo del incendio que el detalle exacto de esa cantidad de queroseno.

La afirmación de que «el queroseno no puede fundir el acero» no describe el mecanismo que investigó el NIST. El informe no sostuvo que el acero estructural se hubiera fundido. Sitúa el punto de fusión del acero alrededor de 1.500 °C y las máximas temperaturas calculadas de la capa superior de gases del orden de 1.000 °C. La cuestión técnica es otra: qué temperatura alcanzan los elementos, cuánto se reducen su resistencia y rigidez, cómo se deforman y cómo esas deformaciones se transmiten a las conexiones y a los elementos vecinos.

La protección proyectada contra incendios, sprayed fire-resistive material o SFRM, era una variable crítica. No vuelve inmune al acero; retrasa su calentamiento. Para las cerchas de forjado, el NIST documentó 0,5 in como espesor original especificado, una media construida de



Los escombros recuperados fueron esenciales para la investigación forense y la comprensión del comportamiento estructural durante el incendio. / Fuente New York Times



Respuesta estructural de un subensamblaje de la torre ante el impacto de un motor. Fuente: NIST

0,75 in antes de la mejora de los años noventa y 1,5 in tras esa mejora. En los modelos de impacto, el NIST asignó pérdida completa de protección a elementos situados dentro de campos de escombros de intensidad suficiente. Es una regla de modelización condicionada por el daño calculado, no una inspección elemento por elemento de las plantas destruidas.

Los ensayos de resistencia al fuego de los forjados protegidos mostraron que podían mantener la carga completa de diseño durante más de dos horas bajo las condiciones de ensayo consideradas, aunque con daño térmico y pandeo de diagonales comprimidas. No contradicen la reconstrucción del 11-S. ASTM E119 es un ensayo comparativo normalizado y no reproduce a la vez impacto, pérdida localizada de SFRM, ventilación alterada, incendios en varias plantas, continuidad completa y redistribución global.

Cómo evolucionó la respuesta estructural

El comportamiento frente al fuego no se explica solo por una temperatura máxima. La dilatación térmica puede introducir acciones adicionales cuando el movimiento queda restringido por zonas más frías, apoyos, forjados o conexiones. La pérdida de resistencia y rigidez reduce la capacidad frente a compresión, flexión y pandeo. El pandeo, por su parte, es una inestabilidad geométrica dependiente de rigidez, esbeltez, arriostramiento, longitud de pandeo y estado de esfuerzos. Estos fenómenos pueden coexistir, pero no son equivalentes.

La principal lección para el proyectista es que, en escenarios extremos, el problema no radica únicamente en la pérdida de resistencia de los materiales. Las deformaciones térmicas pueden generar nuevas acciones internas y activar mecanismos de fallo que no aparecen en una comprobación estructural convencional a temperatura ambiente.

El NIST conectó los modelos de impacto, incendio y estructura mediante la interfaz fuego-estructura, Fire Structure Interface o FSI. Las simulaciones de dinámica de incendios producían campos de temperatura; los modelos térmicos calculaban la evolución de acero, SFRM y losas; después se evaluaban componentes, subsistemas y respuesta global. La validación experimental del método mostró en ensayos de gran escala desviaciones medias

del orden de ±5 % para acero desnudo y ±20 % para acero con SFRM. El dato apoya el método dentro del campo ensayado; no convierte las temperaturas interiores de las torres en mediciones directas.

El modelo global no lineal incluyó expansión térmica, plasticidad, fluencia, grandes desplazamientos, inestabilidad y fallos de elementos y conexiones en la zona de impacto y la porción superior de cada torre. Su objetivo era identificar la secuencia hasta la iniciación del colapso. No fue un modelo detallado de los 110 niveles durante toda la fase posterior. Esta

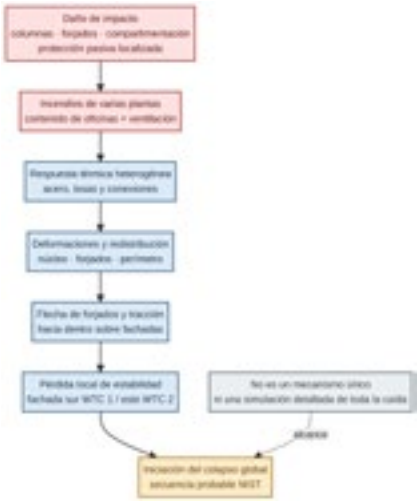


Figura 4. Esquema editorial de la secuencia acoplada de mecanismos. La pérdida local de estabilidad se sitúa en la fachada sur para WTC 1 y en la este para WTC 2. No representa un mecanismo único ni una simulación detallada de toda la caída. Basado en NIST NCSTAR 1 y NCSTAR 1-6.

delimitación es central para interpretar correctamente el informe.

