

# inGEOpres

Ingeniería civil,  
hidráulica,  
urbana,  
geológico-minera  
y medioambiental

[www.ingeopres.es](http://www.ingeopres.es)

Mayo 2019

[www.interempresas.net](http://www.interempresas.net)



# EL GRAN ESPECTÁCULO DE LAS VEGAS



NO SE LO  
PUEDE  
PERDER



LA MAYOR FERIA DE LA  
CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA  
**CONEXPOCONAGG.COM**

DEL 10 AL 14 DE MARZO DE 2020 | LAS VEGAS, EE. UU.

## SIEMPRE LISTOS PARA ABORDAR LOS DESAFÍOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIBILIDAD

### PRODUCTO PARA ANCLAJES



## C2MIX AK

- Magnífica trabajabilidad  
No requiere aditivación en obra  
Bombeos estables y a larga distancia  
Evitan problemas de obturaciones  
Se mantiene la trabajabilidad durante 1 hora  
Protección adecuada del anclaje
- Altas resistencias mecánicas  
Iniciales y finales  
Permite acortar plazos de tesado
- Retracción compensada
- Idóneo para la ejecución de anclajes permanentes (relación a/c baja)
- Riguroso control de calidad antes de su uso

### PRODUCTO PARA MICROPILOTES



## C2MIX MK

- Magnífica trabajabilidad  
No requiere aditivación en obra  
Elevada fluidez (tamaño máx partic <1mm)  
Evitan problemas de obturaciones
- Altas resistencias mecánicas  
Iniciales y finales  
A flexión y compresión
- Resistente a sulfatos
- Retracción compensada
- Riguroso control de calidad antes de su uso

### PRODUCTOS PARA INYECCIONES



## C2MIX <sup>GRT</sup> <sup>GRT-FINE SR</sup> <sup>GRT-ULTRAFINE SR</sup>

- Prestaciones genéricas con diferentes tamaño de partícula:  
30 micras (GRT),  
17 micras (GRT-FINE SR)  
9 micras (GR-Ultrafine SR)
- Productos listo al uso con magnífica trabajabilidad  
No requiere aditivación en obra  
Bombeos estables y a larga distancia  
Se mantiene la trabajabilidad durante 1 hora
- Gelificación controlada de la lechada
- Mejora de la productividad y costes de la operación
- Uniforme y robusto
- Riguroso control de calidad antes de su uso

# SE BUSCA

EMPRESA QUE QUIERA  
SUPERAR A  
SU COMPETENCIA  
EN INTERNET

¿Nos envías tu candidatura?



Director: David Muñoz

Redacción: María Fernández

Asesores: José Miguel Galera Fernández, Dr. Ing. de Minas, Felipe Mendaña Saavedra, Dr. Ing. de Caminos, Benjamín Celada Tamames, Dr. Ing. de Minas, Francisco Esquitino Martín, Lic. CC Geológicas,

Manuel Romana García, Dr. Ing. de Caminos  
Colaboradores: Elías Moreno Tallón, Ing. de Caminos, Enrique Castells Fernández, Ing. de Minas, Pedro Ramírez Rodríguez, Ing. de Caminos, Carlos Dinis da Gama, Dr. Ing. de Minas, Juan Carlos Santamarta Cerezal, Dr. Ingeniero de Montes., José Luis Sanz Contreras, Dr. Ing. de Minas., Manuel Bustillo Revuelta, Dr. Cc Geológicas.

Coordinación comercial: Jonathan Añó

Edita: **Interempresasmedia**

Director: Angel Hernández

Director Adjunto: Àngel Burniol

Director Área Industrial: Ibon Linacisoro

Director Área Agroalimentaria: David Pozo

Director Área Construcción

e Infraestructura: David Muñoz

Directora Área Internacional: Sònia Larrosa

Jefes de redacción:

Nerea Gorriti, José Luis París

Redactores: Esther Güell, Javier García,

Nina Jareño, María Fernández, Helena Esteves, Laia

Banús, Laia Quintana, Cristina Mínguez,

Paqui Sáez, Salvador Bravo

[www.interempresas.net/info](http://www.interempresas.net/info)

[comercial@interempresas.net](mailto:comercial@interempresas.net)

[ingepres@interempresas.net](mailto:ingepres@interempresas.net)

grupo **NOVAÀGORA**

Director General: Albert Esteves

Director de Estrategia y

Desarrollo Corporativo: Aleix Torné

Director Técnico: Joan Sánchez Sabé

Director Administrativo: Jaume Rovira

Director Logístico: Ricard Vilà

Amadeu Vives, 20-22

08750 Molins de Rei (Barcelona)

Tel. 93 680 20 27

Delegación Madrid

Av. Sur del Aeropuerto de Barajas, 38 -

Centro de Negocios Eisenhower,

edificio 4, planta 2, local 4

28042 Madrid - Tel. 91 329 14 31

[www.novaagora.com](http://www.novaagora.com)

Audiencia/difusión en internet  
y en newsletters auditada  
y controlada por:



Interempresas Media  
es miembro de:



## 10 >>



## 62 >>



## 06 ACTUALIDAD

## 07 EDITORIAL

Luces y sombras en el sector de la ingeniería

## INFORAMA

### Cimentaciones especiales para el Puente Atirantado Queensferry Crossing sobre el Estuario del Forth en Edimburgo (Reino Unido)

20 Construcción del nuevo puente de arco metálico de Walterdale (Canadá)

31 Empleo de pintura fotocatalítica de base mineral para reducir la contaminación en el túnel de Umberto I en Roma

34 Un viaje a la internacionalización

37 Finalizada con éxito la construcción de los dos túneles gemelos de Follo Line (Noruega)

40 Colocación de productos para la construcción subterránea y cerámica en la Variante de Valico (Italia)

47 Smartcrush pone en marcha a primera planta completa para tratamiento y valorización de RCD de Colombia

50 Transformación en Regadío del Sector XXII de la Subzona de Payuelos - Área Cea, con tuberías de PVC-O

54 El topo para la instalación e acometidas sin zanjas

## BAUMA 2019

### Bauma 2019 bate todos los récords

66 Metso demuestra en Bauma que está preparada para seguir creciendo

69 Indeco presenta sus últimas novedades en Bauma 2019

72 Ischebeck demuestra en Bauma 2019 que está comprometido con la innovación y el servicio al cliente

74 Bauma 2019, en píldoras

81 Segeda adapta sus equipos perforadores neumáticos a la norma UNE-EN 16228

Revista bimestral

D.L.: B-1.997/2017

ISSN Revista: 1136-4785

ISSN Digital: 2462-6058

«La suscripción a esta publicación autoriza el uso exclusivo y personal de la misma por parte del suscriptor. Cualquier otra reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta publicación sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares. En particular, la Editorial, a los efectos previstos en el art. 32.1 párrafo 2 del vigente TRLPI, se opone expresamente a que cualquier fragmento de esta obra sea utilizado para la realización de resúmenes de prensa, excepto si tienen la autorización específica. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra, o si desea utilizarla para elaborar resúmenes de prensa ([www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com): 91 702 19 70/93 272 04 47)»

## Aminer participa en el Equipo Dinamizador de la Estrategia Minera de Andalucía 2020

La Asociación de Empresas Investigadoras, Extractoras, Transformadoras Minero-Metalúrgicas, Auxiliares y de Servicios, Aminer, ha participado, en la sede de la Consejería de Hacienda, Industria y Energía de la Junta de Andalucía, en un encuentro del Equipo Dinamizador de la Estrategia Minera de Andalucía 2020, del que la patronal minera andaluza forma parte y que está liderado por la Secretaria General de Industria, Energía y Minas.



En representación del Gobierno regional, asistieron al encuentro el subdirector general de Industria, Energía y Minas; el consejero técnico en materia de minas de la SGIEM; la jefa del Servicio de Planificación y Análisis; y el jefe del Servicio de Minas. Priscila Moreno, gerente de Aminer, integra este equipo junto a representantes de la Confederación de Empresarios de Andalucía, los sindicatos Comisiones Obreras y UGT y de entidades como AFA Andalucía y AEMA.

La finalidad de esta cita fue analizar el documento EMA2020 - Informe de seguimiento 2017, para repasar de forma conjunta la misión y medios con los que cuenta este plan estratégico.

## Fabricantes, constructoras y socios tecnológicos debatirán sobre digitalización, automatización y electrificación en Construyes! 2019

'El internet de las máquinas: transformando los datos generados por las máquinas en conocimiento y oportunidades de negocio' es el título bajo el que se celebrará el próximo 23 de mayo en Zaragoza la II edición de Construyes!: Jornada de Innovación Tecnológica en Maquinaria para Construcción y Minería.

Construyes! es un evento anual impulsado y organizado por Anmopyc (Asociación Española de Fabricantes de Maquinaria para Construcción, Obras Públicas y Minería) e Itainnova (Instituto Tecnológico de Aragón), con el fin de ofrecer un punto de encuentro y referencia donde poder divulgar conocimientos, tecnologías, innovaciones y tendencias de futuro en el ámbito de la maquinaria y de los procesos constructivos.

Para esta edición, se contará con la participación de las organizaciones sectoriales CECE (Committee for European Construction Equipment) y PTEC (Plataforma Tecnológica Española de la Construcción), quienes proporcionarán a los asistentes una visión global sobre las tendencias de futuro en el nuevo escenario digital en el que se mueve la industria de la construcción y de su maquinaria.



## El Grupo Liebherr alcanza por primera vez una facturación anual de más de diez mil millones de euros

El Grupo Liebherr superó en el año 2018 los diez mil millones de euros por primera vez en su historia, con una facturación de 10.551 millones de euros. En comparación con el ejercicio anterior, la empresa logró un incremento total de 739 millones de euros, lo que equivale a un 7,5%.



A pesar de la ligera desaceleración del crecimiento económico, 2018 ha sido un año récord para el Grupo Liebherr. Tanto las áreas de maquinaria de construcción y minería como los demás sectores de productos registraron mayores ventas en general. En las áreas de máquinas de construcción y equipos de minería, la facturación creció un 10,8% hasta situarse en 6.833 millones de euros. Aquí se incluyen sobre todo las divisiones de movimiento de tierras, grúas móviles y minería. En el resto de segmentos de productos, entre los que se incluyen las divisiones de grúas marítimas, tecnología aeroespacial y del transporte, tecnología de engranajes y sistemas de automatización, electrodomésticos, así como componentes y hoteles, las ventas crecieron en total un 2,0% y alcanzaron los 3.718 millones de euros.

## **Celebrado el XII Día de los Árboles, los Áridos y la Biodiversidad en España**

En la mañana del día 11 de abril, un gran número de escolares de toda España visitaron las



explotaciones de áridos, donde plantaron árboles y realizaron acciones de conservación de la biodiversidad, durante esta iniciativa convocada por el sector de los áridos en el ámbito nacional.

La Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (Anefa) celebraba así, en su duodécima convocatoria, el Día de los Árboles, los Áridos y la Biodiversidad. En esta jornada, que se desarrolló el 11 de abril, se calcula que participaron un gran número de escolares de toda España, que visitaron alguna de las explotaciones de su entorno próximo inscritas en la iniciativa (canteras o graveras), que en esta ocasión han sumado 23 de 16 empresas, distribuidas en 9 comunidades autónomas y 16 provincias.

Asimismo, los escolares plantaron árboles de diferentes especies, y realizaron diferentes actividades para promover la Biodiversidad en las explotaciones, acompañados por los empresarios y representantes del sector, autoridades de la Administración local y autonómica, directivos y profesores de los centros docentes y medios de comunicación.

## **Sany otorga a Grupo Cibsá el premio al Distribuidor del Año 2018**

Sany celebró en Bauma 'La Cumbre de Distribuidores de Excavadoras Globales 2019'.

El evento fue un éxito en el que participaron todos los distribuidores de Sany de Europa, junto con Kim Lee, vicepresidente International business, Yu Hongfu, Sany Heavy machine chairman, y todos los directivos de Sany

Europe. La ceremonia se inició con un discurso extraordinario de Martin Knoetgen, CEO de Sany Europe, para dar paso a la entrega de premios.

Grupo Cibsá recibió el premio al Distribuidor del Año 2018 en Europa, que recibió Joan Bautista Sánchez, CEO del grupo.



## **Luces y sombras en el sector de la ingeniería**

Según el Observatorio Sectorial DBK de Informa, la facturación total de las empresas de ingeniería registró en 2018 una contracción motivada por el descenso de la actividad en los mercados internacionales. Así, los ingresos totales se situaron en 10.180 millones de euros, un 6,2% menos que en el ejercicio anterior.

No obstante, la actividad en el mercado nacional mantuvo la tendencia positiva iniciada en 2017, en un contexto de buen comportamiento de la inversión en construcción. De esta forma, el volumen de negocio se situó en 2.580 millones de euros, aumentando un 6,4% respecto a 2017.

La facturación en mercados exteriores estuvo penalizada por la creciente dificultad en el acceso a nuevos contratos, de manera que el negocio de las empresas españolas fuera de España registró un descenso del 9,8%, hasta los 7.600 millones de euros.

Por áreas de actividad, los proyectos energéticos acaparan la mayor parte del negocio, reuniendo el 63% del total en 2018, con una cifra de 6.380 millones de euros. El segmento de ingeniería civil generó unos ingresos de 1.825 millones de euros, el 18% del total. A continuación se situaron las áreas de ingeniería industrial, con el 11%, y de otros proyectos (8%).

A corto y medio plazo se prevé que el negocio recupere la tendencia de crecimiento, estimándose tasas del 2% anual en el bienio 2019-2020. Esta evolución se sustentará en el crecimiento del mercado nacional y la recuperación esperada del negocio en mercados internacionales.

El número de empresas inscritas en el Directorio Central de Empresas (DIRCE) bajo el epígrafe 711, que incluye servicios técnicos de arquitectura e ingeniería, se situó en unas 93.500 en enero de 2018, aumentando un 0,7% respecto a un año antes. La mayor parte de las empresas son de pequeño tamaño, de manera que el 96,5% contaba con menos de seis empleados.

El mercado se encuentra altamente concentrado en los principales operadores, reuniendo los cinco primeros el 61% de la facturación total de las ingenierías españolas en 2018, mientras que los diez primeros acapararon el 74%.

## **ACS se adjudica la mayor inversión en infraestructuras de la historia de Queensland (Australia)**

*El Grupo ACS se ha adjudicado, a través de su filial CIMIC, el proyecto concesional y la alianza Cross River Rail en Brisbane por un importe total de 5.400 millones de dólares (3.400 millones de euros).*

Es la mayor inversión en infraestructuras en la historia del Estado de Queensland (Australia) y ambos proyectos conforman el plan más importante de infraestructuras de los próximos años de dicho Estado. Concretamente, tres empresas pertenecientes al Grupo CIMIC – Pacific Partnerships, CPB Contractors y UGL – como líderes del Consorcio Pulse, han sido seleccionadas como adjudicatarios preferentes para la financiación, diseño, construcción y operación del proyecto Cross River Rail en Queensland. Adicionalmente CIMIC, a través de las mismas empresas, CPB Contractors y UGL, ha sido seleccionada como adjudicataria por el Gobierno de Queensland, para instalar los sistemas ferroviarios; incluyendo señalización y telecomunicaciones a lo largo del citado corredor.

## **Epiroc completa la adquisición del fabricante sudafricano New Concept Mining**

*Epiroc ha completado la adquisición de New Concept Mining, un fabricante sudafricano de productos de refuerzo de roca para minería subterránea.*



New Concept Mining tiene su sede en Johannesburgo, Sudáfrica, y cuenta con instalaciones en Perú, Zambia y Canadá. Fabrica una amplia gama de productos de soporte de techos para minería subterránea, sistemas de monitoreo de rocas y accesorios relacionados. New Concept Mining tiene aproximadamente 900 empleados y tuvo ingresos en 2018 de ZAR 1.007 millones (SEK 645 millones). La compañía está registrada como Innovative Mining Products (Proprietary) Limited, pero está comercializando y es ampliamente conocida como New Concept Mining.

## **La producción de hormigón preparado crece un 12,4% en 2018, según Anefhop**

La producción de hormigón preparado en España alcanzó en diciembre de 2018 los 22,2 millones de metros cúbicos, 2,4 millones más que el año anterior, lo que representa un aumento del 12,4% "pese a que la sensación extendida en el sector era de una mayor ralentización del crecimiento", explica Carlos Peraita, director general de la Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado (Anefhop).

Según el último informe estadístico realizado por Anefhop, la producción de hormigón preparado ascendió en el cuarto, y último, trimestre del año a 5,5 millones de metros cúbicos, un 6,4% más que en el mismo periodo del año anterior. Según Peraita "cabe destacar un buen comportamiento generalizado de la demanda frente a las previsiones que veníamos haciendo desde mitad de año 2018."

## **La actividad extractiva es una oportunidad para llevar a cabo proyectos de biodiversidad**



*La actividad extractiva puede suponer una oportunidad para llevar a cabo proyectos de biodiversidad, siempre que se cuente con el asesoramiento adecuado.*

Es la principal conclusión que se desprende del I Seminario Internacional Canteras y Biodiversidad, que se ha celebrado en La Casa de la Mar (Alboraya). El evento ha reunido a más de un centenar de personas relacionadas con el sector: empresas, asociaciones empresariales, Administración Pública y ONG's. Los participantes en el encuentro han destacado el potencial que ofrece la industria extractiva para la generación de espacios para la biodiversidad, ya que además de estar obligados por la normativa a la restauración de las explotaciones, cuentan con el capital para ejecutarlos. Estos pueden ponerse en marcha sin esperar a que finalice la actividad y desarrollarse en paralelo a la explotación.

## Henrik Ager, nuevo presidente de Sandvik Mining and Rock Technology

Sandvik ha nombrado a Henrik Ager, actualmente presidente de la división Rock Tools en Sandvik, como presidente del área de negocios Sandvik Mining and Rock Technology y miembro de la Dirección Ejecutiva del Grupo Sandvik a partir del 1 de abril de 2019.



“Estoy convencido de que Henrik Ager, con su experiencia, sus ya probadas habilidades de liderazgo y su excelente desempeño en Sandvik, tiene las capacidades adecuadas para liderar el avance de Sandvik Mining and Rock Technology. Henrik asume el compromiso de fortalecer aún más la posición en el mercado de Sandvik Mining and Rock Technology, de reforzar las relaciones con los clientes, de impulsar las ventas en el mercado

secundario, de aprovechar aún más una forma descentralizada de trabajo y de garantizar nuestra posición de vanguardia dentro de la automatización, la electrificación y la sostenibilidad”, señala Björn Rosengren, presidente y CEO de Sandvik.

## Tecniberia refuerza su estrategia institucional

La directiva de Tecniberia, la asociación española de empresas de ingeniería, consultoría y servicios tecnológicos, con Luis Villarroya ocupando la presidencia desde hace seis meses, ha realizado una batería de cambios con el fin de reforzar su estrategia institucional.

La asociación apuesta por impulsar fuertemente su comunicación: desde la creación de un Comité de Comunicación a la renovación completa de su página web ([www.tecniberia.es](http://www.tecniberia.es)), pasando por una nueva intranet para asociados, un nuevo sistema de comunicación interna a través de boletines o su actividad en las redes sociales. En definitiva, todo un paquete de herramientas y materiales de apoyo que van en concordancia con la nueva imagen de la asociación. También se ha puesto en marcha un plan de actuación como respuesta a algunas de las principales problemáticas del sector detectadas por Tecniberia.



9



# lurpelan

[www.lurpelan.com](http://www.lurpelan.com)

## abriendo paso al futuro

Excavaciones subterráneas, pozos, voladuras

Minadores pesados (rozadoras de roca dura)

## breaking through to the future

Underground civil works, shafts, galleries, blastings.

Heavy-class hard rock Roadheaders

*Puente atirantado con tablero de sección mixta de mayor luz del mundo*

# Cimentaciones especiales para el Puente Atirantado Queensferry Crossing sobre el Estuario del Forth en Edimburgo (Reino Unido)

10

Manuel Pita Olalla.

*Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. gGRAVITY Engineering. Jefe del Servicio de Geotecnia*

*Este trabajo fue presentado en la 19ª edición de las Jornadas Técnicas Semsig-Aetess, celebradas en Madrid el pasado 21 de febrero.*



*Las cimentaciones del Puente Atirantado Queensferry Crossing, puente atirantado con tablero de sección mixta de mayor luz del mundo con dos vanos principales de 650 m de luz cada uno, se ejecutaron apoyadas directamente sobre el substrato rocoso con la ayuda de cajones circulares metálicos de gran diámetro, que se hincaron en el terreno natural, en tres de las pilas principales y de recintos metálicos formados por tablestacas en el resto de pilas. La variabilidad de soluciones técnicas empleadas para resolver estas complejas cimentaciones, hacen que estas cimentaciones puedan considerarse un hito en la historia de la ingeniería geotécnica.*



Figura 1. Vista general del puente.

### 1. Introducción

El Puente Atirantado Queensferry Crossing sobre el Estuario del Forth en Edimburgo (Reino Unido), tiene una longitud total de 2.638 m, con dos vanos principales de 650 m cada uno, sustentados por tirantes a tres torres de 210 m de altura (ver figuras 1 y 2), lo que le ha llevado a ser el puente atirantado con tablero de sección mixta de mayor luz del mundo.

La cimentación de dos de las torres principales (la ST y la NT) y de una de las pilas de acceso (la S1), se realizó mediante cajones circulares metálicos prefabricados de gran diámetro, que se hincaban en el terreno entre 20 y 25 m hasta alcanzar el sustrato rocoso. A estos cajones se les acoplaba, a modo de prolongación, otro cajón temporal de 11m de altura que permitía el trabajo en seco en el interior del recinto.

La torre central (CT) se cimentó directamente sobre la isla de 'Beamer Rock', con la ayuda de una estructura metálica prefabricada a modo de recinto para permitir el trabajo en seco en el interior de la misma.

El resto de cimentaciones del puente situadas dentro del Estuario (S6, S5, S4, S3, S2 y N1) se realizaron mediante recintos tablestacados de menor tamaño, que permitieron excavar hasta el sustrato rocoso, conteniendo el agua y las tierras situadas por encima del mismo.

La obra fue realizada por una UTE formada por las siguientes empresas constructoras: HOCHTIEF Solutions, American Bridge International, DRAGADOS y Morrison Construction. gGRAVITY Engineering, empresa de ingeniería del GRUPO DRAGADOS, dio soporte en los aspectos técnicos tanto en fase de oferta como durante la construcción de la obra.

### 2. Geología y Geotecnia de la zona

En el estuario del Forth, aparecen superficialmente unos depósitos aluviales flojos, unos depósitos fluvio-glaciares granulares de compacidad media y 'Glacial Till', fundamentalmente cohesivo, de consistencia dura o muy dura y con presencia de bolos. El espesor total de estos depósitos es de unos 20-25 m en la mayor parte del estuario.

Por debajo de estos depósitos cuaternarios aparece el sustrato rocoso compuesto por areniscas, argilitas y limolitas. Por debajo de estas formaciones aparece la dolerita (roca ígnea intrusiva de granulado fino a medio, con muchos cristales de color gris oscuro o negro), que aflora en la isla donde se apoya la Torre Central. Todo este sustrato rocoso presenta un RQD muy alto y resistencias a compresión simple generalmente superiores a 15 MPa, salvo casos puntuales.

La tipología de las rocas donde apoyan las diferentes cimentaciones se describe a continuación:

- Areniscas: Rocas sedimentarias, variables en su composición y dureza, desde los 20 MPa hasta los 60 - 70 MPa.
- Argilitas: Roca sedimentaria algo más débil que la arenisca aunque apta para cimentación. Las resistencias varían entre los 3 y los 30 MPa por regla general.
- Dolerita: Roca ígnea de elevada dureza (de entre 60 y 120 MPa), excavable mediante voladura o martillo picador pesado.
- Limolitas: Roca sedimentaria de grano más fino que la arenisca pero generalmente más dura, pudiendo llegar a los 130 MPa.
- Toba: Se clasifica como roca, si bien es un conglomerado formado por arenas y gravas de diferentes rocas y cenizas volcánicas. De dureza media - baja, es muy alterable frente al agua. Cuando no está alterada, la resistencia está en torno a los 10 MPa.