En WTC 1, NIST situó el impacto entre las plantas 93 y 99. Los incendios debilitaron columnas de núcleo y forjados del lado sur. El descuelgue de forjados generó tracción hacia dentro sobre columnas perimetrales calentadas. La pérdida de estabilidad de la pared sur y la transferencia de carga a columnas vecinas iniciaron el giro del bloque superior. En WTC 2, el impacto afectó especialmente al núcleo sureste. Los incendios persistentes al este, donde el modelo estimó pérdida ex-



Figura 5. Examen de acero recuperado durante la investigación del WTC. Procedencia: repositorio de materiales de la investigación NIST, imagen «Steel from Collapsed WTC Towers».

tensa de protección pasiva, favorecieron el descuelgue de pisos y la tracción sobre la fachada este. La diferencia de tiempos entre las torres responde a esa combinación de daños y fuego, no a una variable única.

La investigación reveló que el colapso no fue un fallo aislado, sino la progresión de tres mecanismos acoplados: (1) debilitamiento del núcleo por incendios sin protección, (2) deformación y descuelgue de forjados largos, y (3) pandeo de columnas perimetrales traccionadas. Estos no ocurrieron secuencialmente, sino simultáneamente, en una retroalimentación que aceleró la inestabilidad.

Qué concluyeron las investigaciones

El NIST concluyó que el impacto seccionó y dañó columnas, desalojó protección contra incendios de cerchas y columnas, y dispersó combustible en varias plantas. Los incendios posteriores debilitaron forjados y columnas con protección dañada hasta producir el descuelgue de pisos y tracción hacia dentro sobre las columnas perimetrales. El abombamiento interno de la fachada sur en WTC 1 y de la este en WTC 2 desencadenó la pérdida local de estabilidad que inició cada colapso. Fotografías, vídeo y comunicaciones de la unidad aérea del NYPD apoyaron esa secuencia.

El NIST reunió 43 informes finales, unos 10.000 folios, con modelos de impacto, incendios, respuesta estructural, evacuación y respuesta de emergencia.

La fortaleza de esa investigación está en la convergencia de fuentes y escalas: evidencia exterior, componentes recuperados, ensayos de laboratorio, pruebas de fuego y modelos numéricos. También está en hacer explícitos sus límites, sus casos de cálculo y el alcance de cada conclusión.

Hipótesis analizadas y descartadas: el valor del contraste forense

Las hipótesis alternativas han formado parte del debate público durante un cuarto de siglo. En una revista técnica su interés no es polémico, sino metodológico: permiten explicar qué observaciones se contrastaron, cuáles eran las predicciones físicas de cada hipótesis y por qué no fueron aceptadas por la investigación federal.

El NIST no halló evidencia corroborativa de que las torres hubieran sido derribadas mediante demolición controlada con explosivos o mediante misiles.

Durante 25 años, han circulado hipótesis alternativas sobre el colapso. La investigación del NIST las evaluó sistemáticamente contrastándolas con evidencia física, modelos numéricos y cronología visual. A continuación, se resumen las principales y por qué los datos no las sustentan:

Hipótesis o imagen recurrente	Conclusión oficial y evidencia relevante
Demolición controlada	NIST situó la iniciación en las plantas de impacto e incendio. El vídeo muestra una progresión de arriba hacia abajo y NIST, NYPD, PAPD y FDNY no recopilaron evidencia de explosiones bajo esas plantas al iniciar el descenso del bloque superior.
"Efecto pancake" como causa inicial	NIST no apoyó una falla progresiva de forjados como mecanismo iniciador. Su secuencia necesita que numerosos vínculos de forjado sigan transmitiendo tracción hacia el perímetro para producir el abombamiento interno de las fachadas.
Termita, termato o residuos explosivos	NIST declaró que no ensayó el acero en busca de esos residuos. Explicó que una hipótesis de termita requeriría grandes cantidades, colocación previa, ignición y contacto sostenido con muchos elementos masivos. No es correcto presentar esta cuestión como un «ensayo negativo» inexistente, ni como evidencia de demolición.
Picos sísmicos, "puffs" o metal incandescente	NIST atribuyó los picos sísmicos al impacto de escombros después de la iniciación; interpretó los "puffs" como aire comprimido que expulsaba humo y restos; y atribuyó el flujo localizado de WTC 2 a aleaciones de aluminio de la aeronave calentadas por el incendio.