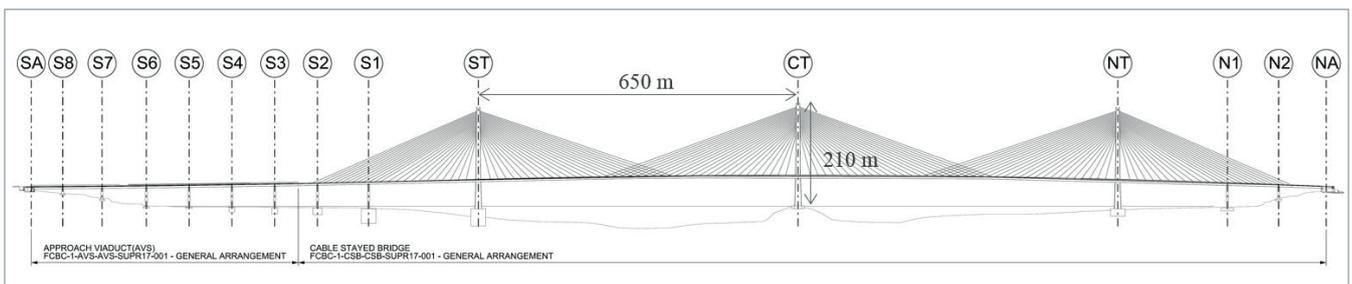


Figura 2. Sección longitudinal del puente.

| Cajón       | Diámetro exterior (m) | Espesor (m) | Altura (m) | Cota final de punta (m OD) | Peso (kN) |
|-------------|-----------------------|-------------|------------|----------------------------|-----------|
| South Tower | 32,00                 | 1,00        | 30,15      | -35,0                      | 8.400     |
| North Tower | 27,80                 | 1,90        | 23,10      | -28,0                      | 11.500    |
| S1          | 32,80                 | 1,90        | 21,10      | -25,0                      | 9.100     |

Tabla 1. Dimensiones de los cajones circulares metálicos permanentes.

Para conocer el terreno en las cimentaciones se hicieron unos 5 sondeos por cimentación en las pilas de menor tamaño y al menos 10 sondeos por cimentación en las pilas principales.

Todas las pilas se cimentaron de manera directa sobre el sustrato rocoso, que tenía tensiones admisibles por encima de 1 MPa (llegando a 10 MPa en la Torre Norte) salvo en la Toba donde se cimentó a 0,4 MPa. El cálculo de las tensiones admisibles se realizó según el método de Serrano y Olalla.

### 3. Cimentación con cajones circulares metálicos

#### 3.1. Geometría

Cada uno de los tres cajones permanentes de la cimentación de las torres ST, NT y S1 consiste en dos cilindros concéntricos de acero, unidos por una estructura de refuerzo interior y cerrados por arriba y por abajo con placas de acero. El hueco entre ambos cilindros permitía gestionar la flotabilidad y la hinca del cajón, pudiéndose rellenar con agua u hormigón por zonas de manera controlada a lo largo del proceso. El cajón de la Torre Sur y la pila S1 estaba formado por 12 segmentos (30° cada segmento) y el de la Torre Norte por 8 segmentos (45° cada segmento). Las dimensiones de estos cajones se muestran en la siguiente tabla (estos cajones son los más grandes jamás fondeados en todo el mundo):

Los cajones provisionales se ensamblaban encima de los permanentes (ver figura 3) una vez que se había realizado un primer fondeo de éstos y consistían en una chapa plegada, simulando tablestacas, de 11 m de altura a modo de cilindro, con arriostramientos circulares y diagonales. El peso de estos cajones provisionales rondaba los 3.000 kN.

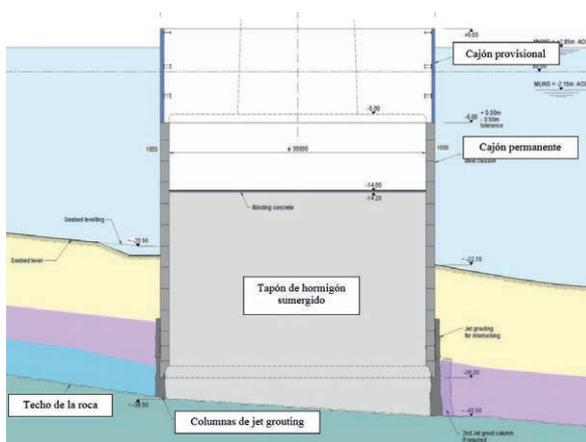


Figura 3. Sección tipo de la cimentación de la Torre Sur.

### 3.2. Proceso Constructivo

#### 3.2.1. Transporte y posicionamiento de los cajones

Los cajones permanentes fueron fabricados en Polonia y se llevaron en barcaza hasta Edimburgo (ver figura 4). Con ayuda de remolcadores se situaba la barcaza en la ubicación aproximada donde fondear los cajones, a continuación se semisumergía la barcaza y los cajones se izaban con una grúa flotante. Con la ayuda de un sistema GPS, esta grúa posicionaba los cajones en su ubicación definitiva, con una tolerancia en planta de  $\pm 25$  cm, y se comenzaba el primer fondeo de los cajones rellenando el interior de sus paredes con agua a modo de lastrado. En el caso de la Torre Norte y la Pila S1, este primer lastrado se realizó también rellenando de hormigón y con la ayuda de una excavación en el interior. El interior de la punta de los cajones se había hormigonado previamente para que resistiera las altas presiones al apoyar sobre el terreno.

El área de estas operaciones se había dragado previamente para facilitar el acceso y el trabajo de los medios marítimos. Asimismo, se crearon unas zonas de exclusión marcadas con boyas para evitar la entrada de embarcaciones ajenas a la obra.

Durante todo el proceso se tenía monitorizado la posición horizontal del cajón, la distancia entre el cajón y el fondo del mar, la inclinación y la rotación del cajón.

#### 3.2.2. Instalación del cajón provisional

Tras esta primera hinca, se acoplaba a modo de prolongación el cajón provisional con la ayuda de una grúa flotante (ver figura 5). El objetivo de este cajón provisional era permitir el trabajo en seco en el interior del recinto, ya que la situación final del cajón definitivo quedaba por debajo de la carrera de marea.

La cota superior de este cajón quedó a la +5,0 m, dejando así un resguardo de 2,15 m respecto a la media de las pleamares equinocciales y 1.60m con respecto a la máxima pleamar.

Este cajón provisional se retira una vez que la torre esté por encima de la parte superior del cajón.

#### 3.2.3. Hinca de los cajones

Una vez instalado el cajón provisional, se procedía a la hinca del conjunto hasta su cota definitiva, ligeramente por encima del sustrato rocoso. Esta hinca se realizaba rellenando el hueco perimetral del cajón con hormigón a modo de lastrado y excavando en el interior del cajón con dos cucharas bivalvas, que trabajaban de manera simultánea y en lados opuestos, desde el exterior al interior para asegurar el hundimiento equilibrado del mismo. Además durante la hinca se inyectaba bentonita en el perímetro para reducir la fricción con el terreno y se inyectaba agua a alta presión (100-150 bar) por la punta para 'abrir camino' al cajón (ver figura 6).



Figura 4. Llegada de los recintos metálicos a obra.



Figura 5. Instalación del cajón provisional.

La inclinación del cajón se controlaba con un lastrado selectivo de los diferentes segmentos y excavando de manera diferencial en el interior del recinto.

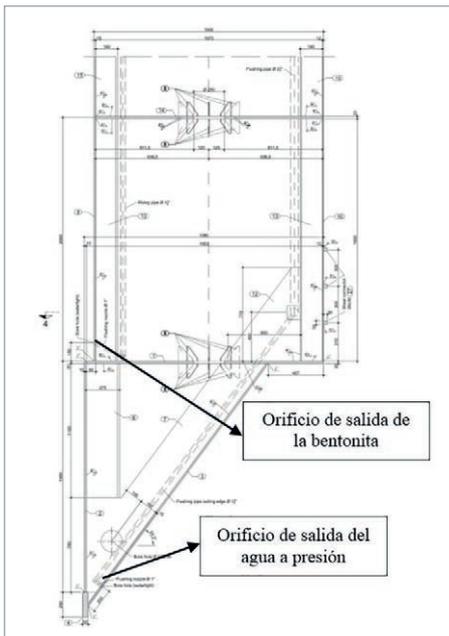


Figura 6. Punta del cajón con orificios de salida.

### 3.2.4. Sellado del fondo entre roca y cajón mediante columnas de jet grouting

Una vez realizada la hinca definitiva, se llevaba a cabo un sellado perimetral del fondo entre la roca y el cajón mediante columnas de jet grouting, para poder terminar la excavación interior hasta alcanzar la roca.

Previamente se había realizado un campo de pruebas (ver figura 7), en unidades geotécnicas similares pero fuera del estuario, para comprobar los diámetros previstos en el jet. Se realizaron 12 columnas de jet tipo 2 (con inyección a presión de aire comprimido y lechada



Figura 7. Campo de pruebas para el jet grouting.



Figura 8. Cajón de la Torre Norte con el tapón de hormigón sumergido ejecutado y tras el vaciado de agua en el interior.

de cemento) en dos formaciones geológicas diferentes y se buscó alcanzar un diámetro de columna de 1,5 m. Con este campo de pruebas se ajustaron las dosificaciones y parámetros de ejecución del jet (presión de inyección, caudales, diámetro de la tobera...).

### 3.2.5. Excavación del interior del cajón hasta alcanzar la roca

Después de realizar el sellado del perímetro con las columnas de jet grouting se proseguía con la excavación de forma escalonada y secuencial, hasta alcanzar la roca. Una vez alcanzado el sustrato rocoso, se procedía a limpiar la roca con un dispositivo de succión de aire y se inspeccionaba el fondo mediante buzos y cámaras subacuáticas para asegurar un buen apoyo de la cimentación.

La excavación total hasta alcanzar la roca estuvo comprendida entre 20 y 25 m en función del cajón.

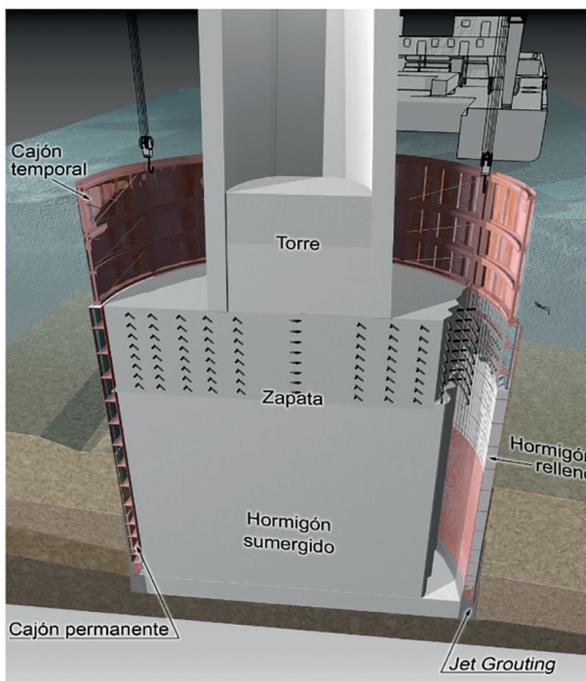


Figura 9. Infografía de retirada del cajón provisional.

### 3.2.6. Relleno de hormigón sumergido y vaciado de agua

Tras comprobar la idoneidad del apoyo en la roca, el cajón se rellenaba de hormigón sumergido hasta la cota inferior de la zapata (entre las cotas -14 y -21 en función del cajón). Este hormigón funcionaba a modo de tapón para poder realizar el posterior vaciado de agua. Para realizar el tapón de la ST se emplearon dos semanas, hormigonando de manera ininterrumpida. En la NT y S1 se tardó algo menos en realizar este tapón.

En la pila S1, fue necesario realizar unos pozos de alivio antes de este vaciado para reducir subpresiones, porque el peso del hormigón no era suficiente.

Una vez vaciado el recinto, se procedía al ferrallado y hormigonado de la zapata, ya en seco. El cajón provisional se retiraba cuando la pila había alcanzado cierta cota (ver figura 9).

## 4. Cimentación directa de la Torre Central

La Torre Central se cimentó de manera directa sobre la Isla 'Beamer Rock' que aflora en mitad del estuario del Forth. En la ubicación de la Torre Central había, antes de la obra, un faro que indicaba la ubicación de esta isla a las embarcaciones.

### 4.1. Geometría

La cimentación de la Torre Central tiene unas dimensiones en planta de 35 x 25 m. La cara inferior de la zapata está a la -5,0 m y su canto crece desde los 3,5 m en el perímetro a 6 m en la zona central.

### 4.2. Proceso constructivo

Inicialmente se instalaron unas luces de indicación para la navegación y se retiró el faro existente. Tras esto se realizó una voladura para permitir la excavación de la roca. Esta excavación se realizó hasta la cota -5,15 m y también incluía la excavación de una zanja perimetral de 6,5 m de ancho y 0,85 m de profundidad, para la preparación del apoyo de la estructura metálica prefabricada, que serviría de recinto estanco.

Una vez terminada la excavación se hacía una comprobación subacuática del estado de la roca y se ejecutaban unos micropilotes en la zanja que servían para anclar la estructura metálica prefabricada. Esta estructura metálica prefabricada se instalaba por piezas de 8,3 m de altura y 5 m de ancho, con un peso total de

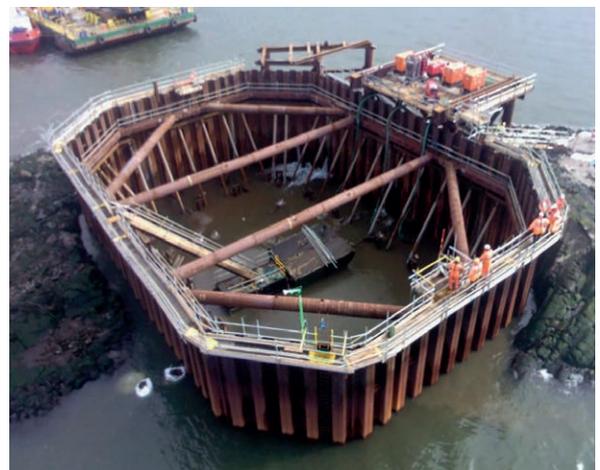


Figura 10. Vista general del recinto de la Torre Central.

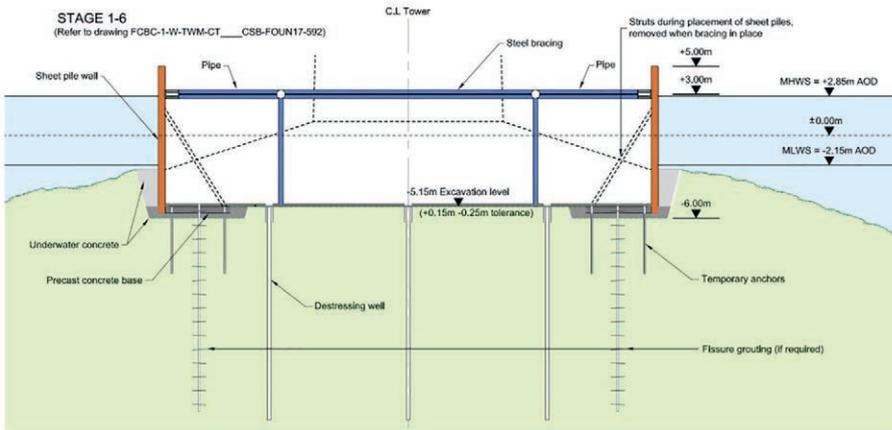


Figura 11. Sección tipo de la cimentación de la Torre Central.

unos 700 kN cada pieza. Estas piezas consistían en unas tablestacas ensambladas, con una base de hormigón armado y con unos puntales en diagonal para asegurar la estabilidad de la tablestaca durante el proceso de instalación. Tras fijar esta estructura en la zanja, se sellaba y hormigonaba todo el apoyo de la misma y el exterior del recinto hasta superficie.

Tras esto se instalaba el sistema de apuntalamiento horizontal, se cortaban las diagonales que habían servido de arriostramiento de las tablestacas para que no cogieran presión y se procedía al vaciado de agua del interior del recinto (ver figura 10).



Figura 12. Ferrallado de la cimentación de la Torre Central.

Una vez vacío el recinto de agua, se sellaban posibles filtraciones de agua, se retiraban las diagonales que habían sido cortadas anteriormente, se limpiaba e inspeccionaba la roca y se instalaban unos pozos para aliviar las subpresiones en la roca (ver figura 11).

Con el recinto vacío de agua y una vez asegurado un buen apoyo en la roca, se vertía una capa de hormigón de limpieza y se procedía a colocar la armadura del encepado (ver figura 12) y a hormigonar la zapata en dos fases. Cuando se hormigonan unos 3,5 m de zapata, se pueden retirar los apuntalamientos horizontales y una vez se termine la torre se retirará la parte de las tablestacas que queden por encima del borde de la zapata.

### 5. Cimentaciones tablestacadas de las pilas de acceso

La tipología de los recintos tablestacados se podría dividir en tres grupos:

- Pila S6: Recinto de tablestacas hincadas hasta la roca, parte a través de material sedimentario existente y parte atravesando una península realizada al efecto.
- Pilas S5, S4 y N1: Recintos de tablestacas prefabricados en tierra, con dos niveles de apuntalamiento, transportados con grúa flotante y fondeados directamente sobre el sustrato rocoso (previo dragado hasta la roca).
- Pilas S3 y S2: Recintos de tablestacas hincadas hasta la roca a través de entre 7 y 13 m de material sedimentario, con tres niveles de apuntalamiento.

Las dimensiones de estos recintos se muestran en la Tabla 2.

| PILA | ROCA DE APOYO                 | DIMENSIONES (m) | ALTURA TOTAL (m) |
|------|-------------------------------|-----------------|------------------|
| S6   | Dolerita                      | 56,1 x 42,8     | 5 a 13           |
| S5   | Argilita, arenisca y dolerita | 20,5 x 12,7     | 11,2             |
| S4   | Argilita                      | 12,2 x 19,6     | 17,0             |
| S3   | Argilita                      | 12,5 x 20,0     | 16,9 a 21,6      |
| S2   | Argilita                      | 22,6 x 20,7     | 22,2 a 22,3      |
| N1   | Toba                          | 29,5 x 26,5     | 15,5             |

Tabla 2. Dimensiones de los recintos tablestacados.



Figura 13. Trabajos en Pila S6 y S5.

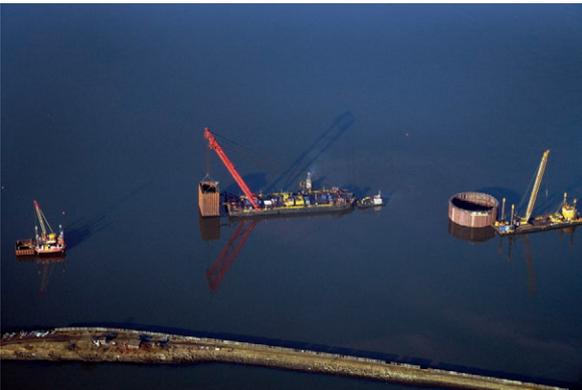


Figura 14. Fondeo del recinto S5.



Figura 15. Vista de la Pila N1 con plataforma para ejecutar los pozos.



Figura 16. Vista del interior del recinto de la Pila N1.

## 5.1. Proceso constructivo

### 5.1.1. Pila S6. Recinto de tablestacas hincadas en península

Para llegar a cota de cimentación se construyó una península con espaldones de escollera (ver figura 13) y núcleo de arcilla y se hincaron tablestacas hasta cota de roca.

Se ejecutaron 6 pozos de alivio para vaciar el interior de la península y ejecutar la cimentación.

Una vez realizada la excavación, se vertió hormigón en masa desde la roca hasta cota inferior de cimentación.

### 5.1.2. Pilas S5, S4 y N1. Recintos tablestacados prefabricados en tierra

El proceso de ejecución fue el siguiente:

1. Dragado hasta la roca (con los taludes apropiados en cada caso) y excavación de una zanja a lo largo del perímetro de la posición en planta del recinto.
2. Instalación en las zanjas de unos apoyos de hormigón con la función de ayudar a nivelar el recinto durante su fondeo. Los apoyos sumergidos se fijan en su posición mediante hormigón sumergido vertido in-situ y mediante el uso bolsas de arena como encofrado.
3. Fondeo del recinto mediante grúa flotante (ver figura 14). Una vez fondeado y con el apoyo de submarinistas se procedía a la colocación de sacos de una tonelada rellenos de arena en las esquinas del recinto para fijarlo en posición y permitir así la ejecución de las siguientes fases constructivas previas al hormigonado de la zanja.
4. Limpieza de la zanja mediante 'airlift' (tubería de succión).
5. Inspección de la zanja con el apoyo de buzos con cámaras subacuáticas.
6. Retirada de los sacos de arena de una tonelada para así proceder al hormigonado del contacto roca-recinto a lo largo del perímetro de la zanja. El hormigonado de la zanja del recinto N1 se hizo en cuatro fases, correspondiendo cada una con cada uno de los lados del recinto, debido a las grandes dimensiones del mismo. Para facilitar esta operación se utilizaron bolsas de arena como contención.
7. En los apoyos de las pilas S5 y N1 se ejecutaron, desde una plataforma metálica apoyada en las paredes del recinto (ver figura 15), pozos de bombeo y alivio para permitir el vaciado del agua del recinto. Se realizaron 6 pozos en la pila S5 a una profundidad de -20 m y 10 pozos en la N1 a una profundidad de -23 m. De esta manera se redujo notablemente la duración de los trabajos al posibilitar la inspección de la roca en seco. Sin embargo, en la pila S4 se hizo primero la limpieza del fondo de manera sumergida con el sistema 'air-lift', se comprobó su limpieza mediante cámaras subacuáticas. A continuación se vertió un tapón de hormigón sumergido y se realizaron 20 anclajes de barra GEWI de 63 mm de diámetro y 180 mm de perforación, empotrados 10 m al terreno para evitar su levantamiento por subpresión. Estos anclajes se ejecutaron desde una plataforma metálica apoyada en las paredes del recinto (similar a la de la figura 15). Se realizó una prueba de carga en los anclajes hasta 1.5 veces la carga de servicio estimada (unos 400 kN). Como medida de seguridad se instalaron galgas extensométricas en 5 anclajes para vigilar que el tapón no se levantase durante el vaciado y realización de la cimentación.

8. Vaciado del agua del recinto para permitir la construcción en seco de la zapata de la pila.
9. Ejecución de la zapata de hormigón armado.  
Para la ejecución de la pila S5 se prolongó en parte la península de la S6 lo cuál permitió el acceso directo desde tierra (ver figura 13).  
La pila N1 se cimentó sobre una toba (tuff), que es un conglomerado formado por gravas de diversos tipos cementadas con cenizas volcánicas, muy alterable en contacto con el agua, por lo que debía estar expuesta el mínimo tiempo posible. Para evitar este problema, se dragó hasta 0.5-1m por encima de la cota definitiva de cimentación y se realizó la zanja perimetral, en la que se colocó el recinto como ya se ha comentado. Una vez fijado y vaciado de agua el recinto, se excavó en seco el último metro dividiendo el recinto en cuatro sectores. Cada sector era excavado, inspeccionado y hormigonado hasta cota inferior de cimentación en un intervalo de 2-3 días para evitar la alteración de la roca (ver figura 16).

**5.1.3. Pilas S3 y S2: Recintos de tablestacas hincadas**

El proceso de ejecución fue el siguiente:

1. Dragado a lo largo de toda la traza del puente para permitir la maniobrabilidad y paso de pontonas de gran tamaño.
2. Hincas de las tablestacas de los recintos mediante martillo vibrador, en las capas superiores, y martillo de impacto al alcanzar los estratos más profundos. Antes de la hincas se instalaban los marcos superior e intermedio en su posición definitiva tanto en planta como en cota con la ayuda de pilotes metálicos hincados (ver figura 17). El marco inferior, inicialmente suspendido del marco intermedio, se llevaba a su cota definitiva a medida que se



Figura 17. Trabajos en Pila S3 y S2.

- progresaba con la excavación. Los contactos marcos-tablestaca se realizaban con la ayuda de bolsas de mortero, instaladas con el apoyo de submarinistas en el caso de los dos niveles inferiores.
3. Excavación en el interior del recinto hasta alcanzar el substrato rocoso.
  4. Limpieza de fondo con el sistema 'air-lift' y comprobación del mismo mediante cámaras subacuáticas y buzos.
  5. Vertido del hormigón sumergido y retirada del apuntalamiento inferior.
  6. Ejecución desde pontona en el interior del recinto de 12 anclajes al terreno (similares a los de la S4) en el apoyo de la pila S2 para resistir las subpresiones, hasta que la pila tuviese suficiente peso (en la pila S3 la subpresión era resistida con el propio peso de tapón de hormigón sumergido ya vertido).
  7. Bombeo del agua en el interior del recinto.
  8. Ejecución de la zapata de hormigón armado.

**La construcción cambia el mundo.**  
**¡Nosotros cambiamos el mundo de la construcción!**



**Encofrados, cimbras, entibación y geotecnia**

ISCHEBECK IBÉRICA S.L.