La conclusión profesional es sencilla: la apariencia visual de un fenómeno no identifica por sí sola un mecanismo. Un análisis forense requiere cronología, geometría de daño, propiedades de materiales, registros instrumentales, ensayos y compatibilidad entre hipótesis. La misma disciplina resulta aplicable a un incendio industrial, un fallo de puente, un desprendimiento de fachada o un colapso parcial durante la construcción.

Lecciones para la ingeniería actual

El caso WTC refuerza que la robustez estructural no equivale a sobredimensionar un único elemento. Consiste en diseñar rutas alternativas de carga, evitar una vulnerabilidad desproporcionada ante un daño local, comprobar la continuidad y las conexiones, y estudiar cómo cambia el sistema cuando desaparece parte de su capacidad. La resistencia frente al colapso progresivo es hoy uno de los objetivos contemporáneos de diseño que el Joint Research Centre de la Comisión Europea identifica como prioritario para el desarrollo normativo europeo.

La resistencia al fuego exige tratar el comportamiento de la estructura, no solo asignar una clasificación de un elemento aislado. Deben comprobarse la temperatura de los materiales, la fluencia, las deformaciones térmicas, el arriostramiento, los apoyos, los mecanismos de catenaria, las conexiones y la capacidad de redistribución. La protección pasiva debe tener una especificación verificable y una trazabilidad de instalación, reparación, modificaciones y mantenimiento. En una obra con múltiples interfases, esa trazabilidad es tan relevante como la memoria de cálculo.

La ingeniería forense no busca confirmar intuiciones, sino descartar hipótesis hasta identificar la explicación compatible con todas las evidencias

La redundancia debe cruzar disciplinas. Afecta a elementos estructurales, abastecimiento de agua, alimentación eléctrica, comunicaciones, compartimentación, itinerarios de evacuación y acceso de equipos de emergencia. La lección de WTC no es añadir indefinidamente sistemas, sino identificar qué fallos comunes pueden degradar simultáneamente varias capas de defensa y diseñar separación, independencia y recuperación operativa.

La evacuación de edificios altos es un problema de sistema. El NIST estimó que evacuó con éxito aproximadamente el 87 % de unos 17.400 ocupantes y el 99 % de quienes estaban por debajo de las plantas de impacto. En WTC 1, 1.355 personas quedaron atrapadas por encima del daño porque se destruyeron todas las rutas de salida; en WTC 2 quedó transitable una de las tres escaleras y al menos 18 personas lograron descender desde las plantas superiores. La separación física de escaleras, la integridad de sus cerramientos, el control de humos, la señalización, la comunicación y el contraflujo con bomberos no son comprobaciones independientes.

La investigación también dejó una huella normativa concreta en Estados Unidos. El NIST documentó cambios posteriores en los I-Codes del ICC, entre ellos una tercera escalera para determinados edificios altos, separación entre escaleras, ascensores de acceso de bomberos, exigencias reforzadas de resistencia al fuego, doble montante de agua, señalización de sali-

da y cobertura radioeléctrica para emergencias. Son cambios de códigos modelo estadounidenses en un contexto determinado; no constituyen exigencias automáticamente trasladables a España. Su interés es mostrar cómo una investigación forense puede transformar prescripciones, prácticas de inspección y objetivos de desempeño.

La gestión de emergencia debe partir de escenarios creíbles de indisponibilidad parcial. Una red de rociadores, una columna seca, una radio, una escalera o un centro de control pueden dejar de funcionar precisamente cuando más se necesitan. Los planes deben definir prioridades, información crítica disponible, autoridad de decisión, comunicaciones redundantes y entrenamiento conjunto de operación, mantenimiento y servicios de emergencia.

El 99 % de las personas situadas por debajo de las plantas de impacto logró evacuar el edificio.