Pol.Ind. El Oliveral, C/S parcela N° 25  
ES-46394 RIBARROJA DEL TURIA (Valencia)

TEL: +34-96-166-6043  
FAX: +34-96-166-6162

ischebeck@ischebeck.es  
www.ischebeck.es





Figura 18. Vista general de los puentes del Estuario del Forth.

### 6. Resumen y Conclusiones

En esta comunicación se recoge una explicación de la ejecución de las cimentaciones de las pilas del Queensferry Crossing, situado en el estuario del río Forth en Edimburgo (Reino Unido), que es actualmente el puente atirantado con tablero de sección mixta de mayor luz del mundo. Estas cimentaciones se ejecutaron apoyadas directamente sobre la roca con la ayuda de cajones circulares metálicos de gran diámetro que se hincaron en el terreno en 3 de las pilas principales y de recintos metálicos formados por tablestacas en el resto de pilas.

El tamaño de los cajones y recintos, la singularidad de su proceso constructivo y los medios necesarios para su ejecución (hinca, dragado, jet grouting, apuntalamientos, anclajes, pozos de bombeo...), hacen que estas cimentaciones sean un hito en la historia de la ingeniería geotécnica, como lo es el puente en la historia de la ingeniería civil.

En la siguiente tabla (tabla 3) se muestra un resumen de las actuaciones llevadas a cabo en cada una de las cimentaciones.

### 7. Agradecimientos

Agradecer la información y conocimientos aportados a las siguientes organizaciones:

- The Employer's Delivery Team, Transport Scotland supported by Jacobs Arup.
- Designer Site Representative.
- Forth Crossing Bridge Constructors:
  - HOCHTIEF Solutions.
  - American Bridge International.
  - DRAGADOS.
  - Morrison Construction.●

Tabla 3. Resumen de las Cimentaciones de las pilas situadas en el estuario del Forth.

| PILA | TIPO RECINTO  | PREPARACIÓN DEL APOYO EN TERRENO NATURAL | SISTEMA PARA RESISTIR SUBPRESIONES                    |
|------|---|--|---|
| S6   | Recinto de tablestacas hincadas en península          | En seco                                  | 6 pozos de bombeo para rebaja de NF                   |
| S5   | Recinto de tablestacas prefabricado en tierra         | En seco                                  | 6 pozos de bombeo                                     |
| S4   |   | Sumergido                                | 20 anclajes GEWI                                      |
| S3   | Recinto de tablestacas hincadas                       | Sumergido                                | Peso del tapón de homigón                             |
| S2   |   | Sumergido                                | 12 anclajes GEWI                                      |
| S1   | Cajón circular metálico prefabricado de gran diámetro | Sumergido                                | Peso del tapón de homigón sumergido y pozos de alivio |
| ST   |   |  | Peso del tapón de homigón sumergido                   |
| CT   | Estructura metálica prefabricada                      | En seco                                  | 6 pozos de bombeo                                     |
| NT   | Cajón circular metálico prefabricado de gran diámetro | Sumergido                                | Peso del tapón de homigón sumergido                   |
| N1   | Recinto de tablestacas prefabricado en tierra         | En seco                                  | 10 pozos de bombeo                                    |



## Referencias

- [1] West S.L., Chisholm, A., Mellon, P. Design Development of the Marine Foundations for the Forth Replacement Crossing. ICE Virtual Library. 2015.
- [2] M. González Pérez, N. Burbano Pita, A. Vázquez Salgueiro, M. Pita Olalla. Cimentaciones de las Pilas Principales del Queensferry Crossing (Edimburgo). VI Congreso de ACHE, 2014.
- [3] N. Burbano Pita, R. Sáiz Pérez, S. Hamm, M. González Pérez, A. Vázquez Salgueiro, M. Pita Olalla. Cimentaciones Tablestacadas en el nuevo Queensferry Crossing. VI Congreso de ACHE, 2017.
- [4] West S. L., Oligmuller L., Lee S., & Meekeley J. The Queensferry Crossing—design development of the Caisson foundations. Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development: XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. 2 (2015) 805–812.
- [5] A. Chisholm, C. Niemiets, The Queensferry Crossing – Tower Foundations, European Bridge Conference & Exhibition, 2015.

# CORVEFLEX

DAMOS  
RESPUESTA A  
LOS PROBLEMAS  
DE VENTILACIÓN

SOMOS FABRICANTES DE TUBERÍA  
FLEXIBLE DE VENTILACIÓN



Polígono Puente Nora, Calle C N°3  
33420 Lugones (Asturias)  
Tel.: 985 261 960 / 985 261 548  
info@corveflex.com

[www.corveflex.com](http://www.corveflex.com)

**40** ANI  
VER  
SARIO  
(1979 - 2019)

*Acciona Construcción, presente en los principales proyectos de infraestructuras de Canadá*

# Construcción del nuevo puente de arco metálico de Walterdale (Canadá)

20

*Situado en Edmonton, provincia de Alberta (Canadá), el nuevo puente de Walterdale, sobre el río North Saskatchewan, es un arco formado por dos costillas metálicas inclinadas hacia el interior de 230 m de vano y de 43 metros de altura. Su tablero mixto de acero y hormigón, de 22,40 metros de ancho, está formado por dos vigas prismáticas longitudinales y cuelga de unas péndolas cada 8 m. La pasarela de uso compartido, con una sección prismática de acero, se une al arco mediante péndolas y al tablero a través de unas vigas transversales metálicas que se apoyan sobre sus vigas longitudinales.*

Pilar Blanco Bailo,  
*directora técnica UNE Carreteras, Puentes y Obras Especiales, Acciona Construcción*

Laura Granda San Segundo,  
*gerente técnico de Proyecto, Acciona Construcción*



## Introducción

En 2013, la ciudad de Edmonton (COE) encargó el proyecto de sustitución del puente de Walterdale al consorcio de empresas COWI International y Dialog Engineering para la realización del diseño arquitectónico detallado del nuevo puente.

La construcción del nuevo puente se adjudicó a Acciona Pacer Joint Venture (APJV), un consorcio formado por Acciona Infrastructure Canada Inc. y Pacer Mamisiwin Corporation.

El departamento técnico de Acciona colaboró estrechamente con Allnorth Consultants Ltd., empresa contratada por APJV como ingeniería responsable del montaje, para llevar a cabo los procedimientos de montaje de la nueva estructura.

El puente, que cruza el río North Saskatchewan, mide 230 metros de largo, tiene un arco de acero de 43 metros de altura, formado por dos costillas inclinadas hacia dentro, que soportan un tablero mixto de hormigón y acero de 22,40 metros de ancho, formado por dos vigas prismáticas principales que cuelgan del arco de acero mediante 32 péndolas. Una pasarela de uso compartido, peatonal-bicicletas, de sección rectangular variable metálica se conecta al arco mediante 14 péndolas inclinadas y al tablero a través de 8 vigas transversales metálicas que se conectan rígidamente a las vigas principales longitudinales. El peso total de la estructura metálica está en torno a las 5.000 toneladas. Aparte se han utilizado otras 500 toneladas de estructura metálica temporal para el izado y el proceso constructivo.



**Análisis de valor de los recintos estancos -  
Nuevo diseño con tablestacas**

Se presentó una solución alternativa con tablestacas y una superficie reducida a 15 m x 15 m.

**Desafíos:**

- Estado de la explanada. La zona de cimentación estaba formada por material de relleno industrial. Una vez que se llegó a la roca, la velocidad de descomposición de la misma generó complicaciones.
- Instalación de un sistema de drenaje/desagüe basado en el bombeo de agua de un recinto estanco a otro en la misma margen del río, creando un ciclo que evitaba que el agua se vertiera en el río, evitando así la contaminación.
- El nivel freático ejerció una presión hidrostática por debajo de la base de los recintos estancos. Para evitarlo, se colocaron pozos de alivio y de desagüe.
- Gran presión hidrostática acumulada en el material de esquisto, poco permeable.
- El lecho rocoso expuesto se mostró muy sensible al ambiente, lo que complicó el llegar a la cota final, dando lugar a durmientes más gruesos que los diseñados en ciertos puntos.
- Seguimiento del asentamiento potencial del recinto estanco.
- Proximidad al puente existente en servicio.

La construcción del puente se llevó a cabo en cuatro fases principales:

1. Cimentación.
2. Instalación del arco.
3. Instalación del tablero.
4. Instalación de la pasarela de uso compartido, peatones-bicicletas. SUP.

**Proceso constructivo**

Los procedimientos utilizados para el montaje de la estructura permanente tenían tres objetivos principales:

- Garantizar la seguridad y estabilidad estructural en cada etapa de la construcción.
- Completar la estructura permanente cumpliendo con los límites establecidos en los planos de diseño y en los documentos contractuales. Las tolerancias eran mínimas y los esfuerzos a los que era necesario dejar el arco y el tablero a tiempo cero y sin sobrecargas eran próximos al estado permanente sin haber sufrido ninguna fase constructiva. Los esfuerzos de bloqueo debían de ser casi nulos.
  - Geometría final, tolerancia de 25 mm en alzado.
  - Tensiones de cable de las péndolas.
- Minimizar todos los riesgos potenciales tanto para el programa de obra como para el presupuesto.

**1.- Cimentación**

La cimentación está diseñada para cargas horizontales, siendo ésta la que aguanta todos los empujes del arco sobre el terreno.

**1.1.- Recintos estancos (Cofferdams)**

**Diseño original - pilotes secantes con anclajes de amarre**

El diseño original contemplaba un recinto estanco de mayores dimensiones (22 m x 22 m) creado con pilotes secantes reforzados con anclajes de amarre.



Figura 1. Recinto estanco y micropilotes.

## 1.2.- Micropilotes

### Desafíos:

- Diseño y planos de taller.
- Diseño y realización de las pruebas de estanqueidad de los micropilotes.
- Estado de la explanada. Colapso del suelo, gas.
- Pozos de alivio inclinados.
- Asentamiento de lechada inyectada debido al nivel freático / nivel / presión - perforación - lechada - nueva perforación.
- Instalación de micro-pilotes bajo presión de agua subterránea (recintos estancos SW).
- Procedimiento de rehabilitación de micropilotes para instalación en circunstancias muy desfavorables.

## 1.3.- Bloques de anclaje

Situados a 20 m de profundidad bajo el nivel del terreno, cada bloque de anclaje estaba formado por 600 m<sup>3</sup> de hormigón y 100 toneladas de acero pasivo.

### Desafíos:

- Unión a los micropilotes.
- Dificultad en la alineación de las barras de anclaje por su gran rigidez.
- Dificultad de colocación de barras de refuerzo por la su gran densidad y dificultad de acceso.
- Dificultad en el control topográfico de los elementos de anclaje.
- Plan de control térmico del hormigón en masa: instalación de tuberías de refrigeración.
- Diseño de encofrado basado en una pendiente inclinada y girada.
- Estudio de consistencia y características del hormigón y su puesta en obra, a muy bajas temperaturas.

## 2.- Montaje del arco

El procedimiento diseñado para la construcción del arco fue, desde el punto de vista técnico, un gran reto.

El montaje del arco se puede dividir en cinco fases:

- Montaje del arco central de 86 m en la berma sur.
- Deslizamiento y navegación del arco central hasta su posición definitiva.
- Montaje en las bermas en dos fases del arco restante, como muñones de espera para completar el arco.

- Realización de dos izados para llevar el arco a cota.
- Unión del arco a los bloques de anclaje.

### Montaje del arco central de 86 m en la berma sur

En esta fase se construyó el arco central, de 86 m de longitud, en un parque de montaje, especialmente preparado para ello, situado en la berma sur. Cada arco constaba de 21 dovelas individuales. Cada dovela tenía una longitud de 10 m aproximadamente, y la más pesada alcanzaba las 120 toneladas. El peso del conjunto estaba en torno a las 1.000 toneladas. Las uniones entre dovelas de esta zona central fueron diseñadas atornilladas.

Para la realización del montaje, las dovelas se apoyaron en unos castilletes provisionales. Una vez completado el montaje, se tensaron los arcos atirantados a modo de bow-string con cables y gatos huecos hasta que, como resultado de esta acción de tirante inferior, toda la zona central del arco se descolgó de los castilletes quedando apoyada en unos patines de lanzamiento o 'skidshoes' situados en cada extremo de cada arco. Una vez transferida la carga del peso del arco a los soportes temporales de empuje, se retiraron los castilletes provisionales de montaje.

### Deslizamiento y navegación del arco central hasta su posición definitiva

El siguiente paso consistió en lanzar el conjunto del arco sobre un camino de rodadura preparado para ello hasta las barcazas. Este consistía en unos patines de deslizamiento que se deslizaban sobre unos raíles de teflón colocados sobre una losa de cimentación preparada para tal fin. Los patines tenían una capacidad de 500 toneladas cada uno.

Para la navegación se utilizaron dos barcazas de tipo modular, de 36x21 m cada una, que se dispusieron al final de la zona de lanzamiento. En ellas se instaló un sistema de lastrado de 720 m<sup>3</sup> por hora. Un equipo altamente experimentado de ALE Heavylift se encargó de operar las barcazas y de realizar los trabajos de deslizamiento del arco hasta estas últimas.

En el centro de cada una de las barcazas se instaló una torre de recepción del arco. Cada torre estaba conectada al arco por una conexión atornillada con capacidad a tracción y momentos y la parte inferior de la torre contaba con una conexión articulada fija a

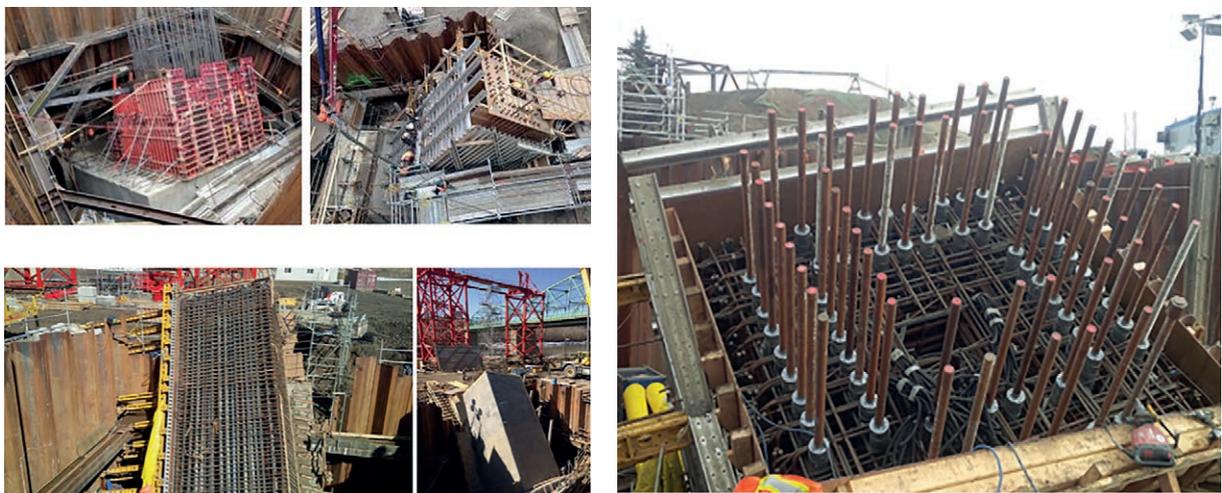
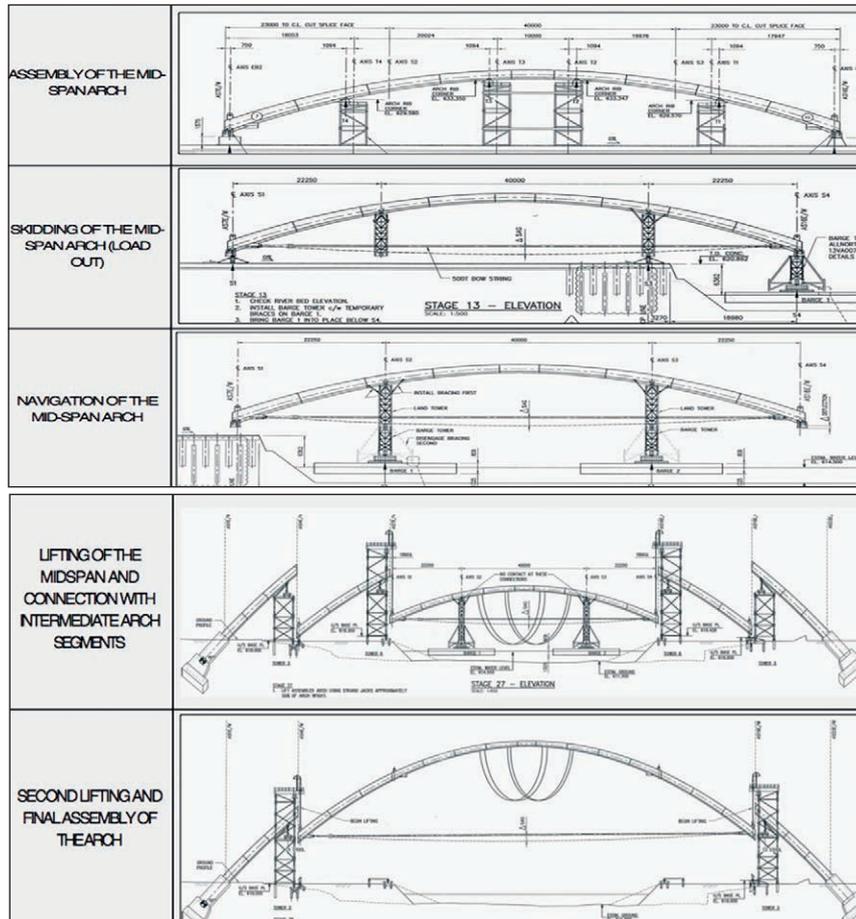


Figura 2. Bloques de anclaje.



la barcaza para no transmitir momentos a esta. Esta configuración minimizó el potencial de vuelco de la barcaza y permitió dimensiones de barcaza más eficientes.

En una primera fase el conjunto del tramo central se cargó en su extremo más cercano al río en una primera barcaza a medida que seguía deslizándose por el camino de rodadura mediante los gatos horizontales de los patines. La transferencia de carga a la barcaza se realizó ajustando el izado mediante gatos en tierra y lastrando las barcazas.

Una vez instalado el conjunto sobre las dos barcazas, se comenzó la navegación del arco como un conjunto rígido por medio de un sistema de cabestrantes anclados a cada barcaza. Cada barcaza contaba con dos cabestrantes principales, con una capacidad de 20

toneladas cada uno, y dos cabestrantes auxiliares de 10 toneladas cada uno para la estabilidad y para la navegación. Fue necesaria casi una semana para desplazar el arco desde la ubicación inicial de montaje hasta la alineación definitiva.

Efectuar una maniobra de este tipo en un río tiene un riesgo inherente por la naturaleza dinámica del sistema ribereño. El año en el que se llevó a cabo la operación, el río registraba los niveles de agua más bajos de su historia. Por ello, hubo que dragar el río para asegurarse de disponer del suficiente espacio debajo de la quilla para poder realizar la maniobra. Por otro lado, el invierno llegó con antelación y la semana anterior a la realización de la operación comenzó a helarse el río. Para hacer frente a estos desafíos adicionales se realizaron distintas pruebas y se contó con la presencia de una máquina de dragado y una rompedora de hielo a lo largo de toda la

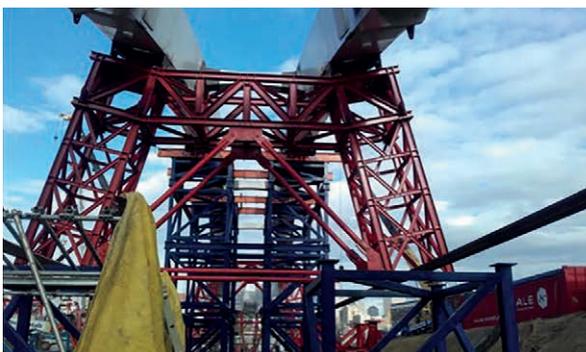


Figura 3. Montaje del arco central sobre castilletes provisionales (azul).



Figura 4. Arco central sobre 'skusnoes' con bow-string en tensión.



Figura 5. Camino de rodadura y patines de deslizamiento.

operación. Cuando el conjunto llegó a su emplazamiento definitivo, se colocó el arco sobre unos soportes temporales apoyados en los encepados de las torres de izado temporales en los extremos de cada arco. Para la realización del transvase de cargas fue necesario el lastrado de las barcasas mediante el bombeo de agua, operación que llevó toda una noche.

**Montaje en las bermas en dos fases del arco restante, como muñones de espera para completar el arco**

El resto del arco, para completar la estructura, se dividió en dos tramos para su montaje. Una primera parte formada por tres dovelas, que se apoyaba directamente en su posición definitiva en el arranque de los arcos sobre las bermas y en unos castilletes provisionales y otro segundo tramo formado por otras tres dovelas, colocadas en la base de su posición definitiva en el suelo, que también se apoyó sobre unos castilletes.

Estos dos tramos se montaron al mismo tiempo que se realizaba el montaje del tramo central.

**Realización de dos izados para llevar el arco a cota**

Para realizar la elevación del arco central, se colocaron cuatro torres de izado en cada una de las cuatro esquinas del primer tramo central. Estas torres soportaban los arranques de los arcos, así como los gatos de izado, con una capacidad de 860 toneladas cada uno.



Figura 6. Lanzamiento del arco central.



Figura 7. Navegación del arco central.

Para completar el arco fueron precisos dos izados (heavy-lifting) mediante gatos huecos y cables. El primer tramo central, de 1.000 toneladas de peso, se izó 20 metros. A esa altura, se atornilló cada extremo de cada arco a los arranques de arco adyacentes, previamente montados, de 30 m de largo.

Una vez realizado este izado y atornilladas las piezas, fue necesario transferir la tensión del tirante superior a un tirante inferior para evitar sobrecargar la estructura permanente y para que el arco se mantuviera dentro de los límites geométricos establecidos por las estructuras temporales y por las tolerancias constructivas exigidas por el diseñador.

El izado del segundo tramo de arco central, ya de 154 m, supuso elevar 2.000 toneladas a una altura de 20 m. Para ello hubo que trasladar las torres de izado de su posición inicial en las torres del primer izado a las nuevas torres de izado. Cuando se completó el izado, los segmentos adyacentes se unieron temporalmente mediante unos bulones situados en el interior del propio arco. Las uniones para estos segmentos en vez de ser atornilladas eran soldadas, ya que fue un requisito exigido por el arquitecto, por un tema estético, ya que podían verse desde el propio tablero o pasarela. Esta operación complicó mucho los trabajos, al ser necesaria una mayor exactitud de colocación.



Figura 8. Rotura de hielo en el río y llegada del arco a su posición.



Figura 9. Premontaje de dovelas en los extremos de las bermas.



Figura 10. Izado del primer tramo del arco.



Figura 11. Izado del segundo tramo del arco.

Después de cada izado, los empalmes, primero se aseguraron con una unión temporal para luego completarse uno por uno a medida que se alineaban; estas uniones temporales se dejaron como seguridad adicional. A medida que avanzaba la operación, se monitorizaron y analizaron las acciones para evitar bloquear un esfuerzo excesivo en la estructura permanente ya que era una exigencia de contrato el dejar la estructura con tensiones residuales de construcción mínimas.

**Unión del arco a los bloques de anclaje**

La unión entre la base y la cimentación, bloques de anclaje, se dejó incompleta hasta este momento para permitir realizar una alineación precisa de la unión mediante gatos horizontales y verticales y así reducir esfuerzos de enclavamiento y dejar en tensiones nulas el arco frente a cargas distintas de las de peso propio, como si el arco se hubiera construido sin historia de proceso constructivo siguiendo las especificaciones de proyecto. Como medidas para el cierre del arco y reducción de los esfuerzos residuales inherentes del proceso constructivo, una vez conectado el arco se realizó un tiro hacia arriba desde los puntos de izado y se enclavó el arranque, reduciendo casi a cero los esfuerzos de construcción. Esto fue posible porque la conexión se situaba exactamente en el punto de momento

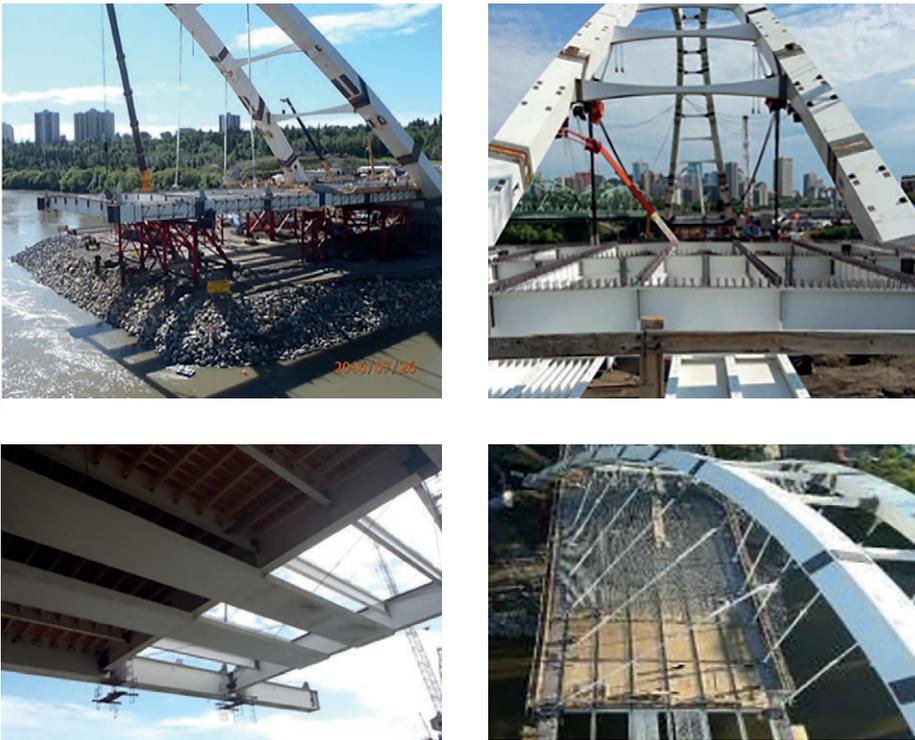


Figura 12. Montaje del tablero.



Figura 13. Sistema de colocación de péndolas y montaje de tablero por voladizos.

nulo del propio arco en cargas permanentes, incluso de servicio, por lo que tirando de ese punto se controlaban algebraicamente los esfuerzos para poder reducir a cero los flectores. Además, se instaló un sistema de gatos verticales bajo la base para poder ajustar la alineación de los arranques con el segundo tramo central.

Tras los izados (heavy-lifting), la finalización de las costillas de unión fue una etapa crítica de la construcción. Los segmentos izados y los que estaban en tierra formaban dos sistemas estructurales diferentes e independientes. Había que igualar la diferencia de deflexión en la ubicación de las uniones aplicando fuerza, minimizando al mismo tiempo las tensiones de enclavamiento. Determinar esos ajustes requirió un importante esfuerzo de ingeniería y construcción. En el diseño del procedimiento fue crucial proporcionar una capacidad de ajuste suficiente para completar los empalmes y tener en cuenta las características de los segmentos fabricados, así como las pequeñas desalineaciones que podían existir al llevarlos a su posición definitiva. Para permitir la alineación y terminación correctas del empalme, se proporcionaron los siguientes grados de ajuste:

- Verticalmente, los gatos de izado (heavy-lifting) permitieron el ajuste en la elevación del segmento izado, mientras que los gatos de las torres proporcionaron el ajuste en el sentido radial y circunferencial.
- Longitudinalmente, los gatos de izado de los arcos atirantados permitieron ajustar la longitud total de los tramos centrales elevados. La capacidad de ajuste también se proporcionó en los emplazamientos de los arranques utilizando gatos localmente en las ubicaciones de soporte.
- Torsional y lateralmente, se utilizaron gatos y eslingas con piezas metálicas rígidas para alinear las caras de cada empalme definitivamente.

Mientras se completaba el último empalme soldado, se rellenó de mortero la base de los arcos y se tensaron las varillas de anclaje a la cimentación.

Una vez la estructura permanente del arco estuvo completa se retiraron los gatos de izado de elevación y los tirantes, concluyéndose así la primera fase de construcción.

A continuación, se llevó a cabo un estudio detallado del arco para confirmar su geometría final.

### 3.- Montaje del tablero

La instalación de la estructura metálica del tablero se realizó en dos partes:

- En la primera parte, la estructura de acero del tablero se instaló sobre unas torres provisionales en la zona de bermas, tanto norte como sur. Una vez completado su montaje, se izó el conjunto para unirlo a las péndolas previamente suspendidas del arco con holgura suficiente para poder ajustar en cota. Luego se instalaron los anclajes de las péndolas, se retiró el soporte de las torres inferiores y el tablero quedó suspendido del arco.
- La segunda parte se montó por voladizos sucesivos colocando unas grúas de 500 ton en las bermas e izando pieza por pieza todos los elementos metálicos del tablero. Después de ensamblar cada módulo en voladizo, de unos 10 m de longitud, un sistema diseñado específicamente para ello, tiraba del tablero y de la horquilla de suspensión inferior de la péndola para juntarlos y así permitir el anclaje de esta última. A medida que se completaba cada entramado, los frentes de izado del lado norte y sur se acercaban entre sí en el centro.

Las longitudes de corte de los cables de las péndolas se establecieron en los planos de diseño teniendo en cuenta la geometría del puente y las diferentes temperaturas en que se podía estar trabajando. A medida que avanzaba el procedimiento de instalación, se ajustaron estas longitudes para tener en cuenta la geometría real de la estructura permanente, tanto del arco como del tablero apeado. Como ya se ha mencionado con anterioridad, antes de comenzar la instalación del tablero, se llevó a cabo un estudio detallado de la geometría del arco. Las longitudes de corte finales de los cables de las péndolas se ajustaron para tener en cuenta esta geometría.



Figura 14. Corte y montaje de péndolas.

En cada etapa de construcción, se comprobaba la geometría de la estructura permanente. Esta comprobación implicó un estudio de la ubicación de cada uno de los anclajes de las péndolas y el perfil de las vigas longitudinales de borde del tablero. Se comparaba esta geometría con la geometría anticipada de la estructura basada en un modelo escalonado no lineal, que se fue ajustando constantemente para adaptarse a las condiciones en la ubicación real. Las horquillas de las péndolas permitían un ajuste de +/- 50 mm de la longitud de los cables de péndola en cualquier etapa de la construcción. En caso de desviación en cualquier etapa de la construcción, se recurría a la capacidad de ajuste de la horquilla para situar la estructura permanente a la tolerancia geométrica. El objetivo del procedimiento de instalación del tablero era mantener la gama completa de ajuste de +/- 50 mm hasta el final de la construcción.

En su estado final, la losa de hormigón es la que aporta estabilidad lateral al tablero del puente. Hasta que se pudo colocar el hormigón de la losa, el tablero se apoyó lateralmente en las esquinas y bajo el tablero, sobre un sistema de arriostamiento lateral temporal.



Figura 15. Montaje de tablero por voladizos.

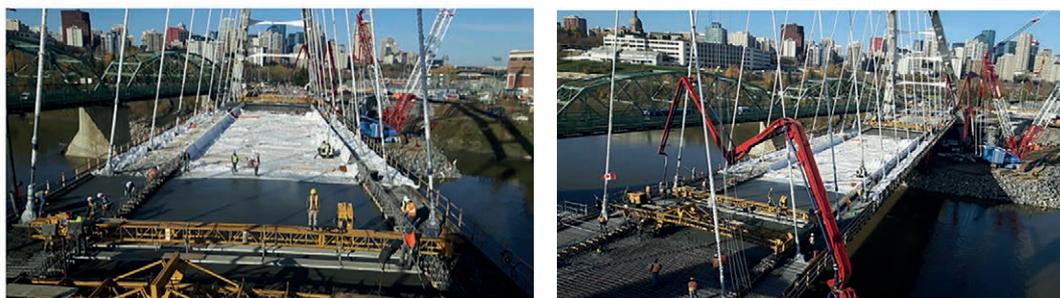


Figura 16. Hormigonado de tablero.



Figura 17. Estructura de arco y tablero metálico completo con las péndolas ya ajustadas.

La operación de hormigonado de la losa se realizó una vez que el tablero alcanzó una geometría aceptable, tanto en planta como en alzado, según las tolerancias especificadas en el proyecto.

El montaje de la viga de la pasarela adyacente al puente provoca una deformación lateral en el tablero. El diseño del puente completo tiene en cuenta esta deflexión lateral dando una curvatura lateral en las vigas metálicas longitudinales y transversales del tablero, de 25 mm en su tramo central. Esta curvatura no se aplicó durante la fabricación de los elementos de acero del tablero, sino que se aplicó al tablero al final de su montaje, antes de la colocación del hormigón. Una vez instalados por completo los elementos metálicos del tablero, se realizó una medición minuciosa de su perfil lateral y se ajustó de manera incremental mediante el uso de gatos entre las vigas de soporte y las torres provisionales de soporte, para cumplir con el objetivo de curvatura lateral establecido en los planos de diseño.

#### 4.- Instalación de la pasarela de uso compartido

La pasarela estaba compuesta por una viga de acero prismática trapezoidal, de sección variable, de la que se hizo un montaje en blanco en una posición adyacente al tablero en la tercera y última fase de construcción, durante la primavera de 2017.

Al igual que el arco metálico, las vigas de la pasarela se fabricaron en 25 segmentos individuales, que se soldaron por partes antes de su instalación definitiva sobre el río. La fabricación fue complicada debido a la compleja geometría de las vigas.

La pasarela se montó primero sobre unas torres provisionales sobre la berma, un proceso similar al que se usó para el tablero. Una vez completado el tramo de la estructura de la pasarela sobre las bermas, se levantó para conectarlo con las extensiones de las vigas del tablero y las péndolas.



FURTHER. FASTER

Robit®



DISTRIBUIDORES PARA TODA ESPAÑA

[www.suministroguillemet.com](http://www.suministroguillemet.com)

Suministros Guillemet SL

Pol. Pocomaco Avenida Quinta, nº141 - 15190 La Coruña

Tlf. 981 915 747 / 746

Mov. 607 440 441 / 616 165 546

comercial@suministroguillemet.com



Figura 18. Instalación de la pasarela de uso compartido.



Después, unas grúas de alta capacidad levantaron los tramos de la pasarela sobre el río y los colocaron en su lugar. Las extensiones de las vigas, las péndolas y el empalme con la estructura previamente instalada se llevaron a cabo antes de soltar los segmentos de la grúa, al final de cada izado.

Una vez instalada la totalidad de la pasarela, se procedió a instalar las barandillas, a impermeabilizar el tablero del puente y la pasarela de uso compartido y a asfaltar el tablero.

Una vez colocado todo el peso permanente sobre la estructura, se procedió a afinar el ajuste de los cables. Se ajustaron los tensores para modificar la longitud no tensada de los cables, utilizando un equipo de tesado de cables similar al utilizado para la instalación de las péndolas durante el montaje del tablero. Con este ajuste se consiguió encajar la geometría dentro de las tolerancias establecidas en los planos de diseño y los documentos contractuales. Además, los cambios en las longitudes no tensadas de los cables modificaron la distribución de tensiones entre los cables. Así se pudo estar en conformidad con los valores de tensión de los cables según la documentación contractual del proyecto.

### Conclusiones

El procedimiento de montaje del puente descrito en este artículo, llevó el nivel de tensión-deformación, las tensiones de las péndolas y la geometría de la estructura permanente (arco + tablero + pasarela) a un nivel final que cumplió con las expectativas y requisitos contractuales del cliente. Toda la ingeniería de montaje fue un trabajo de equipo entre los servicios técnicos de Acciona Construcción y All North•.



*Acciona Construcción está presente en Canadá desde 2001, con el proyecto Deep Lake Cooling Intake. Desde entonces ha realizado una importante actividad en el ámbito de la obra civil a lo largo de todo el país con proyectos tan relevantes como la Autopista A-30 Express Way y los hospitales Royal Jubilee y Fort Saint John. En todos ellos se ha beneficiado de la experiencia y la solidez financiera de una compañía que es referente mundial en el sector de las infraestructuras. Además del Puente de Walterdale, en la actualidad Acciona Construcción lleva a cabo las obras de la presa del Site-C, uno de los proyectos de infraestructuras más grandes del país, así como la potabilizadora de Lyon's Gate y la planta de tratamiento de aguas residuales de Saint John.*

**REDUCCIÓN DE HASTA UN 51% DE LOS VALORES DE GASES NOX Y DE UN 25% DE LOS VALORES DE GASES NO**

# **Empleo de pintura fotocatalítica de base mineral para reducir la contaminación en el túnel de Umberto I en Roma**

31

*El túnel de Umberto I es, seguramente, una de las obras más ingeniosas destinadas a facilitar el tráfico por carretera en Roma. Inaugurado en 1902, está sujeto a un denso y continuo tráfico vehicular, que le ganó la fama de ser uno de los lugares más contaminados de la capital. Para revertir esta situación, en 2007 el túnel de Umberto I fue pintado con la primera versión de Airlite, la innovadora pintura creada por Massimo Bernardoni, CTO y co-fundador de Airlite. El propio Massimo Bernardoni nos cuenta cómo fue este trabajo.*

**Massimo Bernardoni, CTO y co-fundador de Airlite**



Túnel de Umberto I en Roma con la innovadora pintura fotocatalítica de base mineral de Airlite.

**E**n 1981 comencé a trabajar en el negocio familiar, una empresa que produce cal y productos premezclados para la industria de la construcción. Casi por casualidad, a principios de la década de 2000, descubrí que una matriz a base de cemento permanecía estable una vez añadida una partícula capaz de transformar y eliminar moléculas contaminantes, en particular óxidos de nitrógeno. Dos elementos aparentemente incompatibles dieron lugar a un tercer material con propiedades extraordinarias. Esta reacción purificadora, sin embargo, solo era perceptible en la superficie, por lo que los costes de la mezcla eran elevados y su eficacia limitada. Así que me sumergí en el laboratorio durante cuatro años, en un intento de desarrollar esta tecnología.

Cuando alcancé una primera versión satisfactoria de Airlite, alrededor de 2005, ansiaba probarla. Pero no fue fácil: invertí todo mi tiempo y recursos, incluidos los económicos, para superar la desconfianza de la mayoría. Estaba pensando en hacer un regalo a la ciudad de Roma, y después de numerosas batallas e interminables trámites burocráticos, en 2007 finalmente conseguí los permisos para realizar la primera prueba en un entorno real: el Túnel de Umberto I.

Cuando se tomó la decisión oficial de renovar el túnel, en mayo de 2007, se definió un programa de monitorización para evaluar las condiciones de contaminación presentes, para poder com-  
parlas con las posteriores a la intervención. Estas mediciones de gases NO, NO<sub>2</sub> y NOx tuvieron lugar a lo largo de tres semanas, entre el 3 de julio y el 20 de julio de 2007.

Paras con las posteriores a la intervención. Estas mediciones de gases NO, NO<sub>2</sub> y NOx tuvieron lugar a lo largo de tres semanas, entre el 3 de julio y el 20 de julio de 2007.

Para los trabajos de renovación, se retiró el antiguo sistema de iluminación, que ya no cumplía con los estándares, antes de acometer la que resultó ser la fase más compleja: la limpieza de la bóveda del túnel. Se trató una superficie de 9.000 metros cuadrados, usando un detergente para disolver la capa de grasa existente, que fue eliminada mediante un proceso de hidrolimpieza. Solo después fue posible la aplicación de dos capas Airlite, una pintura fotocatalítica de base mineral: de color gris para la base de la bóveda, hasta 1,80 metros de altura, y de color blanco para el resto, y la instalación del nuevo sistema de iluminación, que tenía la doble función de dar luz al túnel y activar Airlite.

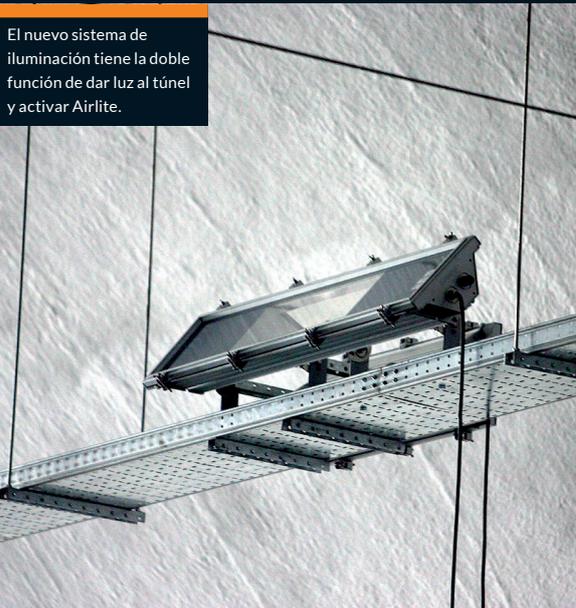
De acuerdo con el estándar italiano específico (UNI11247), la pintura de Airlite tiene una capacidad fotocatalítica muy alta (eliminación de más de un 90% de gases NOx después de 60 minutos). Además, esta pintura presenta muy buen comportamiento en términos de capacidad de autolimpieza, que se ha determinado a través del test de medición del color a base de Rodamina-B.

El tipo de iluminación se eligió teniendo en cuenta una curva de referencia, derivada de pruebas experimentales para la determinación de la disminución fotocatalítica de los elementos con base mineral, como muestra del grado de disminución de los gases NOx. Este nuevo sistema de iluminación es capaz de activar el proceso fotocatalítico: la luz blanca es dirigida hacia la bóveda del túnel, para obtener un efecto de iluminación homogéneo.

La reapertura del túnel tuvo lugar el 8 de septiembre de 2007. La monitorización del Túnel Umberto I estuvo definida por CTG, y en conformidad con gestores del municipio de Roma (Departamento de Actividades Medioambientales). En general, se llevó a cabo durante el día, entre las 8:00 de la mañana y las 18:00 horas de lunes a viernes, y en cada una de las campañas se efectuó, además, una medición nocturna.

Siguiendo las condiciones de la monitorización realizada antes de los trabajos entre el 3 y el 20 de julio de 2007, se realizó una segunda entre el 25 de septiembre y el 10 de octubre del mismo año.

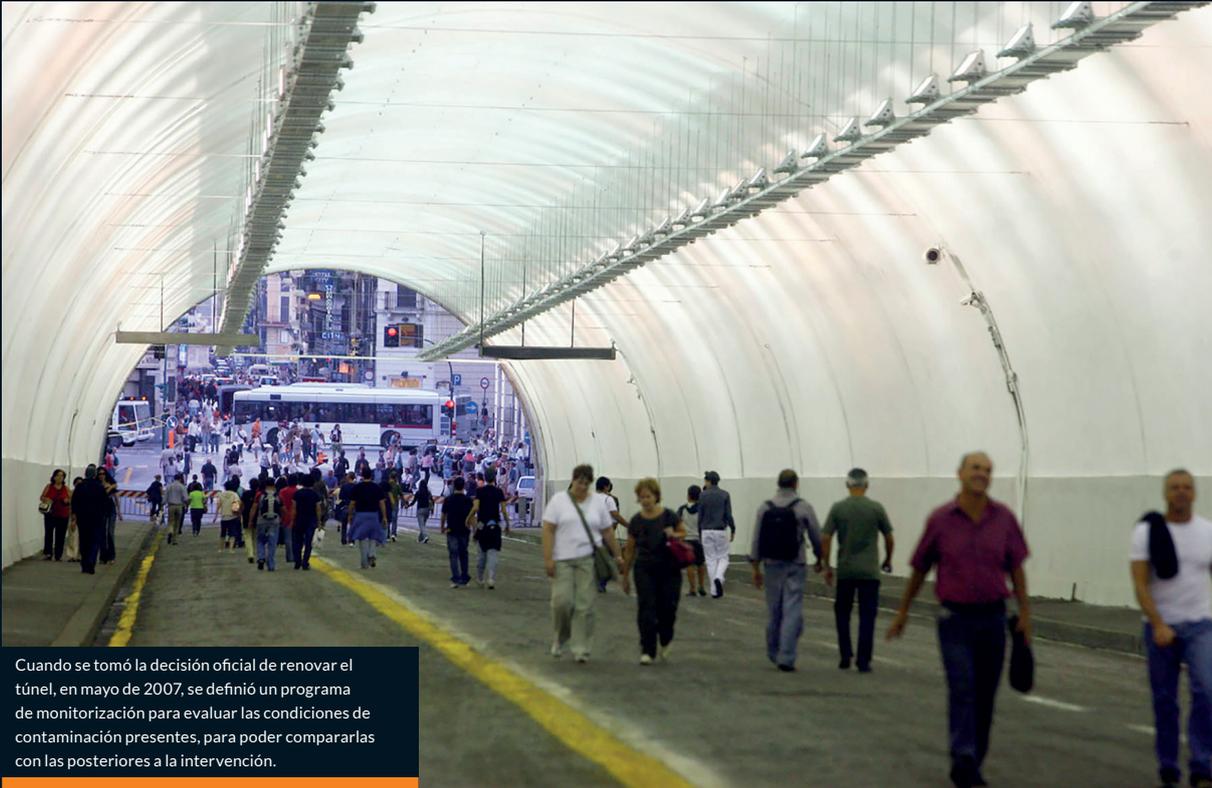
Cabe mencionar que los valores diarios registrados por las estaciones fijas oficiales de la ciudad de Roma durante el día (8:00 a 18:00 horas) fueron más altos durante la campaña de monitorización posterior a la restauración del túnel (las tres semanas en



El nuevo sistema de iluminación tiene la doble función de dar luz al túnel y activar Airlite.



**De acuerdo con el estándar italiano específico (UNI11247), la pintura de Airlite tiene una capacidad fotocatalítica muy alta (eliminación de más de un 90% de gases NOx después de 60 minutos)**



Cuando se tomó la decisión oficial de renovar el túnel, en mayo de 2007, se definió un programa de monitorización para evaluar las condiciones de contaminación presentes, para poder compararlas con las posteriores a la intervención.

septiembre y octubre de 2007) que durante el periodo de tres semanas durante el que se realizaron las mediciones previas a los trabajos, según datos oficiales de ARPA Lazio, la Agencia Medioambiental Regional del Lazio, encargada de supervisar la polución de Roma.

La evaluación preliminar de los datos obtenidos parecía confirmar la actividad descontaminante fotocatalítica de la pintura de base mineral aplicada en el túnel. En total, se estimó una reducción de hasta un 51% de los valores de gases NOx, un 25% de los valores de gases NO, y un evidente descenso de los picos de contaminación, considerados extremadamente peligrosos para la salud.

Lo que sucedió fue sorprendente, incluso para mí: con la primera medición científica, se registró que el túnel había reducido en un mes más del 51% de la contaminación del aire en su interior. La gente que no había caminado por el túnel durante años había regresado para tomar posesión de él.

En el estudio se tuvieron en cuenta las condiciones específicas del propio túnel, como su longitud y el hecho de que el aire circula por él a gran velocidad. Esto podría influir en el tiempo de contacto entre las partículas del aire y la pintura, necesario para el efecto de absorción. Por ello, los efectos anticontaminantes son más evidentes en túneles más cortos. Se tuvo en cuenta, además, que la eficacia del efecto fotocatalítico disminuye al aumentar la distancia de la pared. Según el estudio, que se realizó sobre una sección transversal del túnel, se consigue que alrededor de un 50% del volumen total del aire resulte tratado.

Y como final, una última anécdota: Hace algunos años, algunos artículos de prensa empezaron a mostrar cierta hostilidad hacia

el proyecto. Se quejaron de la aparición de manchas negras que arruinaban la apariencia del túnel, acusando de mala calidad a la pintura utilizada. Después de una revisión, la verdad salió a la luz: las arañas, que como se sabe tienden a anidar en lugares limpios, se habían asentado en el túnel. Las telarañas, a diferencia de la superficie pintada, no eran capaces de repeler la suciedad, y por eso el arco blanco del túnel estaba salpicado de manchas negras.

Hoy, más de 11 años después de la aplicación de Airlite, las paredes siguen limpias, cuando en cualquier túnel se vuelven negras después de sólo un año. ●



El empleo de Airlite ha conllevado un evidente descenso de los picos de contaminación, considerados extremadamente peligrosos para la salud.



María Moreno,  
directora del Departamento  
Internacional de Seopan, Asociación  
de Empresas Constructoras y  
Concesionarias de Infraestructuras

# Un viaje a la internacionalización

*Durante el viaje que haremos a través de los siguientes párrafos visitaremos los destinos elegidos por las empresas de infraestructuras españolas, el origen y los motivos que impulsaron a su internacionalización, las dificultades y los resultados obtenidos. No obstante, para este viaje iremos acompañados de los mayores conocedores del proceso y para eso es necesaria una breve introducción a las principales empresas españolas.*

Seopan es la Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras. Desde su origen se desarrolla en el contexto internacional, que abordaremos más adelante, ya que fue fundada en el año 1957 con el primer objetivo de representar y defender los intereses de las 32 empresas constructoras españolas que construyeron para el ejército de Estados Unidos las bases hispano-americanas en España. Posteriormente, en 2014, fusionó sus actividades con Aseta (Asociación de Sociedades Españolas Concesionarias de Autopistas, Túneles, Puentes y Vías de Peaje) y Atta (Asociación Tecnológica para el Tratamiento de Agua) para potenciar la defensa de sus asociados, ampliar su actividad nacional e internacional y ganar representatividad.