La investigación forense de fallos requiere disciplina documental. La investigación NIST muestra el valor de preservar acero, fotografías, vídeo, registros de radio, planos, especificaciones y resultados de ensayo. Para los propietarios y proyectistas, la consecuencia práctica es conservar un expediente vivo que integre geometría, cargas, materiales, uniones, protección pasiva, instalaciones, reformas, inspecciones y planes de emergencia. Un modelo digital, un registro BIM o un sistema de gestión documental solo aportan valor si la información se mantiene fiable y actualizada.



Panel perimetral exterior impactado por el fuselaje de la aeronave. / Fuente: NIST.

¿Cómo se abordaría hoy?

Un proyecto contemporáneo en el ámbito europeo no reproduciría mecánicamente el marco estadounidense de los años sesenta. Partiría de situaciones de proyecto y combinaciones definidas en la normativa aplicable, del análisis de riesgos propio del activo y de la exigencia de desempeño acordada con la propiedad y la autoridad competente. El marco de EN 1991 contempla, entre otras, acciones debidas al fuego, acciones térmicas y acciones accidentales; su aplicación se combina con los Eurocódigos de materiales para verificar la respuesta estructural.

En España, el CTE DB-SI establece reglas y procedimientos para satisfacer las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Sus secciones cubren propagación interior y exterior, evacuación de ocupantes, instalaciones de protección, intervención de bomberos y resistencia al fuego de la estructura. El propio DB-SI recuerda que

la elevación de temperatura modifica las propiedades mecánicas y genera acciones indirectas por deformación, dos cuestiones centrales en la lectura técnica del WTC.

Para edificios singulares o de alta consecuencia, la práctica actual puede requerir un enfoque prestacional: definición explícita de escenarios, modelización de incendios, análisis térmico-estructural no lineal, comprobación de conexiones y rutas de carga, evaluación de evacuación y validación mediante sensibilidad. Las herramientas digitales permiten integrar modelos BIM, cálculo por elementos finitos, dinámica computacional de fluidos, inventarios de activos y simulaciones de evacuación. No reemplazan el criterio profesional. Hacen más visible la necesidad de documentar hipótesis, validar modelos y gestionar incertidumbres.

El diseño frente a daño local y colapso progresivo también gana peso. El JRC ha publicado orientación específica sobre robustez estructural para impulsar una visión europea armonizada en el diseño, la ejecución y la evaluación. La aplicación concreta depende de la tipología, el uso, la altura, la ocupación, el contexto urbano y el marco nacional. La lección no es importar sin más una regla de Estados Unidos, sino verificar que la estrategia de proyecto ofrece una defensa en profundidad coherente con el riesgo.



Veinticinco años después, el nuevo World Trade Center simboliza la transformación de las enseñanzas del 11-S en criterios de diseño, construcción y operación de edificios de gran complejidad. / Fuente: iStockphoto - ChiccoDodiFC

Veinticinco años después, la principal conclusión técnica no es que las Torres Gemelas estuvieran mal diseñadas, sino que ningún marco normativo de la época contemplaba de forma explícita una combinación simultánea de impacto aeronáutico de gran energía, daño estructural severo, pérdida localizada de protección contra incendios e incendios prolongados en múltiples plantas. La contribución más relevante de la investigación del NIST fue demostrar la necesidad de analizar la estructura como un sistema completo, considerando la interacción entre elementos resistentes, protección pasiva, evacuación, operaciones de emergencia y gestión del riesgo. Muchas de las prácticas actuales relacionadas con la robustez estructural, el comportamiento frente al fuego y la resiliencia de infraestructuras encuentran parte de su origen en las lecciones extraídas del World Trade Center.

Fuente principal de referencia: National Institute of Standards and Technology (NIST), Final Reports of the National Construction Safety Team on the Collapse of the World Trade Center Towers (NCSTAR Series).

Nota sobre las fuentes. Este artículo se basa principalmente en los informes oficiales del National Institute of Standards and Technology (NIST) relativos a la investigación del World Trade Center. Su finalidad es sintetizar para el lector especializado los antecedentes, metodología, hallazgos y lecciones técnicas más relevantes de dicha investigación. Las conclusiones sobre el comportamiento estructural, los incendios y los mecanismos de colapso corresponden al NIST y no deben interpretarse como opiniones o hipótesis propias del autor.


COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS
ZONA DE MADRID
LA INGENIERÍA CIVIL NOS UNE.
EL COLEGIO TE ACOMPAÑA.
CITOP MADRID · PROFESIÓN · RESPALDO · FUTURO
www.citopmadrid.es

HORMIGONES QUE ALMACENAN CARBONO: ¿EL PRÓXIMO SALTO DE LOS MATERIALES EN INGENIERÍA CIVIL?

Redacción

El biochar abre la posibilidad de fabricar hormigones con balances negativos de CO_2, mientras las arcillas calcinadas avanzan como una alternativa más madura para reducir el contenido de clínker. Pero pasar del laboratorio y los prototipos a las infraestructuras exige responder a cuestiones mucho más terrenales: resistencia, durabilidad, coste, fraguado y puesta en obra.

¿Puede un metro cúbico de hormigón tener una huella de carbono negativa? La pregunta habría resultado sorprendente hace apenas unos años. Hoy existen ya prototipos que permiten, al menos bajo determinados límites del análisis de ciclo de vida, responder afirmativamente.

Holcim ha documentado recientemente una mezcla desarrollada junto a Canary Wharf Group en la que se incorporó biochar producido a partir de residuos forestales y posos de café. El resultado declarado es una huella de −14 kg CO_2e por metro cúbico, considerando el potencial de calentamiento global neto correspondiente a las fases A1-A3, es decir, desde la extracción y suministro de materias primas hasta la fabricación del producto a la salida de planta.

¿Puede un metro cúbico de hormigón tener una huella de carbono negativa?

La precisión importa. No significa que cualquier estructura ejecutada con ese hormigón vaya a presentar automáticamente un balance negativo durante todo su ciclo de vida. Pero sí muestra un cambio conceptual importante: después de décadas intentando fabricar hormigones que emitan menos, algunas investigaciones buscan que el propio material pueda almacenar suficiente carbono como para compensar determinadas emisiones asociadas a su producción.

El biochar es una de las vías exploradas para conseguirlo.

Del residuo vegetal al hormigón

El biochar es un material rico en carbono obtenido mediante pirólisis de biomasa. En lugar de dejar que el carbono capturado previamente por esa biomasa vuelva rápidamente a la atmósfera durante su descomposición, el proceso permite estabilizar una parte en forma sólida.

Ese material puede incorporarse posteriormente a productos cementicios. Holcim sostiene que cada kilogramo de determinados biochars puede evitar la liberación de hasta tres kilogramos de CO_2 y ya ha realizado varios proyectos piloto. Además del ensayo con Canary Wharf, empleó hormigón con biochar en un prototipo de vivienda a escala real desarrollado con ELEMENTAL, el estudio del arquitecto Alejandro Aravena, para la Bienal de Arquitectura de Venecia de 2025.

La investigación académica ofrece también resultados prometedores. Revisiones recientes encuentran que pequeñas dosificaciones correctamente seleccionadas pueden mejorar determinadas propiedades mecánicas y de durabilidad. Sin embargo, cuando aumenta excesivamente la cantidad incorporada, esas ventajas pueden desaparecer e incluso producirse pérdidas de prestaciones.

Ahí empieza precisamente la parte más interesante para la Ingeniería Civil.

Porque una cosa es fabricar un prototipo y otra construir un puente, un túnel, una plataforma ferroviaria o miles de metros cúbicos de una infraestructura.

A PIE DE OBRA: ¿QUÉ CAMBIA AL UTILIZAR BIOCHAR?

Trabajabilidad. Es probablemente una de las primeras variables que habrá que controlar. La elevada superficie específica y porosidad del biochar pueden incrementar la absorción de agua y modificar sensiblemente la reología del hormigón. El agua absorbida no parece necesariamente perjudicar la hidratación, pero sí puede afectar a la trabajabilidad. Incluso el sistema de mezclado puede influir debido a la baja densidad del biochar.

Fraguado. No existe una regla universal. Las características del biochar —materia prima, temperatura de pirólisis, granulometría o superficie— influyen notablemente. La literatura recoge casos de aceleración del fraguado, pero los resultados no son suficientemente homogéneos como para asumir ese comportamiento en cualquier formulación.

Resistencia. A dosificaciones optimizadas puede mejorar, pero "más biochar" no significa "mejor hormigón". Una revisión de 2025 sitúa habitualmente las dosificaciones óptimas como sustitución del ligante en torno al 25 %, aunque el resultado depende mucho del material empleado.