En la actualidad, Seopan tiene además el objetivo de promover de forma activa la inversión en infraestructuras y el impulso de los proyectos de colaboración público-privada como elementos decisivos para la competitividad y crecimiento económico. Está



La actividad internacional de los miembros de Seopan representa actualmente el 75% de su cifra total de negocio, y el 89% de su actividad en construcción.

integrada por 11 grupos empresariales y 60 empresas dedicadas a la construcción y promoción de infraestructuras públicas mediante concesiones. En conjunto, representan un volumen de producción anual de 80.000 millones de euros, proporcionando empleo a más de 450.000 personas, y con una actividad internacional que representa actualmente el 75% de su cifra total de negocio, y el 89% de su actividad en construcción.

Estas empresas gestionan proyectos de forma integral -incluyendo diseño, ejecución, financiación, operación y mantenimiento-, en 85 países, lo que les permite resolver con éxito los retos planteados por los sistemas extra-presupuestarios de financiación de infraestructuras.

Adicionalmente, han demostrado facilidad para gestionar y adaptarse a los factores productivos locales, establecer alianzas y acuerdos con socios de diferentes países, y arrastrar a una amplia base de subcontratistas y proveedores españoles competitivos.

Por último, se trata de grupos muy diversificados (entre un 30 y un 70%) hacia otros sectores como los servicios medioambientales, la gestión integral de edificios, el sector aeroportuario, el ciclo integral del agua o las energías renovables, alcanzando cifras elevadas en su cartera de negocios que en muchos casos superan la actividad constructora. Esta característica les permite gestionar de manera más eficiente todo el ciclo de vida de la infraestructura, generando la confianza necesaria en inversores financieros y autoridades públicas para captar fondos de los mercados de capitales y financiar los proyectos.

Fruto del desarrollo técnico, la internacionalización, la diversificación y la concentración empresarial, las empresas asociadas en Seopan se han consolidado como referentes mundiales de las infraestructuras, tanto en el ámbito de la construcción de todo tipo de proyectos, como en el de la gestión de infraestructuras de transporte.

No obstante, el camino recorrido hasta alcanzar estas posiciones de liderazgo internacional que hoy representan comenzó en territorio nacional a finales de los años 30, en un momento de gran demanda nacional de construcción pública y privada, que se intensificó aún más entre los años 50 y 70. A los efectos de abordar con éxito este exigente mercado nacional, las empresas precisaron mejorar sus capacidades técnicas, organizativas y de gestión; aumentar sus recursos técnicos y humanos, sobre todo los cualificados; y ampliar las fuentes de financiación que empleaban.

Simultáneamente, España impulsó la apertura del país al exterior tras la Reorganización económica a las puertas de los años 60. De esta manera, las empresas constructoras españolas comenzaron sus primeras actuaciones esporádicas en el entorno internacional, favorecidas por las altas capacidades adquiridas y los innovadores sistemas de gestión

El reparto geográfico de la actividad internacional ha evolucionado con la experiencia de las empresas, con el desarrollo de los países y con los intereses de ambos.

desarrollados en la ejecución de complejos proyectos en el ámbito nacional. Aunque no fue hasta mediados de los años 60 y durante los 70 cuando realmente nació su vocación de internacionalización con voluntad permanente.

En los años posteriores, la andadura exterior ha ido atravesando diversas etapas que han estado influenciadas por la fluctuación de la demanda de actividad nacional, las variaciones económicas o políticas en los mercados en los que operan, la mayor o menor entrada de capitales extranjeros en España, o el incremento de competencia, por mencionar algunos factores. Durante el último periodo que comenzó en 2008, comúnmente conocido como crisis económica, la actividad internacional de las grandes empresas de infraestructuras se ha amplificado de tal manera que en la actualidad supone en torno al 75% de su actividad total. Este indudable gran salto, no habría sido posible sin la presencia y experiencia previas en los mercados internacionales.

En términos generales, podemos indicar que las principales motivaciones de las empresas para impulsar su actividad constructora en el ámbito internacional son el mantenimiento de la cifra de negocios y la capacidad productiva, la participación en proyectos de envergadura en los que aportan su dilatada experiencia y conocimiento, o la diversificación geográfica de su actividad para minimizar riesgos.

Por otra parte, la presencia exterior ha evolucionado según las diferentes aproximaciones a los distintos países, respondiendo a las estrategias de las propias empresas o según los requisitos planteados por los mercados locales. En este sentido, las entradas a los países en los que hoy operan han podido comenzar de formas muy diversas, pudiendo ser a través de una licitación puntual, un contrato de subcontratación, un acuerdo de joint venture para un proyecto concreto, la creación de una sucursal o una filial, la formación de un consorcio internacional, o la adquisición o fusión con una empresa local. Recientemente estamos asistiendo a movimientos encuadrados dentro de esta última forma de salida, que intensifican la creación de grandes grupos internacionales compuestos por empresas de múltiples nacionalidades y con muy diversas actividades no necesariamente relacionadas con construcción.



Asimismo, las compañías de infraestructuras a las que nos hemos venido refiriendo adquirieron una importante experiencia en concesiones de autopistas de peaje en España a partir de los años sesenta, y posteriormente ampliaron su actividad concesional a otras tipologías de infraestructuras y servicios. Como bien es sabido, el conocimiento en la gestión de infraestructuras también se trasladó al exterior, comenzando por aquellos países en los cuales las empresas españolas tenían presencia en construcción, suponiendo un primer impulso a la internacionalización de este negocio.

Actualmente, las grandes concesionarias españolas tienen una importante presencia en la gestión privada de las principales infraestructuras de transporte del mundo, con más de 21.500 km de autopistas, 1.500 km de ferrocarril y más de 40 aeropuertos con más de 100 millones de pasajeros al año en distintas geografías. Esta destacada actividad internacional concesional ha situado a ocho compañías concesionarias españolas entre los primeros puestos de la clasificación mundial en concesiones de infraestructuras de transporte según la última publicación de la revista especializada Public Works Financing (PWF). Cuatro de ellas se posicionan además entre las diez primeras compañías del mundo por volumen de inversión realizado desde 1985, sumando 256.700 millones de dólares en 277 concesiones. Si hablamos del número de concesiones en operación o construcción, esta publicación americana clasifica a cinco empresas españolas entre las diez primeras con 184 concesiones en el mundo.

También gestionan un importante número de plantas de generación eléctrica, redes de transporte de energía e infraestructuras de telecomunicaciones en todo el mundo. Por ejemplo, las empresas españolas disponen de más de 10.000 MW de capacidad instalada en plantas de generación de energía y gestionan más de 11.500 km de líneas de transmisión y distribución eléctrica y 16.500 torres de telecomunicaciones.

Además, dan servicio a millones de ciudadanos, gestionando más de 10.500 camas hospitalarias, las redes de abastecimiento y saneamiento de agua de 1.300 municipios con más de 65 millones de habitantes, y la recogida y tratamiento de residuos de 90 millones de ciudadanos entre otros.

En lo relativo al liderazgo global de los grupos constructores españoles, la publicación especializada Engineering News Record (ENR) posiciona, según su volumen de facturación internacional, a 11 grupos españoles entre los 250 analizados, con una cifra total cercana a los 70.000 millones de dólares. Según la clasificación norteamericana, los principales actores son los grupos europeos, liderados por los españoles; seguidos de los grupos semi-estatales chinos; los estadounidenses; y los coreanos.

El reparto geográfico de la actividad internacional ha evolucionado con la experiencia de las empresas, con el desarrollo de los países y con los intereses de ambos. En términos generales, podemos señalar como principales destinos actuales a países que ofrecen certidumbre, que garantizan la seguridad física de los desplazados y la seguridad jurídica para las empresas, que cuentan con planes de desarrollo a medio y largo plazo, y ofrecen una capacidad crediticia con un mercado financiero desarrollado. Estos requisitos son aún más exigentes en el caso de los proyectos en concesión, pues el muy largo plazo de los mismos así lo requiere. Por tanto, sin ser correcta una generalización, se observa como la actividad es mayor en América del Norte (30%), Europa (20%), América del Sur y Central (13%), y un creciente interés por Oceanía. Sin embargo, los primeros destinos de estas empresas fueron países latinoamericanos, del norte de África y algunos vecinos europeos.

Indudablemente podemos cuestionar la conveniencia de continuar hablando de internacionalización de estas empresas o del sector, ya que, como hemos podido comprobar, están internacionalizadas hace varias décadas, y más aún cuando el entorno en el que nos movemos es cada vez más globalizado. No obstante, es un proceso en evolución y revisión constante para el que aún hay muchos destinos por descubrir.

Podemos terminar este enriquecedor viaje a través de la internacionalización con la sensación de haber llevado un equipaje ligero, por un camino sencillo, de haber encontrado facilidades en cada parada e incluso de volver a casa sin ninguna rozadura en los talones. Sin embargo, el viaje que contamos desde hace ya varios párrafos no tiene billete de vuelta, es un paseo hacia el futuro en el que nuestra 'casa' se irá haciendo cada vez mayor y las distancias se irán acortando.

Sin duda, las empresas seguirán encontrando desafíos, los que conllevan los propios proyectos y los que traerán los destinos con sus distintos idiomas, legislaciones, culturas, sistemas fiscales, monedas, tejido empresarial local, y un largo etcétera. Habrán de añadirse también nuevas fronteras por explorar en un mundo cada vez más competitivo, con cambios demográficos relevantes, con nuevas tecnologías al alcance de la mano, marcando Objetivos de Desarrollo Sostenible, salvando las diferencias para la financiación de proyectos en aquellos países donde hay más necesidad de infraestructuras y encontrando nuevas fórmulas para continuar en la excelencia. •

Actualmente, las grandes concesionarias españolas tienen una importante presencia en la gestión privada de las principales infraestructuras de transporte del mundo, con más de 21.500 km de autopistas, 1.500 km de ferrocarril y más de 40 aeropuertos con más de 100 millones de pasajeros al año en distintas geografías.

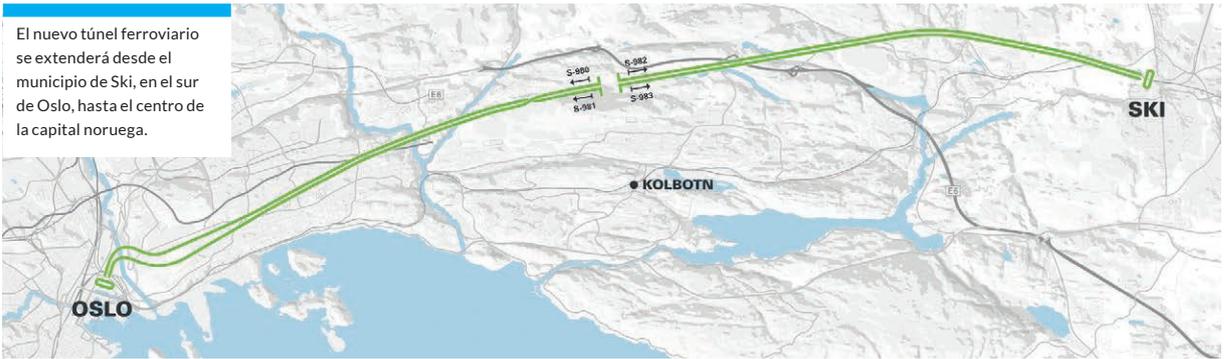
# Finalizada con éxito la construcción de los dos túneles gemelos de Follo Line (Noruega)

37



Celebración del final de los trabajos con las tuneladoras de Herrenknecht 'Anna' y 'Magda'.  
Foto: AGJV / Nicolas Tourrenc.

*La construcción del túnel ferroviario más largo de Noruega marca un gran avance para el uso de tuneladoras en túneles de roca dura. En Escandinavia hasta ahora se habían empleado metodologías tradicionales de perforación y de voladura a la hora de construir túneles ferroviarios en lugar de emplear tuneladoras, pero el proyecto Follo Line ha sido un claro ejemplo de lo que las tuneladoras son capaces de hacer en la extremadamente dura roca noruega. Cuatro máquinas de perforación de túneles tipo Doble Escudo (TBM) de Herrenknecht han trabajado de forma simultánea para excavar la fase principal de dos túneles ferroviarios de 20 kilómetros entre Oslo y Ski. El 26 de febrero de 2019, el doble avance final de las tuneladoras de doble escudo 'Anna' y 'Magda' permitieron completar con éxito este gran desafío.*



Las dos tuneladoras de Herrenknecht 'Anna' y 'Magda' (TBM, Ø 9,900 mm) han concluido el que está considerado el proyecto de infraestructura más grande del país. Previamente, las dos primeras tuneladoras Herrenknecht-TBM 'Reina Eufemia' y 'Reina Ellisiv' ya habían llegado a su destino en Oslo, el 11 de septiembre de 2018.

Los mineros que han participado en la obra y cerca de 350 invitados mostraron su satisfacción cuando, en la tarde del 26 de febrero de 2019, estas 'máquinas hermanas' rompieron los últimos centímetros de roca con la máxima precisión después de abrirse paso durante unos nueve kilómetros cada una. 'Anna' y 'Magda' habían estado perforando material extremadamente duro desde el otoño de 2016. La finalización con éxito de este proyecto representa un hito importante para las perforadoras en un país que hasta el momento se ha basado principalmente en la perforación de túneles de forma convencional.

"Si queremos seguir avanzando no podemos simplemente decir: lo haremos cómo siempre lo hemos hecho", señala Anne Kathrine Kalager, gerente de proyectos de Bane NOR. "Siempre debemos buscar los mejores métodos, y como ha quedado evidente en este proyecto, las tuneladoras TBM ofrecen ventajas decisivas".

Con los métodos tradicionales de perforación y voladura se necesitarían un total de siete ubicaciones para obras en el área metropolitana, algunas de ellas difíciles de acceder para los camiones, lo que habría significado una gran molestia para el tráfico y los residentes. Por el contrario, las TBM resuelven esta situación

con solo un punto central de ataque. Dos túneles de acceso de 900 metros de largo conectan el punto central de la obra de Åsland en la superficie con dos cavernas subterráneas. Desde allí, dos máquinas se dirigieron al sur y al norte respectivamente para crear los dos tubos del túnel. Kalager espera que Follo Line sirva como ejemplo para futuros proyectos en Noruega.

La joint venture entre la empresa española Acciona y la italiana Ghella ha sido la encargada por la agencia de servicios ferroviarios del gobierno de Noruega (Bane NOR) para construir la parte principal del túnel de Follo Line (EPC TBM). A partir de finales de 2022, los trenes de alta velocidad circularán por estos túneles a velocidades de hasta 250 kilómetros por hora, reduciendo a la mitad el tiempo de viaje entre Oslo y el municipio de Ski, 22 kilómetros al sur (de 22 a 11 minutos).

Follo Line representa una garantía de desarrollo para el futuro de la capital noruega, con una población de 600.000 habitantes, y también para la región aledaña de Ski, que prevé un crecimiento de su población del 30 por ciento para 2025.

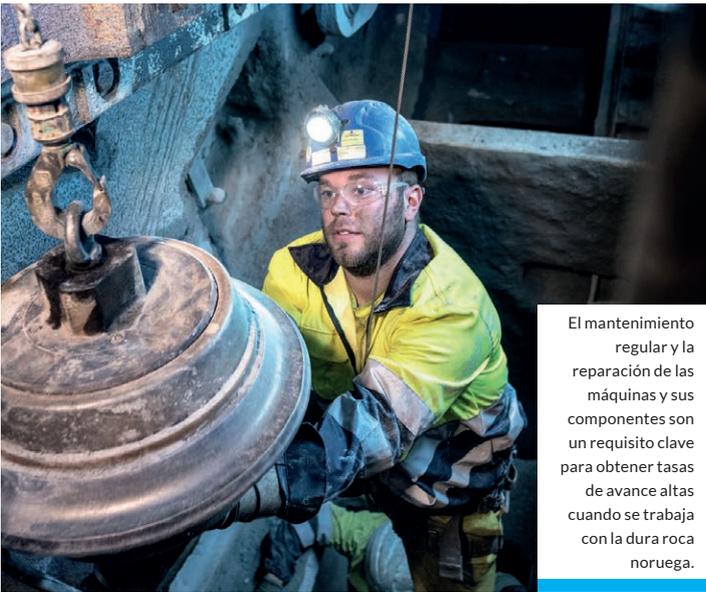
Para trabajar con estas rocas extremadamente duras (resistencia a la compresión de hasta 300 MPa), se emplearon las tuneladoras 'Double Shield' de Herrenknecht. Estas tuneladoras, técnicamente muy sofisticadas, combinan los principios funcionales de 'Gripper' y 'Single Shield' TBM en una sola máquina. Al mismo tiempo, pueden perforar y recubrir el túnel recién perforado con anillos hechos de dovelas de hormigón reforzado: 140.000 de estas dovelas se colocaron durante el Proyecto Follo Line.



El 11 de septiembre de 2018, cerca de 25.000 personas asistieron, por streaming, a la finalización de los trabajos de las tuneladoras 'Reina Eufemia' y 'Reina Ellisiv'.

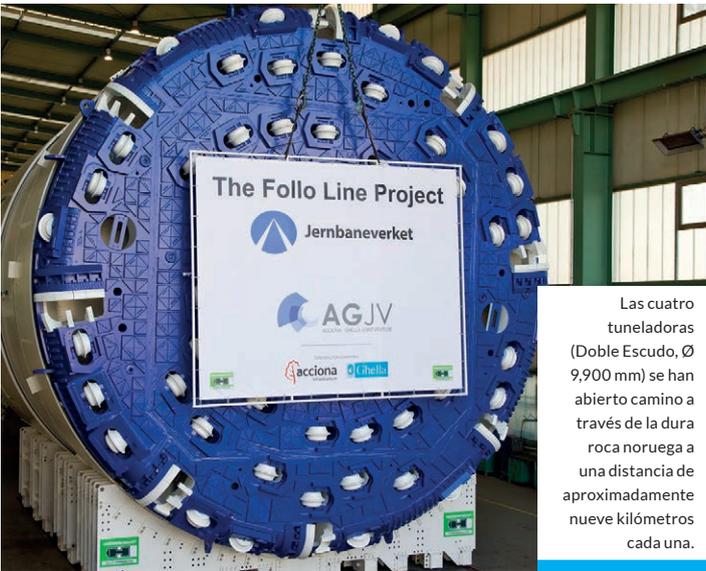


Sobre la base de la experiencia adquirida diariamente en la obra, los cortadores de discos están optimizados para trabajar con la dureza de la roca noruega.



El mantenimiento regular y la reparación de las máquinas y sus componentes son un requisito clave para obtener tasas de avance altas cuando se trabaja con la dura roca noruega.

El avance en estos túneles ha sido posible gracias a la calidad de los cortadores de discos, los cuales están hechos de acero especial. Cada uno de ellos tiene 19 pulgadas de diámetro y 372 kilogramos de peso, ofreciendo una presión sobre la roca extremadamente abrasiva de hasta 32 toneladas. "El desgaste de los cortadores de discos ha sido enorme", destaca Matthias Flora, especialista en roca dura en Herrenknecht. Empleamos hasta un total de 50 de nuestros expertos de la central de Schwanau (Alemania) para restaurar alrededor de 8.000 cortadores de discos desgastados, para su reutilización en las cuatro máquinas que se han empleado en Noruega durante todo el proyecto. En estrecha colaboración con nuestros clientes, nos sentimos cada vez más cerca de los parámetros óptimos para estos cortadores de discos", explica Flora sobre los desafíos que ha supuesto este proyecto tan especial.



Las cuatro tuneladoras (Doble Escudo, Ø 9,900 mm) se han abierto camino a través de la dura roca noruega a una distancia de aproximadamente nueve kilómetros cada una.

"Incluso la mejoría más pequeña en los discos cuenta. Si el empleo óptimo del cortador nos permite completar un anillo de túnel por día y máquina, esto, en última instancia, supone entre dos y tres meses de adelanto sobre el tiempo previsto inicialmente para el proyecto", afirma Fernando Vara, director de Proyectos de la joint venture Acciona Ghella.

Gracias al excelente trabajo en equipo realizado en esta obra noruega, se lograron índices de avance notablemente altos y un rendimiento máximo de 155 metros por semana. Estas tasas de avance solo se pueden lograr con máquinas especialmente fuertes y robustas.

Cada uno de los cuatro cabezales de corte con un peso de 265 toneladas fue impulsado por 13 motores con una potencia de accionamiento de 4.550 kW cada uno, lo que corresponde a 475 hp cada uno. •



Después de recorrer aproximadamente 9 kilómetros cada una, el martes 11 de septiembre de 2018, las dos primeras tuneladoras, 'Reina Eufemia' y 'Reina Ellisiv' de Herrenknecht lograron un doble avance histórico cerca del centro de la ciudad de Oslo. Foto: AGJV / Nicolas Tourrenc.

# Colocación de productos para la construcción subterránea y cerámica en la Variante de Valico (Italia)

*Mapei está presente en la realización de la Galleria Sparvo y del túnel de base, la obra emblemática de la Variante de Valico, en la Autopista A1.*

*El tramo de los Apeninos de la A1, entre Bolonia Casalecchio y Barberino, tiene una importancia estratégica en la conexión entre el norte y el sur del país. La ampliación de este tramo, que registra diariamente picos de 89.000 vehículos, representa desde hace más de 30 años una intervención prioritaria en el marco del plan de mejora de la red de autopistas italianas.*

Mapei

En esta gran obra, destinada a modernizar los transportes y realizada en un área geológicamente compleja, la tecnología avanzada y la experiencia de Mapei ofrecieron diversas soluciones innovadoras que facilitaron la ejecución de las obras y permitieron cumplir plenamente los objetivos fijados. Dos ejemplos ponen de relieve las innovaciones aportadas por la compañía a este gran proyecto: la excavación mecanizada mediante la utilización de 'topos' denominados TBM (Tunnel Boring Machines) de la galleria (galería o túnel) Sparvo, donde jugó un papel decisivo la tecnología Mapequick CBS System, y la mezcla de relleno inyectada en el trasdós de los segmentos de revestimiento, así como la opción técnica adoptada para el revestimiento superficial de los hastiales del 'Túnel de Base', donde se colocaron baldosas de gres porcelánico fino utilizando el adhesivo Keraflex Maxi S1.

## Una combinación exitosa en el túnel: Mapequick CBS System y la excavación con TBM

A finales de julio de 2013, la empresa Toto Costruzioni Generali SpA concluyó con éxito la excavación de la Galleria Sparvo, ubicada en los lotes 6-7 del proyecto Variante de Valico de la Autopista A1 Milán-Nápoles. La excavación se llevó a cabo empleando una tuneladora del tipo TBM-EPB,

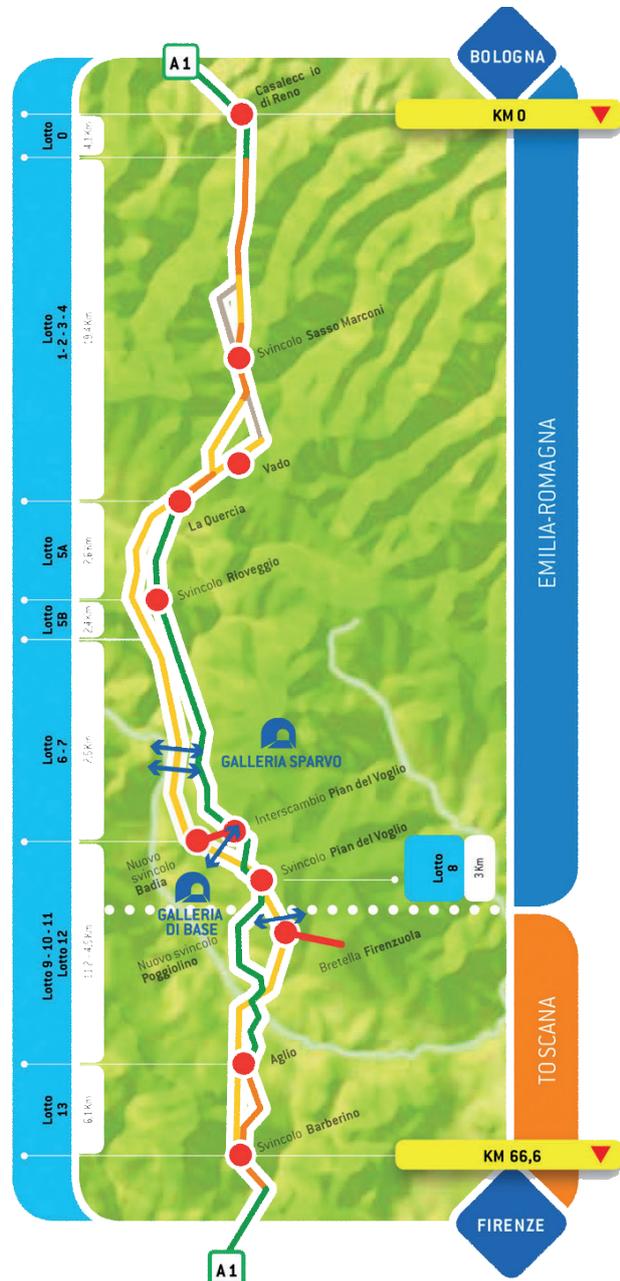




de 15,625 m de diámetro, fabricada por Herrenknecht AG. El túnel de doble tubo fue excavado en el difícil contexto geológico de los Apeninos tosco-emilianos, donde a la complejidad geológica cabía añadir la presencia de gas metano disperso en las formaciones arcillosas que se atravesaron durante la excavación.



La TBM Martina en la obra de la Galleria Sparvo, en la Variante de Valico.





Los túneles realizados con la tecnología de la excavación mecanizada prevén la utilización de 'topos' denominados TBM (Tunnel Boring Machines), que atacan el frente de terreno a plena sección. Durante el avance de estas máquinas, la diferencia entre el diámetro externo del escudo de la tuneladora y el trasdós de las dovelas de revestimiento implica, inevitablemente, la creación de un espacio anular que debe ser rellenado completamente y de manera simultánea a las operaciones de excavación.

De un tiempo a esta parte, proyectistas y constructores de túneles excavados con TBM apuestan cada vez más por el sistema de relleno denominado 'bicomponente', compuesto por:

- **Componente A:** una lechada cementosa de consistencia superfluida y, por lo tanto, fácilmente bombeable, cuya estabilidad e impermeabilidad se han visto mejoradas gracias a la utilización de la bentonita. Para garantizar el mantenimiento de la trabajabilidad de la mezcla hasta 72 horas tras su confección, es necesario añadir un aditivo retardante líquido con efecto plastificante, en este caso concreto Mapequick CBS System 1.

## Mapequick CBS System

Sistema bicomponente para inyección, de base cementosa, compuesto por:

- **Mapequick CBS System 1:** aditivo retardante líquido, inhibidor del fraguado con efecto fluidificante, para su uso en mezclas cementosas de inyección, diseñado específicamente para ser utilizado en mezclas cementosas en las que se requiera un elevado mantenimiento de la trabajabilidad.
- **Mapequick CBS System 2:** aditivo líquido activador del fraguado para sistemas cementosos extremadamente fluidos, incluso con elevados contenidos de agua. Incrementa la viscosidad de las mezclas de base cementosa, confeccionadas incluso con una elevada relación agua/ cemento y una elevada fluidez.



## Las cifras de la megaobra

- 41 nuevos túneles (57,3 km de calzada)
- 41 nuevos viaductos (16,4 km de calzada)
- 7,9 millones de m<sup>3</sup> tierra excavada en túneles
- 14,5 millones de m<sup>3</sup> movimientos de tierras
- Aprox. 30 millones de horas trabajadas
- 4.100 millones de euros coste global



43

- **Componente B:** está compuesto por un aditivo acelerante líquido, Mapequick CBS System 2, que se añade al componente A inmediatamente antes de la inyección de la mezcla dentro del espacio anular a rellenar. Este aditivo anula de manera eficaz el efecto retardante del Mapequick CBS System 1 y provoca una gelificación casi inmediata de la mezcla y, en todo caso, modulable (de 5 a 25 segundos).

Las principales ventajas de este sistema de relleno son:

- La consistencia superfluida y mantenimiento de la trabajabilidad, que minimizan los riesgos de obturación de las líneas de transporte y de los conductos de bombeo.
- La capacidad para rellenar completamente el espacio anular en el trasdós del anillo, minimizando así el movimiento del terreno y, en consecuencia, el riesgo de desplomes durante la fase de excavación.
- El endurecimiento muy rápido que, incluso con presencia de agua, permite un rápido desarrollo en la fase inicial de las resistencias mecánicas, bloqueando de este modo el anillo en la posición prevista en el proyecto. El progresivo endurecimiento del sistema se debe a una rápida transición de una consistencia líquida a una gelatinosa, que permite reducir incluso las posibles penetraciones de material inyectado dentro del espacio de trabajo de la TBM.

### Estudio del diseño de mezcla

La composición de la mezcla de relleno inyectada en el trasdós de los segmentos de revestimiento debe concebirse específicamente para garantizar las prestaciones requeridas y una cuenta de resultados adecuada.

Una vez desarrollado y testado el diseño de la mezcla en laboratorio, el Servicio de Asistencia Técnica de Mapei UTT (Underground Technology Team) sometió a ensayo en la obra la mezcla producida durante las primeras semanas de excavación de TBM y, posteriormente, con frecuencia semanal durante el período de producción constante de la TBM. El objetivo era verificar que los resultados fueran equiparables a los obtenidos en laboratorio y, de ser necesario, intervenir de acuerdo con los parámetros detectados para adecuar el material producido a las especificaciones del proyecto.

Como es sabido, cada proyecto tiene sus particularidades propias, de ahí la importancia de saber diseñar la mezcla de dos componentes de acuerdo con las exigencias específicas de cada

obra. Teniendo en cuenta dichas exigencias, los Laboratorios de Investigación y Desarrollo de Mapei en Milán llevaron a cabo toda una serie de pruebas previas.

### Resultados excepcionales

El constante trabajo de control y asistencia técnica, así como las numerosas pruebas efectuadas tanto en el laboratorio como en la obra, permitieron obtener una mezcla capaz de cumplir las diferentes exigencias planteadas, garantizando un resultado acorde con las expectativas.

La estabilidad volumétrica del componente A quedó demostrada por la ausencia de obstrucciones en las líneas de transporte desde la planta de hormigón hasta la TBM. La peculiaridad del sistema es garantizar el rápido cambio de consistencia de líquido a sólido, pasando por una fase gelatinosa, que permite el completo llenado del espacio anular y evita, en caso de presencia de agua (eventualidad muy probable en trabajos subterráneos), el deslavado de la mezcla y su consiguiente debilitamiento.

En el caso particular de la Galleria Sparvo, se verificó la eficacia del diseño de la mezcla especialmente después de la rotación y traslación de la TBM. El bombeo de la mezcla, realizado a lo largo de más de 5 km, mostró un buen funcionamiento constante y conforme a las expectativas del proyecto, minimizando los tiempos de espera necesarios para la limpieza y sustitución de las tuberías de bombeo o de las líneas de inyección obturadas.

### Altas prestaciones en los túneles para la colocación sobre superficies curvas con Keraflex Maxi S1

El tramo Badia Nuova-Aglio (11,2 km) de la Variante de Valico incluye la obra emblemática de la intervención: el túnel de base. El tramo subterráneo está compuesto por los túneles Poggio Civitella, dos túneles de 250 m de longitud que, a su vez, están conectados con el túnel de base a través de un viaducto existente (en el lado Bologna). Lo que hace de este túnel algo único en su género es la opción técnica adoptada para el revestimiento superficial de los hastiales. De hecho, partiendo desde la base hasta una altura de 4 m, se colocaron losas de gres porcelánico fino, fabricadas por la empresa Cotto d'Este y denominadas 'Kerlite 3 Plus White A1' para un total de 170.000 m<sup>2</sup>.



Túnel revestido con baldosas.

### Baldosas para revestir el túnel

La elección del revestimiento del túnel se realizó por razones de índole práctico y económico, así como de seguridad. Por lo general, los túneles de autopista se pintan con resinas poxídicas, que requieren lavados periódicos (cada 5-6 meses) y su repintado cada 4-5 años.

Como es bien sabido, los lavados, aunque se realicen a fondo, no son totalmente eficaces, ya que la pintura no cubre las macroporosidades eventualmente presentes en el hormigón, en cuyo interior se acumula el hollín que, durante el lavado, provoca manchas oscuras. La acumulación de suciedad en las paredes reduce la luminosidad de los túneles, con la consiguiente pérdida de los estándares de seguridad y/o el incremento de la potencia lumínica para compensar dicha pérdida.

La elección del revestimiento del túnel se realizó por razones de índole práctico y económico, así como de seguridad



### Keraflex Maxi S1

Adhesivo cementoso blanco de altas prestaciones, deslizamiento vertical nulo, con tecnología Low Dust, tiempo abierto prolongado, deformable, para baldosas de cerámica, particularmente indicado para la colocación de gres porcelánico y piedras naturales de gran formato (espesor del adhesivo de 3 a 15 mm), con bajísima emisión de sustancias orgánicas volátiles.

Keraflex Maxi S1 está compuesto de cemento, arenas de granulometría fina seleccionada, una elevada cantidad de resinas sintéticas y aditivos especiales según una formulación desarrollada en los laboratorios de Investigación y Desarrollo de Mapei.





Proceso de colocación de las baldosas.

Con el objetivo de minimizar los lavados y repintados, junto a la necesidad de mantener la luminosidad exigible por motivos de seguridad, se optó, por primera vez en Italia, por la colocación de cerámica como alternativa a la pintura.

El mayor coste de la primera colocación se verá compensado, de hecho, por lavados menos frecuentes y más fáciles de realizar, por la ausencia de reparaciones periódicas y una menor potencia lumínica instalada (aprox. un 40% menos de potencia media instalada en los túneles de sección similar). El aspecto de las paredes resulta, además, mucho más liso y más agradable respecto a las superficies de hormigón pintadas. La elección de los paneles cerámicos totalmente encolados, en lugar de paneles metálicos fijados mecánicamente, responde asimismo a una mayor seguridad en caso de impacto accidental, ya que el panel cerámico aplicado de este modo se rompería sin desgarrarse, al contrario de lo que sucedería con los paneles metálicos, que resultarían muy peligrosos para el resto de vehículos.

### Las dificultades técnicas de Keraflex Maxi S1

Las dificultades de diseño y aplicación que hubo que afrontar previamente residían en el hecho de que las paredes de colocación no eran planas, sino convexas, con un radio de curvatura de unos 6 m. El formato de las baldosas a colocar era de 1x1 m para la primera hilada, en contacto con el nivel de la carretera, y de 1x3 m para la segunda hilada. Cabe señalar que las características del adhesivo que se utilizó para el encolado y las técnicas de aplicación del mismo, así como el sistema de colocación de las baldosas, fueron objeto de concienzudos estudios y pruebas por parte del cliente junto con la empresa instaladora Pavimental Spa, de Cotto d'Este y Mapei, al objeto de determinar el mejor sistema adhesivo a utilizar para este proyecto específico.

El adhesivo elegido fue Keraflex Maxi S1 que, por sus particulares características respondió a todas las necesidades y requisitos de colocación. Entre esos requisitos destaca la alta tixotropía, debido tanto al radio de curvatura del soporte como al espesor del adhesivo a aplicar –que oscilaba entre 5 mm y 3 cm aproximadamente- y a que no debían producirse fenómenos de corrimiento o desprendimiento del propio adhesivo recién aplicado sobre el soporte antes de colocar las baldosas. Además, el adhesivo no debía sufrir retracciones higrométricas a pesar de que este debía aplicarse con un elevado y variado espesor.

Keraflex Maxi S1 ha demostrado toda su versatilidad para su aplicación. Tanto sobre el soporte como sobre el reverso de las baldosas, se utilizaron máquinas revocadoras con premezclado. A pesar de la aplicación no convencional para un adhesivo cementoso, gracias a la especial tixotropía de Keraflex Maxi S1 las mermas por caída de la masa al suelo resultaron totalmente insignificantes.

El tiempo abierto y el tiempo de fraguado particularmente largos de Keraflex Maxi S1 facilitaron las operaciones de colocación. La elevada adherencia y la suficiente deformabilidad de Keraflex Maxi S1 hicieron posible la colocación sobre un hormigón armado proyectado especialmente impermeable y liso, así como sobre el reverso de las baldosas cerámicas reforzadas con malla de fibra de vidrio.

A fin de garantizar la total resistencia a las sales de deshielo, a la fuerte abrasión a que se ve sometido el revestimiento durante las fases de limpieza del hollín y al polvo, el rejuntado se realizó con Kerapoxy CQ. •

## Ficha Técnica

### Variante De Valico, Autopista A1

- *Año de construcción: 2005-2015*
- *Período de intervención Mapei: 2005-2015*
- *Intervención Mapei: suministro de aditivos para las mezclas de inyección y de productos para la colocación y el rejuntado de baldosas cerámicas de gran formato*
- *Cliente: Autostrade per l'Italia Spa, Roma*
- *Proyecto y Dirección de obra: Spea Engineering Spa, Roma*
- *Empresas ejecutoras: fases de excavación y revestimiento del Túnel de Base: Todini SpA (Roma); para la Galleria Sparvo: Toto SpA (Chieti); Colocación de las baldosas de gres porcelánico: Pavimental SpA (Roma)*
- *Coordinación Mapei: Mapei UTT, Rossi C&CA (Mapei Spa)*
- *Productos Mapei: Aditivos para mezclas de inyección: Mapequick CBS System 1, Mapequick CBS System 2; Colocación de baldosas: Keraflex Maxi S1, Keraflex Maxi S1, Kerapoxy CQ*

# Smartcrush pone en marcha la primera planta completa para tratamiento y valorización de RCD de Colombia

47

*Smartcrush Installations SLU y sus otras empresas asociadas tienen, desde hace más de 15 años, buenas relaciones comerciales en Colombia, lo que ha supuesto la instalación de varias plantas completas y el suministro de maquinaria, fundamentalmente trituradoras por impactos para productos altamente abrasivos y duros. Nuestra empresa vendió el año 2015 una planta completa 'llave en mano' en Colombia para el tratamiento y valorización de residuos de construcción y de demolición, pero hasta ahora el cliente no había conseguido las licencias para montarla y ponerla en marcha.*

María Fernández Rubio, CEO en Smartcrush

**D**urante este tiempo, hemos podido comprobar que existe un interés en las empresas privadas y en la Administración responsable de la gestión de este tipo de residuos para solucionar el importante problema medio ambiental que hoy día suponen las toneladas de estos residuos que están vertidas ilegalmente por los alrededores de las ciudades, la saturación de los vertederos legales y la generación de nuevos residuos debidos al boom en la construcción.

Pasamos a hacer un resumen de la operativa de esta planta: La instalación está compuesta por dos plantas de tratamiento. Una fija de clasificación de residuos mixtos y una planta móvil para la trituración de residuos limpios.

La instalación está compuesta por dos plantas de tratamiento: una fija de clasificación de residuos mixtos y una planta móvil para la trituración de residuos limpios.





### Primera planta

La parte fija para residuos mixtos se compone de una tolva de recepción con parrilla vibrante doble con el fin de conseguir una mejor clasificación ya desde el inicio del tratamiento, obteniendo así una menor altura e inclinación de la parrilla de clasificación. De esta manera el ahorro se encuentra en una rampa de alimentación con menor inclinación y por tanto, se logran ahorro de combustibles y en el tiempo de vertido del residuo.

Esta parrilla vibrante, que rechaza el material de un tamaño mayor a 200 mm, es divergente para ayudar al desahogo y recorrido de los no clasificados hasta el suelo y, además, los peines están volados, es decir no tienen apoyo más que en su parte inicial. Esto es muy beneficioso para la efectividad de la clasificación, ya que en RCD se encuentran muchos elementos llamados comúnmente 'mantas' que pueden ser, por ejemplo, grandes plásticos que ciegan con facilidad el área de clasificación de la parrilla reduciendo la efectividad de la planta y provocando continuas paradas de la misma para su limpieza. Es fundamental tener un cuidado importante en el inicio del proceso.

El material que ha pasado entre la luz de esta parrilla es recibido por una cinta transportadora donde se encuentra un separador magnético permanente. Consiste en una corta banda transportadora cerrada y montada en sentido transversal sobre la cinta transportadora del material. En el interior de esta banda se encuentra un imán permanente. Así se consigue eliminar del circuito los férricos magnéticos sueltos o unidos a otros materiales pero con peso suficiente para poder ser extraídos.

En la caída del material de esta cinta transportadora se instaló un sistema de clasificación por densidad mediante un soplador, su sistema de tuberías y sus contenedores de recogida.

Así, el material que se ingresaba en el tromel llegaba lo más limpio posible de materiales finos y de férricos magnético sueltos. Esta cinta transportadora desembocaba finalmente en un tromel clasificador, también llamado criba circular. Ésta es una máquina de enorme robustez preparada para la clasificación, en este caso, de dos tamaños diferentes, 0-20 y 20-40, ya que el tambor tiene estas dos granulometrías, y finalmente un rechazo que saldrá por el tolván de salida. Aquí se encontrarán los materiales teóricamente que no han sido capaces de evacuar por la luz mayor de 40 mm.

El trómel de clasificación era una máquina típica de aplicación en clasificación primaria en cantera. Los predecesores técnicos, de varias décadas atrás, de nuestra empresa ya fabricaban esta máquina. Nosotros iniciamos la fabricación de la primera planta

*"Hoy en día podemos decir que los tromeles de clasificación de RCD que nosotros hemos construido continúan trabajando después de años de operatividad excelente"*

de valorización de RCD en España en el año 1995. Ya comenzamos a 'desempolvar' estos planos y a desarrollar una máquina con las peculiaridades de aplicación que tienen los RCD frente a los áridos naturales pero manteniendo el origen de una máquina de gran robustez y durabilidad.

Así hoy en día podemos decir que los tromeles de clasificación de RCD que nosotros hemos construido continúan trabajando después de años de operatividad excelente.

Una de las ventajas técnicas de nuestros tromeles es que están formados por un fuerte esqueleto que soporta unos sectores, todos ellos iguales y por tanto intercambiables, de chapa-goma con la luz de clasificación que corresponda. Esto tiene solo ventajas: reducción del ruido (estas instalaciones pueden estar próximas a viviendas) y mayor duración frente al desgaste al encontrar el material a reciclar la goma frente al acero convencional.

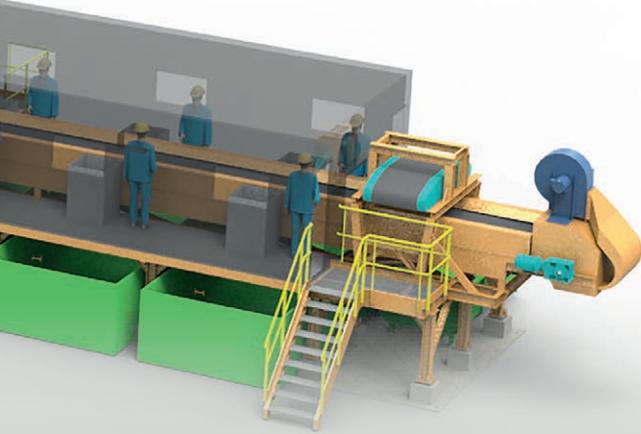
Por nuestra experiencia, hemos diseñado unas paletas de entrada y de salida del material óptimas para su efectividad y para evitar al máximo los posibles atascos cuando se alimentan materiales complicados en términos de volumen.

El material pasante, por tanto >40 mm, desemboca en una cinta transportadora de triaje de 1.000 mm de ancho de banda y que se encuentra dentro de una cabina donde hay un máximo de 8 operarios en sus funciones de clasificación manual.

# EQUIPOS Y MATERIALES para Canteras, Túneles y Minería



Smartcrush ha puesto en marcha una planta completa 'llave en mano' en Colombia para el tratamiento y valorización de residuos de construcción y de demolición.



Bajo esa cabina se encuentran varios contenedores donde, a través de canaletas de recogida, van cayendo los diferentes materiales clasificados.

## Segunda planta

La segunda planta es una trituradora móvil que puede instalarse tras esta planta de proceso o puede moverse a trabajar directamente a la obra.

Podemos decir que esta es la primera planta existente en Colombia destinada exclusivamente a la valorización de residuos de construcción. Sí es cierto que existen plantas que procesan hoy en día estos materiales en Colombia pero son plantas de tratamiento de áridos que se adecúan temporalmente para la clasificación de RCD cuando hay acopios posibles.

Smartcrush Instalations SLU es una empresa nacida de la escisión del grupo de empresas Caldehusa y Calderería de Humanes, compañías todas ellas de gran presencia y prestigio en el suministro de instalaciones llave en mano para la trituración de minerales, áridos y, hoy en día, residuos de construcción y de demolición. Puede suministrar plantas estacionarias, plantas semi-móviles sobre patines y móviles sobre ruedas. También puede entregar plantas completamente móviles sobre orugas y su propio generador incorporado en el chasis como lo hacía anteriormente a través de su representada Hartl en Austria.

La venta de instalaciones llave en mano en el territorio nacional y también en muchos otros puntos alrededor del mundo le aporta a nuestra empresa una experiencia inigualable a cualquier otro proveedor de este tipo de equipos. La planta de mayor capacidad que existe en España ha sido montada por nosotros y también muchas otras medianas, compactas y pequeñas.

Con relación a los residuos, en breve presentaremos maquinaria móvil sobre orugas específica para la producción de áridos siderúrgicos.●



Baterías Wireline



Bocas de perforación



Barrenas Integrales



Tallantes DTH



Barras y bocas cónicas



Productos de diamante



Varillaje Wireline



Lodos de Perforación



Distribuidores oficiales de:



Ctra. Porrño-Salceda Km.2 • 36475 Budiño - Porrño - España  
Telf: +34 986 338 887 / 986 335 500

Móvil: +34 608 688 103 - pako@distribucionespako.com

[www.distribucionespako.com](http://www.distribucionespako.com)

# Transformación en Regadío del Sector XXII de la Subzona de Payuelos - Área Cea, con tuberías de PVC-O

50



*En 1986 fue declarada de Interés General del Estado la Transformación Económica y Social de la Zona Regable del Embalse de Riaño. Con ello se puso en marcha el desarrollo de las infraestructuras necesarias para la puesta en riego de varias zonas en la provincia de León, entre las que destaca la de Payuelos. La Subzona de Payuelos constituye un amplio territorio con una superficie total cercana a 74.000 hectáreas (ha), de las cuales la superficie a regar es de 39.600 ha.*

**P**ara posibilitar el riego de esta amplia zona se proyectaron los Canales Alto y Bajo de los Payuelos, que tras derivar del río Esla un caudal de 24 y 36 m<sup>3</sup>/s<sup>g</sup> respectivamente, transportan el agua a través de 125 km de canal a 9 balsas de regulación con una capacidad total aproximada de 1.800.000 m<sup>3</sup>.

El 'Proyecto de los Ramales Principales del Canal Alto de los Payuelos. Zona Cea', por parte de Aguas del Duero, comprendía la obra de toma desde el Canal Alto de Payuelos, la balsa de riego y la red principal de tuberías del sector XXII (Figura 1), de la cual parten las redes de distribución que se ejecutaron en este proyecto.

De acuerdo con la Declaración de Interés General de la Nación, la zona afectada por la transformación abarca una superficie de 74.551 has de las provincias de León y Valladolid.

Los términos municipales afectados por la transformación en el Sector XII son: Calzada del Coto (1868 has)\*, Cea (17 has)\*, Sahagún de Campos (752,65 has)\*, Santa María del Monte de Cea (93,25 has)\*, Villamol (339,39 has)\*

(\*) Superficie regable objeto del estudio. Total superficie regable 3.070 ha

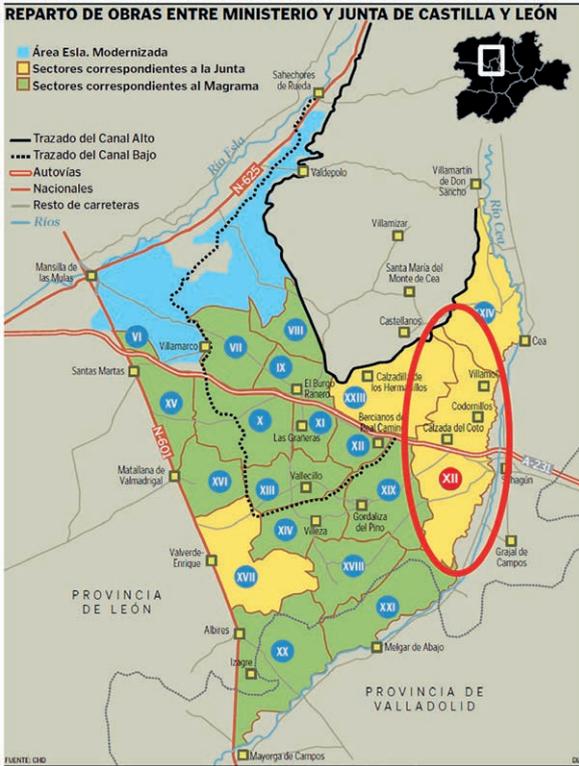


Figura 1. Localización del Sector XXII de la Subzona de Payuelos - Área Cea.