Bombeo y colocación. Las modificaciones reológicas obligan a estudiar cada formulación y, en su caso, ajustar agua, granulometría, tratamiento del biochar y superplastificantes.

Desencofrado. No puede atribuirse al biochar una reducción o ampliación general de los plazos. La decisión deberá seguir vinculada al desarrollo real de resistencia exigido por el elemento.

Coste. Todavía resulta difícil establecer un sobrecoste universal: pesan la disponibilidad de biomasa, la producción mediante pirólisis, el tratamiento posterior, la calidad exigida, el transporte y la escala industrial.

Conclusión práctica: el biochar es prometedor, pero todavía no es un ingrediente intercambiable que pueda incorporarse a cualquier hormigón sin rediseñar y verificar la mezcla.



Holcim UK y Canary Wharf obtienen el producto biochar / Fotografía: Biochar Today

Arcillas calcinadas: menos llamativas, pero más cerca de la infraestructura

En paralelo avanza otra tecnología que no debe confundirse con el biochar: las arcillas calcinadas.

Su objetivo fundamental no es almacenar carbono dentro del hormigón, sino evitar emisiones reduciendo la cantidad de clínker necesaria para fabricar cemento.

La producción del clínker concentra buena parte de la huella de carbono del cemento. Así, sustituir una fracción elevada mediante materiales cementantes suplementarios constituye una de las principales estrategias de descarbonización.

Entre las soluciones que más interés están generando se encuentra el denominado LC3 —Limestone Calcined Clay Cement—, basado en la combinación de clínker, arcilla calcinada, caliza y yeso. Las revisiones científicas recientes sitúan potenciales reducciones de emisiones del orden del 30-40 % frente al cemento Portland convencional, aunque el resultado concreto depende de la composición y del proceso industrial.

La diferencia con el biochar es importante: aquí no estamos tanto ante una tecnología que aspire a convertir el hormigón en sumidero de carbono como ante una solución que pretende fabricar cemento utilizando considerablemente menos clínker. Y su grado de madurez es mayor.

Existen experiencias industriales de fabricación de cementos ternarios con alrededor de un 50% de clínker que han obtenido prestaciones comparables a cementos Portland en determinadas aplicaciones. Un ensayo industrial publicado en Materiales de Construcción, revista del CSIC, produjo 130 toneladas y estimó reducciones de las emisiones de fabricación de entre un 25 y un 35 %.

También existe investigación española directamente relacionada con esta tecnología. El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC) ha trabajado en cementos sostenibles que incorporan caliza y arcillas calcinadas, estudiando aspectos tan relevantes para su utilización como la durabilidad, la carbonatación y las propiedades reológicas de los sistemas LC3.

No se trata, por tanto, únicamente de reducir CO_2. Para la obra civil, la cuestión fundamental es si esa reducción puede conseguirse manteniendo las prestaciones exigidas durante décadas.

Durabilidad: donde la descarbonización se encuentra con la Ingeniería Civil

Las arcillas calcinadas presentan resultados especialmente interesantes en este terreno.

Su reacción puzolánica y la interacción entre arcilla y caliza generan productos adicionales de hidratación y modifican la microestructura del material. La documentación al respecto más reciente recoge mejoras en determinadas formulaciones frente a la penetración de cloruros y otros ataques químicos, aunque también identifica variables que deben seguir estudiándose, entre ellas la carbonatación, la variabilidad de las materias primas y la compatibilidad con aditivos.

Para una infraestructura, esta cuestión puede resultar tan importante como el carbono incorporado inicialmente.

Un hormigón con menor huella de fabricación que obligase a reparar o sustituir prematuramente una estruc-

SI VOY A PRESCRIBIR UN HORMIGÓN BAJO EN CARBONO, ¿QUÉ DEBO PREGUNTAR?

1¿Cuál es exactamente la reducción de CO y cómo se ha calculado?

Comprobar el alcance del análisis: A1-A3 no equivale al ciclo de vida completo.

2¿Qué componente se sustituye?

Clínker, cemento, árido fino u otros componentes producen efectos técnicos y ambientales diferentes.

3¿Qué resistencia necesito y a qué edad?

No basta con conocer la resistencia a 28 días si el proceso exige desencofrar o pretensar antes.

4¿Cómo cambia la trabajabilidad?

Revisar consistencia, retención de asentamiento, bombeabilidad y necesidad de superplastificantes.