Figura 2. Solución proyectada para la distribución de agua.

- *Aplicación: Riego*
- *Año: 2017*
- *País: España*
- *Localización: León y Valladolid*
- *Promotor: UTE Payuelos Sector XXII (Sacyr - Eurofor)*
- *Dirección de obra: ITACYL Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León*

**1. Objeto de la obra**

El objeto del proyecto es la transformación en regadío del sector XXII de la Subzona de Payuelos - Área Cea - de la Zona Regable de Riaño (León).

Se contemplan una serie de actuaciones sobre los diferentes sectores en los cuales se ha dividido la subzona de Payuelos entre los cuales está el Sector XXII, donde se recogen las descritas en el actual proyecto. La superficie total en este sector de 6.679 has, de las cuales 3.070,34 has se transforman en regadío, pertenecientes a 563 propietarios y distribuidas en 712 parcelas.

La obra consistió en la ejecución de la red de riego, tubería de abastecimiento e impulsión, la estación de bombeo y sus instalaciones eléctricas para la transformación de 3.070 has (Figura 2).

En las condiciones climatológicas previas a la transformación era posible cultivar sin riego, cereales (trigo, cebada, avena) y leguminosas grano (guisantes, habas), ahora con el riego, además, se dará, maíz, frutales criófilos, patatas y remolacha.

**2. Recursos hídricos**

Los recursos disponibles proceden del embalse de Riaño, que con una capacidad de 664 hm<sup>3</sup> regula 546 hm<sup>3</sup> al año, lo que permite regar 84.000 has netas con una demanda de 6.500 m<sup>3</sup>/ha y año.

Para el cálculo de la demanda de la zona regable, se tuvo en cuenta una posible alternativa de cultivos:

|                                      | % Superficie | Mes punta (m <sup>3</sup> /ha) | Caudal ficticio continuo (l/s.ha) | Dotación anual para toda la zona (m <sup>3</sup> /ha) |
|--------------------------------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Cultivos Forrajeros                  | 50           | 1.903                          | 0,71                              | 6.245   |
| Cereales                             | 10           |                                |                                   | 1.953   |
| Leguminosas Grano                    | 10           |                                |                                   | 1.953   |
| Cultivos Hortícolas                  | 10           | 2.119                          | 0,79                              | 3.803   |
| Cultivos Energéticos                 | 10           | 1.941                          | 0,72                              | 3.597   |
| Otros Cultivos                       | 10           |                                |                                   | 1.541   |
| Necesidades Netas de la Alternativa  | 100          | 1.358                          | 0,50                              | 4.407   |
| Necesidades Brutas de la Alternativa | 100          | 1.939                          | 0,72                              | 6.295   |

Los resultados que se usaron para el diseño hidráulico de la red fueron:

- Caudal ficticio continuo: 0,72 l/s ha
- Demanda de la alternativa por ha: 6.295 m<sup>3</sup>/ha y año.



Figura 3. Altos rendimientos de instalación.



Figura 4. Acopio tubería TOM.

### 3. Cálculos hidráulicos

Se consideraron 6 días hábiles de riego por semana, por lo que el caudal ficticio continuo es de 0,84 l/s ha.

Se ha establecido una jornada de riego de 18 horas para la red de presión forzada y de 20 horas para la red de presión natural, por lo que los grados de libertad fueron 1,33 y 1,2 respectivamente.

Se optó por una garantía de suministro del 95%. El caudal que circula por cada uno de los tramos de una red a la demanda, es variable a lo largo del día, ya que depende de la probabilidad de coincidencia en el riego de las tomas a las que abastece. Estos caudales de diseño serán los que cumplan con una garantía de suministro y su cálculo está basado en métodos estadísticos en lo que se admite que los regantes siguen una distribución de sus horas de riego por turnos. Para determinar la presión mínima en los puntos de cada tramo, es preciso tener en cuenta una serie de factores, tales como la presión de servicio de los emisores de riego, la uniformidad del riego, las distintas pérdidas de carga, el desnivel topográfico, etc. Para este proyecto se establecieron 50 m.c.a como presión mínima en el hidrante.

### 4. Cálculos mecánicos

Para los cálculos mecánicos se tuvieron en cuenta todos los factores que influyen en la viabilidad de la instalación, profundidad, presión interna, condiciones de instalación y por supuesto cargas de tráfico. Las tuberías han de soportar sin ningún problema la combinación de esfuerzos que suponen las cargas verticales de las tierras de relleno, las cargas de tráfico si las hubiere y la presión interna del agua transportada.

### 5. Materiales de la red hidráulica

Se modelizó la red mediante el uso de programas informáticos optimizando así los diámetros necesarios para cumplir con los requisitos de demanda de caudal y presión en los puntos de suministro, así como el coste de inversión y explotación de la misma, seleccionando el PVC-O como el material más apropiado para esta actuación.

La gama de diámetros empleados en las conducciones de la red de riego fue: Tuberías de PVC Orientado (PVC-O) para diámetros iguales o inferiores a 630 mm, con una longitud de 66.127 m. (Figura 4).

Todas las piezas especiales (cambios de dirección, derivaciones, salidas de ventosas e hidrantes) de la red son de acero para su unión con junta elástica con el PVC-O.

Se anclaron los codos, derivaciones, válvulas de corte y todas aquellas piezas que sometidas a los empujes producidos por la presión dinámica y estática del agua experimenten esfuerzos cuya resultante no pueda ser absorbida por la conducción.

La red de riego está formada por un total de 219 hidrantes junto con piezas auxiliares y de valvulería (válvulas de mariposa y compuerta de corte para sectorización, válvulas de compuerta para desagüe, ventosas para evacuación de aire, etc.).

| DN    | 140   | 160   | 200    | 250    | 315    | 400   | 450   | 500   | 630   |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| PN    | 16    | 16    | 16     | 16     | 16     | 16    | 16    | 16    | 16    |
| L (m) | 4.707 | 1.417 | 14.382 | 13.667 | 12.442 | 8.622 | 2.458 | 5.284 | 3.148 |

### 6. Conclusiones

Para el trazado y dimensionamiento de la red de regadío se requiere adecuar sus infraestructuras para mejorar su adaptación a las necesidades del regante y a la utilización eficiente del agua. Los objetivos buscados con la implementación de las últimas tecnologías son: fomento del ahorro y mejora de la eficiencia en el uso del agua, la transferencia de tecnología al sector del riego, y la utilización de recursos hídricos alternativos.

En el diseño de la red es imprescindible conocer desde la fase de proyecto todos aquellos aspectos relevantes para la viabilidad económica y técnica. Es fundamental incidir en los principales factores de diseño, ejecución, selección de materiales y explotación.

Las tuberías son un elemento básico en la proyección de las redes, debe tenerse en cuenta la calidad contrastada, su capacidad hidráulica y la durabilidad en el tiempo para mantenerse en servicio sin verse afectadas por acciones mecánicas, químicas y micro-biológicas.

La elección del material debe estar basado entre otros parámetros, en aquellos que tienen que ver con la durabilidad de la instalación (Figura 3) como son: la capacidad hidráulica, el comportamiento del material frente a los continuos transitorios que se producen en una red de riego, su robustez a la hora de su manipulación, facilidad de instalación, el deterioro del material con el paso del tiempo, su rugosidad y como consecuencia de esta, su pérdida de carga asociada, la disponibilidad en el mercado de los accesorios necesarios o la propia optimización energética.

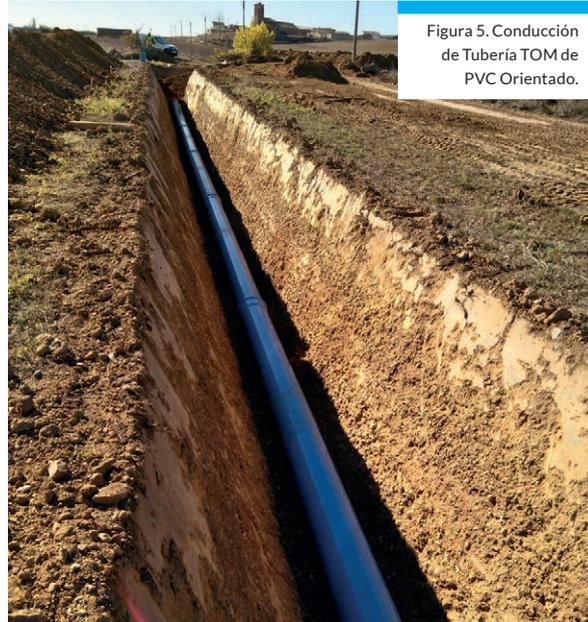


Figura 5. Conducción de Tubería TOM de PVC Orientado.

Por lo que se considera a las tuberías TOM de PVC-O de Molecor (Figura 5) la alternativa adecuada para las redes de regadío gracias a su eficiencia en la explotación y sus bajos costes de mantenimiento, debido a sus altas propiedades físico-mecánicas y químicas. Producto de calidad comprometido con el medio ambiente y económicamente viable.●



## Calidad orientada para un mañana sostenible



Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del Acuerdo de subvención nº 756698

*Tracto-Technik profundiza en las ventajas de las Tecnologías sin Zanja*

54

# El topo para la instalación de acometidas sin zanjas

*Las tuberías de transporte constituyen la columna vertebral de la infraestructura de tuberías subterráneas para el suministro y la recogida de residuos de la población. Las tuberías de distribución constituyen la estructura de la red en el lugar, en el que tuberías de conexión conducen luego a los inmuebles individuales con viviendas unifamiliares, grandes edificios residenciales o con comercios e industrias.*

No solo se deben llevar a los usuarios finales los medios 'clásicos' como la electricidad, el gas y el agua, sino también tuberías de calor y/o frío y para el suministro de servicios de telefonía, datos e internet. El programa de desarrollo del proveedor de red de fibra óptica en España avanza rápidamente, de modo que las tuberías de comunicación también desempeñan un papel cada vez más importante para las redes FTTB. Para ello, la fibra óptica se lleva hasta el punto de transferencia del edificio. Desde allí, los datos van por una red de fibra óptica instalada en la casa como red FTTH hasta los usuarios finales en las oficinas y en la vivienda.

Para el usuario final, independientemente de si se encuentra en una zona urbana o en los alrededores, se presenta la temida pregunta de cómo llega el cable de fibra óptica al edificio. El trayecto hasta él va desde la calle, donde los conductores no desean ser molestados por zanjas, por la acera, atraviesa la cerca por debajo y pasa por el cuidado jardín hasta el edificio. Allí debe hacerse entonces una perforación en la pared, o, si el edificio tiene sótano, realizarse una introducción compacta bajo el borde superior del terreno.

El procedimiento con apertura y sus efectos negativos lo conocen todos los que ya han tenido alguna vez una zanja abierta delante de su casa. El tráfico no pasa por la calle, el acceso a la casa está bloqueado, a continuación, el jardín se echa a perder y el caos total dura días, cuando no semanas, y va asociado a polvo, ruido y suciedad.

## Procedimiento sin zanja

Las desventajas de un procedimiento con apertura desaparecen con el procedimiento sin zanja. Para la instalación de una tubería de conexión, solo se necesita una pequeña zanja inicial y final; entre ellas se instalará la tubería de forma subterránea, es decir, sin más excavaciones.

El topo, llamado oficialmente martillo de compactación, desempeña un importante papel en todo ello porque con él se pueden instalar líneas de forma subterránea, rápida y también rentable sin necesidad de excavaciones.

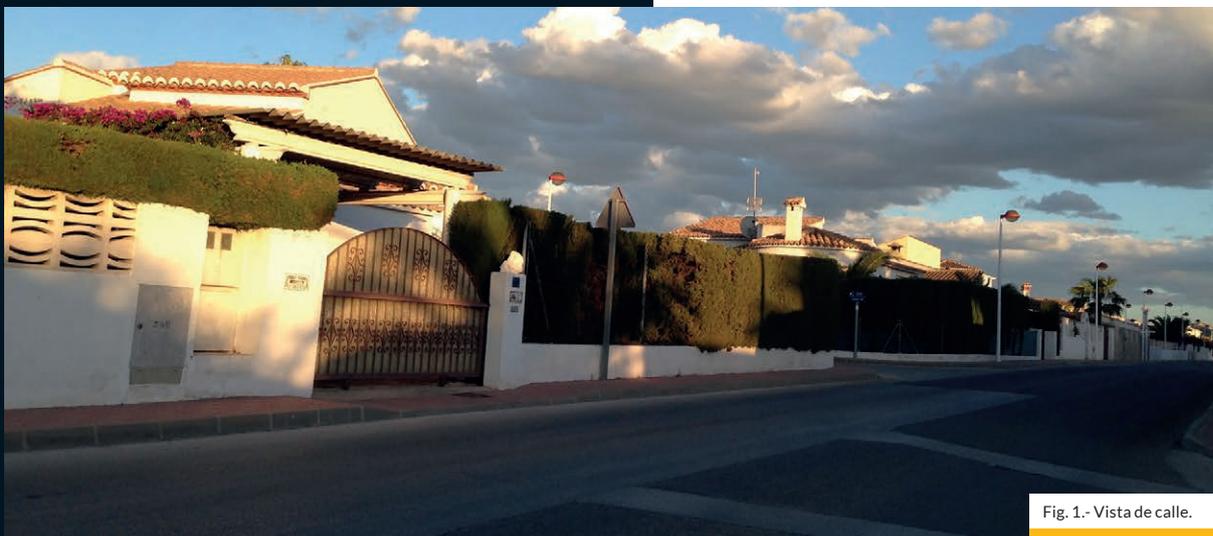


Fig. 1.- Vista de calle.



Fig. 2.- Esquema de instalación de acometida.

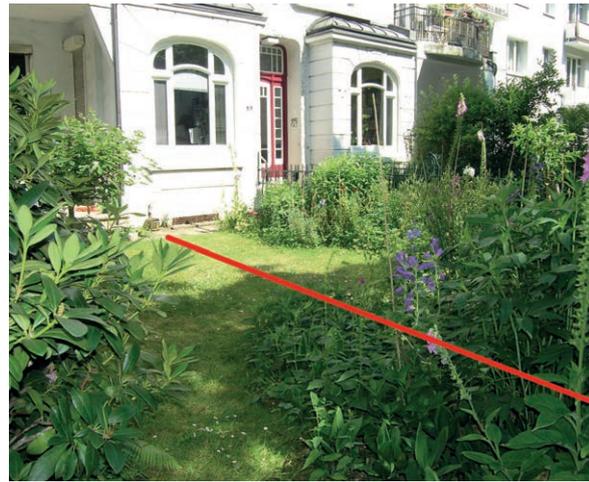


Fig. 3.- Instalación sin zanja.

Las principales ventajas del procedimiento sin zanja pueden resumirse como sigue:

- Lugar de las obras en un espacio reducido.
- Mínima alteración del tráfico.
- Evitación en la medida de lo posible de cortes en la calle.
- Mínima obra, escasas emisiones.
- Poca duración de la obra, gastos de obra reducidos.
- Ningún gasto de reparación del jardín y de las instalaciones.

### Principio de funcionamiento del topo

El topo neumático desplaza la tierra y construye así un túnel. Las tuberías cortas o largas, sin manguito, de plástico (PE, PVC ó PE-X) o de cables de 32 hasta OD 160 se pueden instalar, dependiendo del tipo de terreno, en distancias de 25 m de longitud durante el desplazamiento o posteriormente. El tipo de terreno, el trazado o también la topografía (p. ej. un salto del terreno) pueden hacer que sean necesarias longitudes de tramo más cortas. Para ello, se harán zanjas intermedias en el trazado para llevar a cabo cambios de dirección o de inclinación en esos puntos. De este modo, se pueden cruzar vías de circulación sin necesidad de zanjas y es posible construir precisas acometidas.

Para la instalación de una acometida existen dos variantes. En un edificio que no tenga sótano, por lo general, la perforación se hará desde los límites de la propiedad hasta la casa. Allí, el topo se recupera en una zanja y se hace un paso de muro.



Fig. 4.- Instalación mediante procedimiento con apertura.

Si el edificio tiene sótano, la dirección de avance puede invertirse durante la instalación. El topo se inicia desde el edificio en dirección al punto de conexión situado fuera de la propiedad.

En ambos casos se instala un tubo de protección. Cuando el canal de perforación se encuentra estable, tiene lugar la introducción del tubo (tubo corto o entubado) con el retroceso del topo desde

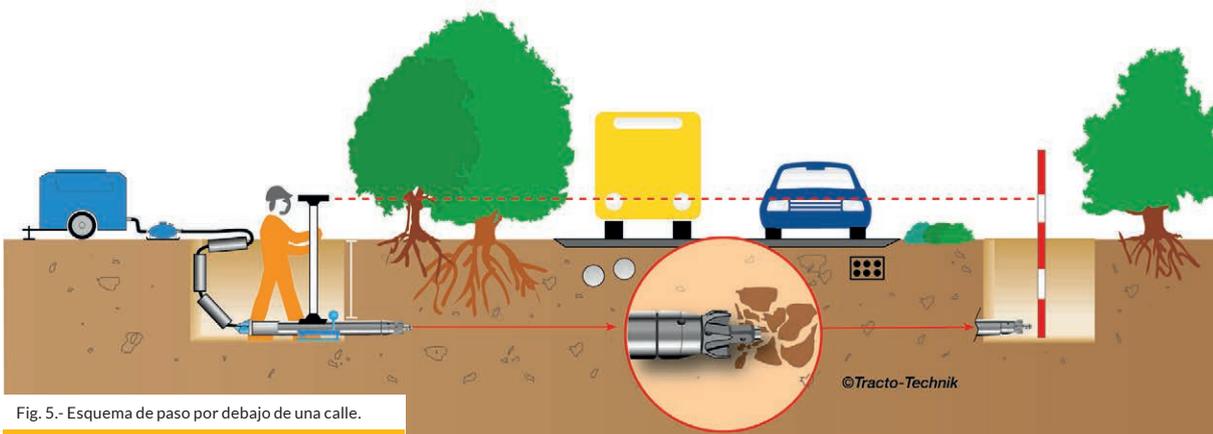


Fig. 5.- Esquema de paso por debajo de una calle.

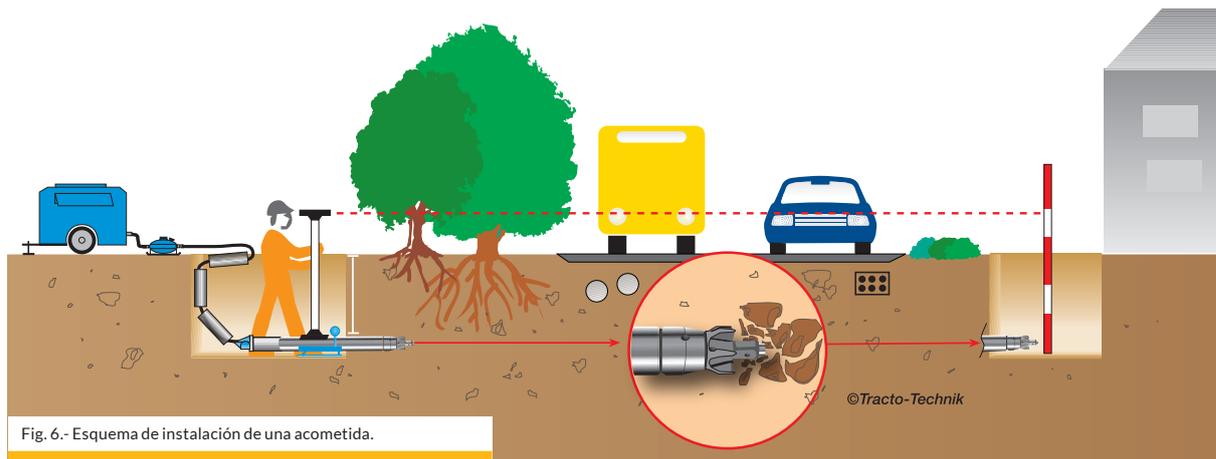


Fig. 6.- Esquema de instalación de una acometida.

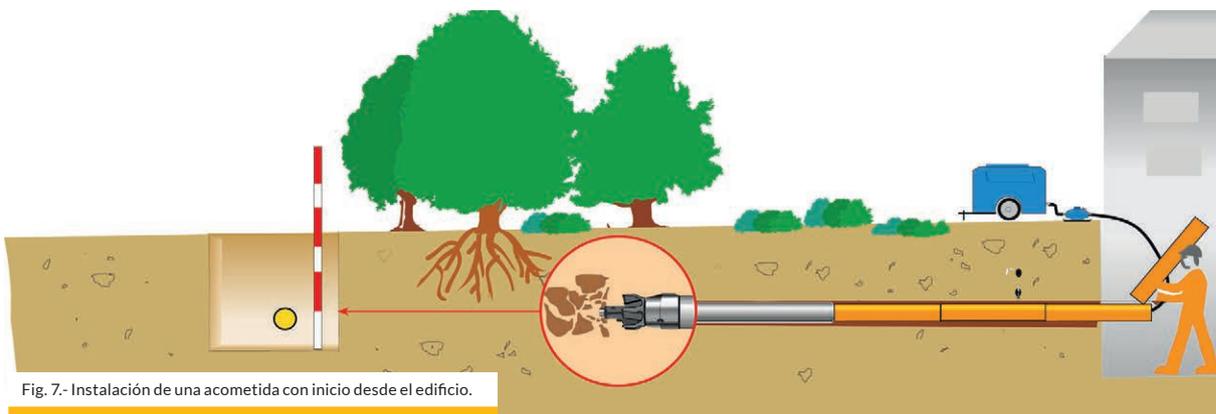


Fig. 7.- Instalación de una acometida con inicio desde el edificio.

la zanja final. De este modo, se reducen al mínimo las dimensiones de la zanja final. En caso de que el canal de perforación amenace con desplomarse, se ha de entubar inmediatamente detrás del topo durante el avance (véase figura 7).

El propio topo se vuelve a recuperar en el punto de inicio. Después, se introducen Speedpipes, en las que posteriormente se instalará la fibra óptica original.

Para la instalación de un paso de muro y el acoplamiento del tubo de protección hay muchos métodos y a menudo también con una calidad muy diferente de ejecución. Además, siempre se ha de excavar una zanja de montaje justo delante de la pared exterior.

La solución de sistema muestra cómo se puede fabricar un acoplamiento estanco al gas y al agua sin necesidad de excavaciones adicionales usando un topo, un equipo de perforación de corona (60 mm) y un paso de muro MIS 60 (véase figura 10).

En las figuras 11 y 12 se muestran ejemplos para el remate de la conexión al final de la tubería, es decir, en el punto de transferencia a la línea de fibra óptica y a los clientes finales.



Fig. 8.- Introducción de Speedpipe.



Fig. 9.- Paso de muro MIS 60.

### Función y modo de trabajo básico de un topo

Independientemente del tipo de acometida, da igual si es para gas, agua, electricidad o comunicación, es importante que para los trabajos de perforación se cumplan las siguientes condiciones geológicas, geométricas y técnicas.

El topo trabaja en un proceso de sustitución, es decir, el terreno situado en la zona del canal de perforación no se desvía, sino que durante el avance tiene que ser desplazado hacia afuera. Para ello, se ha de prestar atención a que exista un recubrimiento suficiente, por lo general 10 veces mayor que el diámetro, hasta la superficie del terreno para que durante el proceso de compactación no surjan levantamientos en la superficie. Estos pueden por ejemplo dar lugar a un bache en la vía de una calle.

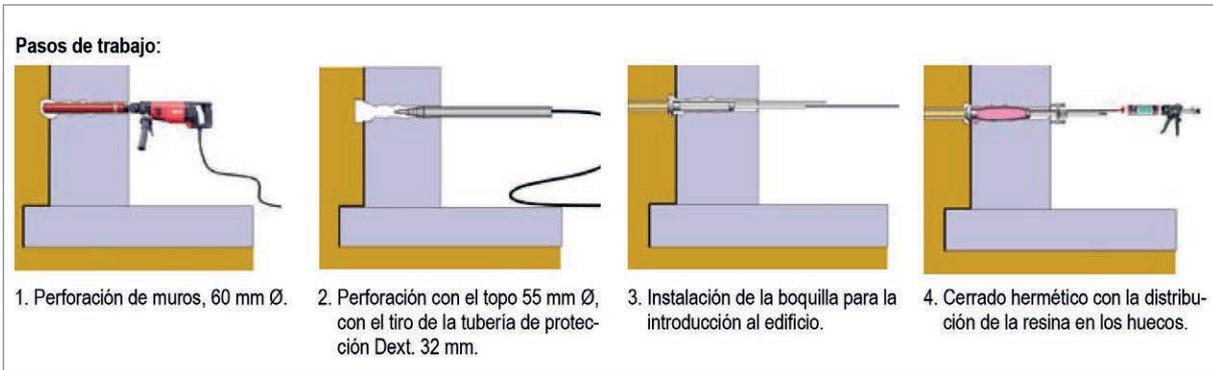


Fig. 10.- Esquema del proceso de creación de un paso de muro (Hauff-Technik GmbH).