5¿Qué exposición tendrá la estructura?

Cloruros, carbonatación, sulfatos, hielo-deshielo y otros mecanismos de deterioro deben formar parte de la elección.

6¿Existe suministro estable a escala de obra?

Fabricar algunos metros cúbicos para un demostrador no equivale a garantizar miles de metros cúbicos homogéneos.

7¿Qué documentación respalda las prestaciones?

Declaraciones ambientales, ensayos, control de producción, normalización y trazabilidad resultan especialmente importantes en materiales emergentes.

8¿Cuánto cuesta realmente puesto en obra?

Comparar no solo €/m^3, sino aditivos, tiempos, bombeo, productividad, mantenimiento y vida útil.



Planta de cemento de caliza y arcilla calcinada LC3 / Fotografía: https://stablediffusionweb.com/

tura podría perder buena parte de su ventaja ambiental. Por eso, hablar de hormigones bajos en carbono en Ingeniería Civil exige hablar simultáneamente de vida útil, mantenimiento y durabilidad.

¿Más sostenible significa más caro?

No necesariamente. Pero tampoco puede afirmarse todavía que estos hormigones sean sistemáticamente más baratos.

En el caso del biochar, la economía depende mucho de dónde se produce, qué residuo se utiliza, qué tratamiento requiere y a qué distancia se encuentra la obra. El salto desde pequeños volúmenes experimentales hasta una producción homogénea capaz de abastecer grandes infraestructuras será determinante.

Las arcillas calcinadas parten con una ventaja distinta: determinadas arcillas adecuadas y la caliza son materias primas relativamente abundantes y la temperatura necesaria para activar la arcilla es sustancialmente inferior a la empleada para producir clínker. Además, la tecnología puede integrarse con modificaciones relativamente limitadas en determinadas instalaciones cementeras existentes.

El balance económico, sin embargo, dependerá de la disponibilidad local de arcillas apropiadas, inversiones industriales, energía, transporte, aditivos y escala de producción.

Y en obra aparece otra variable: el tiempo.

Si una formulación modifica el desarrollo de resistencia inicial, la trabajabilidad o los tiempos de fraguado, pueden repercutir sobre bombeos, ciclos de encofrado, prefabricación o programación de tajos. Por tanto, el coste relevante para el constructor no es únicamente el precio de una tonelada de cemento: es el coste global de colocar el material y conseguir las prestaciones requeridas en el plazo previsto.

Del hormigón bajo en carbono al hormigón adecuado

La carrera por reducir la huella del hormigón probablemente no tendrá un único ganador. Arcillas calcinadas, reducción del factor clínker, biochar, áridos reciclados, captura y mineralización de CO_2 y diseños estructurales capaces de utilizar menos

material forman parte de un mismo proceso de transformación.

El biochar introduce una posibilidad especialmente sugerente: que el hormigón deje de limitarse a emitir menos y pueda incorporar carbono estable. El resultado de −14 kg CO_2e/m³ comunicado por Holcim muestra hasta dónde puede llegar esa idea bajo determinadas condiciones y límites de cálculo.

Las arcillas calcinadas plantean una revolución quizá menos llamativa, pero potencialmente mucho más inmediata para la Ingeniería Civil: reducir significativamente la cantidad de clínker utilizando materias primas relativamente abundantes y manteniendo las prestaciones necesarias para fabricar hormigón a gran escala. La investigación más reciente sigue señalando, no obstante, desafíos en materias primas, aditivos, durabilidad y despliegue industrial.

Para el ingeniero, por tanto, la pregunta quizá no deba ser si el hormigón del futuro será capaz de alcanzar un balance negativo de carbono.

La pregunta práctica es otra: cuánto carbono podemos reducir o almacenar sin comprometer resistencia, durabilidad, ejecución, coste ni vida útil.

En Ingeniería Civil el hormigón más sostenible no será necesariamente el que presente la cifra de CO_2 más espectacular a la salida de fábrica, sino el que consiga mantener las prestaciones requeridas, pueda fabricarse a la escala necesaria y permanezca en servicio durante el tiempo para el que fue proyectado.

El hormigón más sostenible no será necesariamente el que presente la cifra de CO_2 más espectacular, sino el que garantice resistencia, durabilidad y vida útil

Fuentes y documentación

Holcim — 5 construction innovations to watch in 2026. Incluye los casos de hormigón con biochar, el prototipo de ELEMENTAL y el hormigón desarrollado con Canary Wharf Group con un GWP neto A1-A3 declarado de −14 kg CO_2e/m³. Consultar fuente de Holcim

Rani, V. U.; Kumar, P. R.; Nayaka, R. R. — Harnessing biochar for green construction: A review of its applications in cement and concrete. Journal of Building Engineering, 2025. Revisión sobre dosificaciones, propiedades mecánicas, durabilidad y reducción de emisiones. Consultar artículo científico

Progress and prospects of biochar as concrete filler: A review. Alexandria Engineering Journal, 2025. Especialmente útil para propiedades en estado fresco, trabajabilidad, fraguado y comportamiento del biochar. Consultar revisión sobre biochar

Clarifying the effect of biochar on the hydration, setting, workability, and mechanical strength of cementitious materials. Construction and Building Materials, 2025. Interesante para las implicaciones prácticas de mezclado, agua y trabajabilidad. Consultar estudio

A comprehensive review of limestone calcined clay cement (LC3). Results in Engineering, 2025. Revisión de prestaciones mecánicas, durabilidad, materias primas y reducción de emisiones del LC3. Consultar revisión sobre LC3

Calcined clay as a low-carbon cementitious material. Cleaner Waste Systems, 2025. Útil para trabajabilidad, demanda de agua, superplastificantes, resistencia y durabilidad. Consultar estudio sobre arcillas calcinadas

Vizcaíno-Andrés et al. — Industrial trial to produce a low clinker, low carbon cement. Materiales de Construcción-CSIC. Caso de fabricación industrial de cemento con arcilla calcinada y caliza y reducción del factor clínker. Consultar artículo en Materiales de Construcción-CSIC

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC) — Workshop on Limestone Calcined Clay Cements. Incluye investigación del Instituto sobre las propiedades reológicas de sistemas LC3; documentación del CSIC recoge asimismo trabajos del Grupo de Química del Cemento sobre durabilidad de cementos con caliza y arcillas calcinadas. Consultar programa del IETcc-CSIC

Nota: Este artículo tiene carácter divulgativo y pretende acercar al lector algunos de los principales aspectos técnicos del proyecto.

AGENDA Y OPORTUNIDADES

Formación, empleo y citas imprescindibles para los próximos meses.

PRÓXIMOS EVENTOS:

20 - 21 Oct. 2026

CIVIL TECH DAY

Jornada técnica sobre innovación en diseño y entrega de infraestructuras, organizada con Bentley Systems.

Más información

20 - 21 Oct. 2026

JORNADAS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Organizadas por el Ayuntamiento de Madrid, esta VII edición se celebrará el 20 y 21 de octubre de 2026 en el Centro Cultural Eduardo Úrculo, con inscripción gratuita y formato presencial y online

Más información

9 Nov. 2026

CURSO AVANZADO DE IA PARA INGENIEROS

Formación especializada en inteligencia artificial aplicada a la Ingeniería Civil, en casos prácticos y herramientas actuales.

Más información

9 Nov. 2026

MADRID BUSINESS BRIDGE 2026

Foro internacional de negocios e intercambios económicos con presencia del CITOP Madrid.

Más información

FORMACIÓN Y VENTAJAS:

30%
iDidactia
en toda su oferta formativa
Más información

20%
Nebrija
en el Grado Universitario en Ingeniería CIvil presencial (oficial)
Más información

20%
ingnova
en las tarifas de matrícula en todas sus formaciones online
Más información

30%
Zigurat
Máster BIM en Ingeniería Civil y GIS
Más información

10%
UOC
descuento matrícula de sus formaciones
Más información

10%
King´s Training
en cursos de inglés en distintos formatos
Más información

Consulta convenios y condiciones en www.citopmadrid.es o madrid@citop.es

EMPLEO:

Ofertas de empleo CITOP MADRID

Ofertas Consejo CITOP

Ofertas de empleo INECO

Ofertas internacionales. EURES

OTRAS CONVOCATORIAS:

GENERA
24 al 26 noviembre / IFEMA
Más información

CONSTRUCTEC
10 al 13 noviembre / IFEMA
Más información

CONAMA
10 al 13 noviembre / Centro de Convenciones Norte (IFEMA)
Más información



COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS - ZONA DE MADRID

www.citopmadrid.es