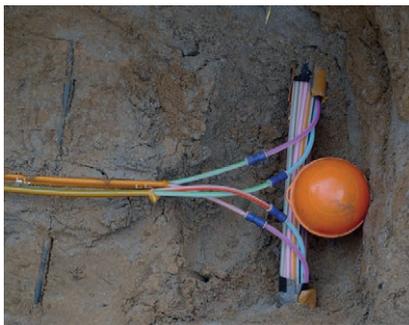


Fig. 11.- Conexión a la línea de fibra.



Fig. 12.- Remate en la propiedad del usuario final.



Fig.13 Tubos de PVC-U interconectados.

El suelo adyacente se compacta así automáticamente de modo que si se dan las correspondientes condiciones geológicas se crea un canal de perforación estable. Este es necesario para que posteriormente se pueda realizar la introducción o inserción de la tubería. El canal de perforación es igualmente esencial para el funcionamiento de un topo. El aire utilizado para el avance neumático es derivado hacia arriba. En caso de que no se pueda hacer esto, el avance se pararía. Por ello, en suelos huecos se ha de instalar un tubo de protección justo detrás del topo durante el avance. Estos tubos de protección (tubos cortos o largos) son, por lo general, ensartados detrás del topo sin manguitos y en piezas de metros (Figura 13).

### Topo Grundomat- Avance en sistema de dos pasos

El topo Grundomat de Tracto-Technik consta de dos partes y se basa en el sistema de dos pasos que se viene usando ya desde hace siglos y en miles de ocasiones cada día.

Paso 1: El pistón accionado por aire comprimido golpea sobre la punta del topo, la cual está también situada sobre un apoyo móvil y diseñada como cabeza de taladro escalonada. La punta del cincel es impulsada hacia adelante por la energía de golpeo, se abre camino y destruye los posibles depósitos duros. La camisa del topo no se mueve durante el proceso, sirve como apoyo para el avance y mantiene de forma estable la dirección de recorrido.

Paso 2: En el segundo paso, se recupera la camisa mediante la inversión de la dirección de las corrientes de aire y esta vuelve a estar disponible como apoyo y guía para el siguiente paso.

Los topos con cabeza de desplazamiento móvil son más potentes y no se desvían tan fácilmente como los topos de una pieza con cabeza de desplazamiento fija. Gracias al avance por pasos, la respectiva potencia de golpeo ofrecida se puede utilizar para el trabajo de perforación de forma casi íntegra. La resistencia a la punta y la fricción de la camisa se separan y son más fáciles de superar individualmente. Por ello, el Grundomat trabaja con gran precisión en terrenos pedregosos.

Un topo es preciso si la desviación es menor al uno por ciento de las longitudes de avance, es decir, menor de 10 cm en una longitud de 10 metros. La plataforma de arranque y la mirilla telescópica permiten un ajuste exacto al punto final. Con el desplazamiento paralelo de 1,5 m se conseguirá una línea de visión visible a partir de la línea de perforación no visible.

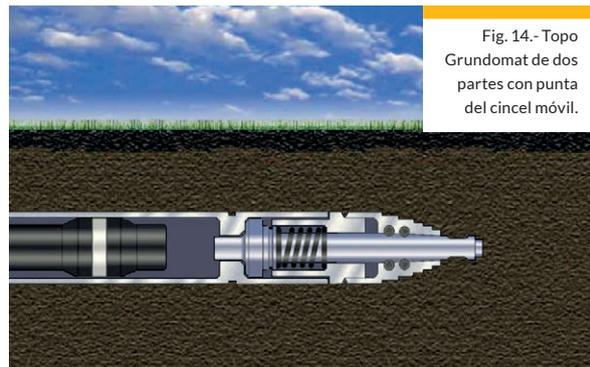


Fig. 14.- Topo Grundomat de dos partes con punta del cincel móvil.

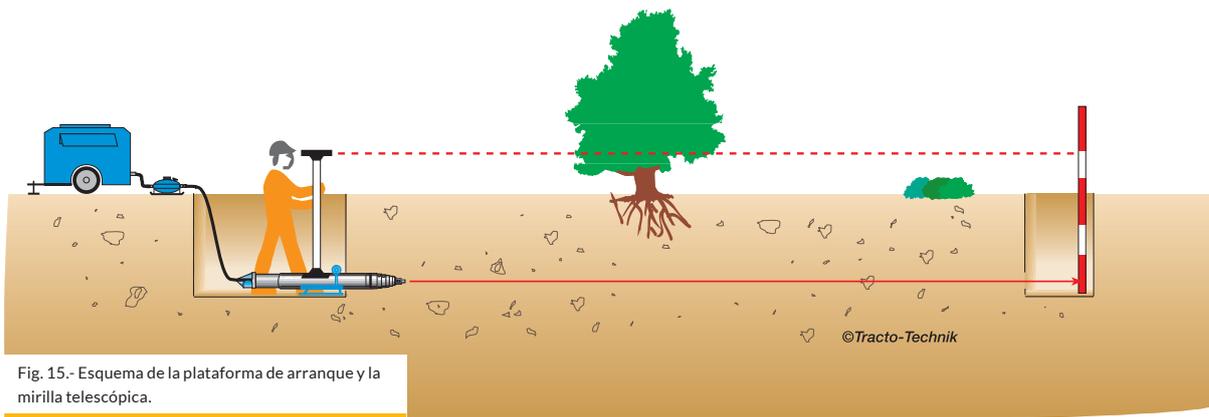


Fig. 15.- Esquema de la plataforma de arranque y la mirilla telescópica.

58

El proceso y el equipamiento para el ajuste y la fijación precisa del topo en la zanja de inicio se muestran en las figuras 16 y 17.



Fig. 16.- Enfoque del punto final.



Fig. 17.- Mirilla telescópica y plataforma de arranque.

**Topo Grundomat – Cabeza escalonada y de corona**

De manera estándar, el topo Grundomat de Tracto-Technik está equipado con la ‘cabeza escalonada’ (modelo P). La forma escalonada favorece la penetración en el terreno. Para la creación del canal de perforación, el suelo será sucesivamente triturado, desplazado lateralmente y compactado a partir de la punta de taladrado.

La versión P se utiliza en suelos desplazables, limo-arcillosos o de arena fina.

Para suelos compactos, ricos en grava y pesados se desarrolló la cabeza de corona (modelo N). La punta de la corona tiene un efecto de centrado y los filos desintegran el suelo antes del desplazamiento. Con ello se mejora aún más la ya alta precisión de la versión P y se amplía el ámbito de uso del topo a suelos más duros y extremos. Además, la nueva versión N se puede utilizar en dos velocidades. Gracias a la respectiva velocidad de avance que se desprenda se puede deducir y reaccionar ante el estado del subsuelo adyacente.

Para evitar levantamientos en la superficie, se recomienda que se deje una capa de revestimiento de un tamaño diez veces superior al diámetro de la camisa. Los martillos de compactación están equi-

pados con marcha atrás. El Grundomat con la cabeza con cincel móvil es fácilmente reversible con una palanca. Fijando una cabeza con sonda integrada o mediante una sonda incorporada en el tubo, también se puede localizar el topo, pero no dirigirlo.

Los martillos de compactación alcanzan, dependiendo del suelo, una velocidad de avance de hasta 15 m/h. Esto significa que con una buena preparación y organización del lugar de la obra se pueden tender 2 ó 3 acometidas. Con ello se consiguen ventajas en cuanto a tiempo y costes en comparación con el procedimiento de apertura de zanjas. Al mismo tiempo, se mantiene el acceso a los edificios para los residentes y se reducen al mínimo los demás perjuicios.

**Topo y subsuelo**

Para que la técnica disponible se pueda utilizar de forma correcta y eficaz, se necesitan amplios conocimientos del suelo y de su evaluación geotécnica. La capacidad de perforación y, aún más, la capacidad de desplazamiento son de suma importancia en el topo.

El suelo ha de ser compactable y debe contener elementos cohesivos. El topo puede introducirse en suelos huecos y húmedos. Por contra, los suelos duros y áridos, así como los rocosos, no son compactables.



- Una primera gran clasificación de los suelos se puede realizar en:
- suelos sueltos (no cohesionados) como por ejemplo arena y gravilla
  - suelos cohesionados como por ejemplo arcilla gruesa/fina o arena/guijarros con arcilla
  - suelos orgánicos
  - suelos con piedras de < 63 mm de diámetro
  - suelos con gran cantidad de rocas

y a partir de ella realizar una primera evaluación sobre la posibilidad de utilizar un topo.

En los suelos no cohesionados, la aplicabilidad del proceso de sustitución depende principalmente de la densidad de los depósitos, de la distribución y de la forma de los gránulos. En suelos cohesionados, el grado de saturación, la posibilidad de drenaje del agua intersticial y la consistencia son importantes criterios de decisión.

En la tabla se encuentran recogidos algunos datos generales sobre la capacidad de desplazamiento de los suelos cohesionados y no cohesionados.

Para la exploración e investigación del terreno de la obra se pueden aplicar las normas del Eurocódigo 7. En combinación con los valores de resistencia, también se puede valorar la capacidad de perforación.

Aportar conocimientos básicos de obra e interpretarlos correctamente significa que se deben evitar situaciones que puedan influir de forma negativa sobre un avance.

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| No cohesionado | Almacenado de forma suelta                 | Fácil de desplazar                                 |
|                | Almacenado de forma compacta               | Difícil de desplazar                               |
|                | Unigranulado, almacenado de forma compacta | No desplazable                                     |
|                | Gránulos rotos                             | Más difícil de desplazar que los gránulos redondos |
| Cohesionado    | Saturado de agua                           | No desplazable sin drenaje del agua intersticial   |

Tabla 1. Datos generales sobre la capacidad de desplazamiento.

### Dos ejemplos típicos son:

En caso de que el suelo sea por ejemplo arenoso y con grava, sin partículas finas, se debe entubar de inmediato ya que de lo contrario el canal de perforación se cierra, el aire de salida del topo no puede escapar y, a consecuencia de ello, el avance queda paralizado.

Los tipos de suelos muy inclinados y cambiantes, con una transición de zona firme a débil, pueden provocar la desviación del topo. Por ello, la dirección de avance debe elegirse de modo que se perfore de la zona firme a la débil. El topo conserva su dirección estable desde la formación más firme hasta el final.

### Exploración de tuberías

Echando un vistazo al subsuelo también se deberían registrar la posición y la profundidad de las tuberías y los dispositivos existentes.

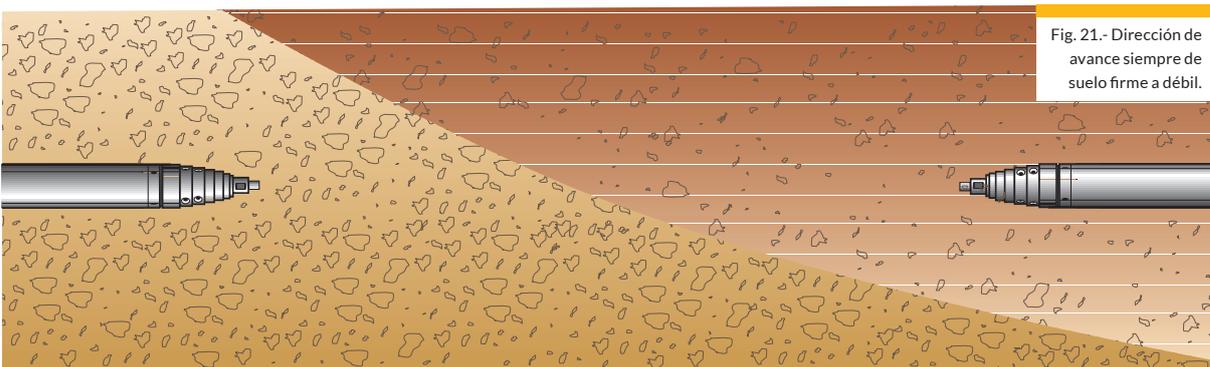
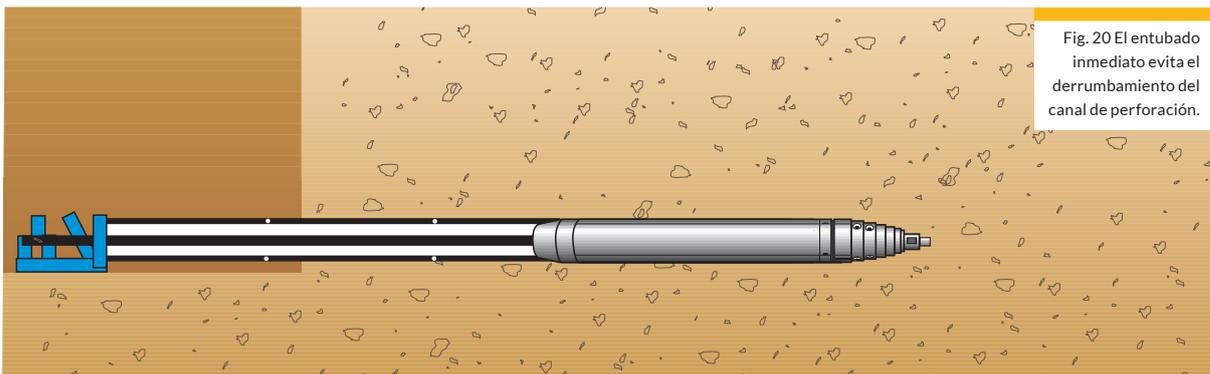
La información sobre otras tuberías y sobre el tipo de estas es ofrecida por el operador de la red de suministro y recogida o por la administración local (autoridades, delegaciones de urbanismo). Las empresas de construcción o los vecinos también pueden tener conocimiento sobre el trazado. En caso de que la posición de las tuberías no esté clara, también son de ayuda los localizadores y/o detectores o las aperturas de búsqueda.

A menudo, los proveedores de red prescriben también medidas de seguridad, distancias de seguridad y/o excavaciones en caso de que en las proximidades se hallen tuberías conductoras de gas, agua o corriente eléctrica.

La técnica de localización opcional, equipos de seguridad como por ejemplo el tubo flexible de aire comprimido no conductor (sin armadura de acero) y un equipamiento protector especial ofrecen seguridad de funcionamiento y de trabajo para el operador y el topo.

### Ámbito de aplicación

Con el topo se pueden instalar todas las acometidas y los correspondientes tubos de protección para todos los medios. Dependiendo del proyecto y del procedimiento, se fabricarán topos TT con diámetro de entre 45 y 180 mm, longitudes de entre 979 y 2.221 mm y pesos de entre 9 y 280 kg. Para la instalación de líneas FTTB se utilizarán los modelos ligeros 45 y 55 P. Los compresores y el consumo de aire se deben regular de forma correspondiente. Para la instalación de tubos de protección como entubado inmediato o introducción y/o inserción posterior hay una gama de accesorios amplia y adecuada.



El ámbito de aplicación del topo es diverso y comprende tanto nuevas instalaciones como el saneamiento de las tuberías de suministro y recogida. La longitud de avance a conseguir depende esencialmente del estado del suelo en el que se va a realizar la obra, del diámetro de la tubería que se va a instalar y del trazado.

**Ámbito de aplicación del topo para el suministro**

Con topos de diferentes tamaños se pueden realizar nuevos tendidos y/o cambiar los tubos protectores o las tuberías para los medios conducidos de forma subterránea:

- Nuevo tendido y cambio de tuberías de agua potable.
- Nuevo tendido y cambio de tuberías de gas.
- Nuevo tendido de acometidas flexibles de calefacción a distancias.
- Nuevo tendido de tuberías de conexión FTTB.

Los diámetros de tubo habituales en el ámbito de las acometidas varían de 32 a 110 mm. Pueden surgir limitaciones debido a las condiciones geométricas límites en la zona de conexión y a su relación con los radios de curvatura del tubo de plástico que se va a instalar.

**Ámbito de aplicación del topo para la recogida**

Con los topos se pueden tender tuberías de presión y tuberías abiertas dentro del ámbito de las aguas residuales:

- Nuevo tendido de canalizaciones para acometidas.
- Renovación de canalizaciones para acometidas.
- Cambio de canalizaciones para acometidas.

Dependiendo del estado del suelo, para las tuberías abiertas debe existir una pendiente suficiente (a partir de aproximadamente 2%). Las técnicas de procedimiento también se pueden combinar tal y como muestra la figura 23.

**Perforación piloto con Grundomat - Dilatación con Grundotugger II**

Para las medidas de renovación existe un topo especial adaptado y un equipo robotizado para la realización de la conexión hermética al colector de aguas residuales no transitables. Para el cambio de las canalizaciones de las acometidas de aguas residuales se utiliza un topo como dispositivo de golpeo junto con implementos de la técnica de estallido así como del dispositivo de tracción con cable Grundotugger.

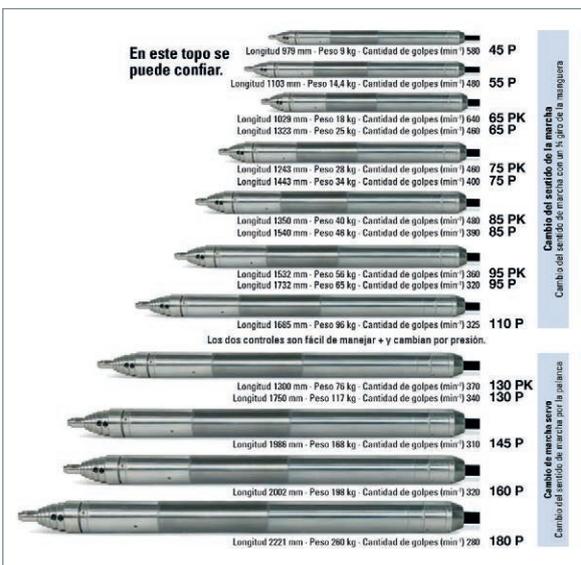


Fig. 22.- Gama de productos de topos Tracto-Technik.

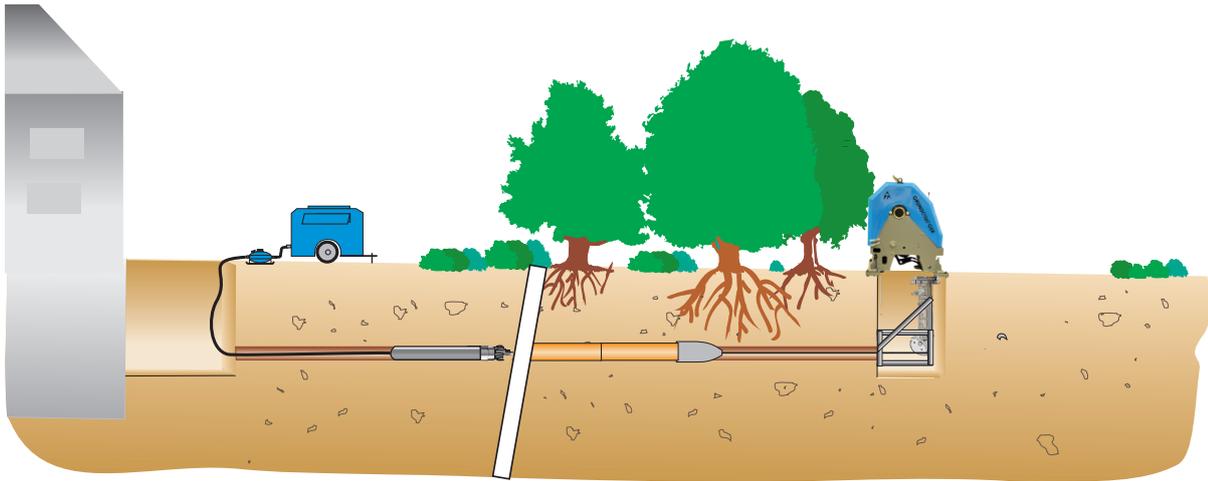


Fig. 23.- Nuevo tendido de una tubería: Perforación piloto con Grundomat, Dilatación con Grundotugger II.

### Conclusiones

El uso de los topes Grundomat demuestra a diario su fiabilidad y es una garantía para el éxito técnico y económico. Importantes factores de éxito son la alta productividad y el reducido deterioro del medio ambiente. La restauración de superficies agrietadas es un proceso largo y costoso que puede suponer hasta el 80% de los gastos totales. Los topes son de fácil manejo y solo necesitan una pequeña zanja inicial y otra final y alcanzan longitudes de perforación de hasta 20

m de largo con gran precisión. El tendido con topes y sin necesidad de zanjas es especialmente atractivo y goza de una gran aceptación entre los vecinos, ya que solo origina mínimos daños, si acaso, en las entradas para coches, jardines, aceras, etc. Por ello, los topes son también un factor de éxito en la ampliación de las redes de fibra óptica españolas y de sus acometidas de redes FTTB y demuestran en el uso diario sus múltiples posibilidades de utilización. •

## Superamos los 100 años de Durabilidad

- La Directiva Europea 89/106/CEE para productos de la construcción establece que en estructuras permanentes la durabilidad mínima de la estructura debe ser de 50 años.
- En ambiente C3, situación más habitual, con Galmac 4R® garantizamos una vida útil >50 AÑOS (ISO 9223 EN 10223-3, Anexo 1)

**Gaviones de malla electrosoldada Galmac 4R®**  
**GAVIARQ**

Gaviones fabricados en aleación Zn90Al10, con marcado CE, conformes UNE EN 10223-8.

Disponibles en varias luces de malla, diámetros y medidas

Cálculos según EC-7 Anejo Español, Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares, asesoramiento en el diseño.

# Bauma 2019 bate todos los récords



Con más de 620.000 visitantes de más de 200 países, Bauma 2019, la feria líder mundial de maquinaria de construcción, obra pública y minería, generó los mejores resultados de sus 65 años de historia. El número de visitantes aumentó en alrededor de 40.000 respecto a la anterior edición en 2016. Más de 250.000 de estos visitantes procedían de países que no eran Alemania. Los 10 principales países de origen (al margen de Alemania) fueron: Austria, Italia, Suiza, Francia, Países Bajos, Rusia, Suecia, República Checa, Polonia y Gran Bretaña. La feria también experimentó un fuerte aumento en la asistencia de visitantes de otros continentes, sobre todo de China, Australia y Japón (más de 5.500 visitantes chinos). El número de expositores rondó los 3.700 de 63 países, lo que también supone un récord en la historia de Bauma. En resumen, con sus 614.000 metros cuadrados de superficie expositora, Bauma 2019 ha batido todos sus registros.

Bauma 2019 contó con la asistencia de más de 620.000 asistentes, récord absoluto en la historia de la feria.

**D**urante esta edición, los expositores han presentado una gran cantidad de innovaciones y nuevas soluciones a los visitantes internacionales. Zeppelin / Caterpillar, por ejemplo, presentó más de 20 estrenos mundiales. Y el negocio generado durante la feria también fue muy destacable, con numerosos expositores resaltando la alta predisposición a invertir de los visitantes. Los registros de récord de Bauma también han tenido un fuerte impacto en los libros de pedidos ya que muchos expositores generaron las ventas más altas en la historia de su participación en esta feria.

#### Plataforma de innovación y motor económico

Gracias al buen desarrollo de la feria y a la respuesta positiva de los expositores, Klaus Dittrich, presidente y CEO de Messe München, se mostró más que satisfecho con los resultados de Bauma 2019: "Para el sector, Bauma es, con mucho, la cita ferial más importante del mundo. Plataforma de innovación y motor económico, algo que hemos visto claramente este año. Especialmente en estos tiempos de cambios tecnológicos radicales que se están desencadenando con la digitalización, Bauma proporciona a la industria seguridad y confianza. Gracias al impulso en la demanda generado durante los siete días de la feria, las empresas podrán afrontar con calma la desaceleración económica. Bauma 2019 ha destacado la oportunidad y la tremenda perspectiva de la industria en su conjunto".

Por su parte, Franz-Josef Paus, director ejecutivo de Hermann Paus Maschinenfabrik y presidente del Consejo Asesor de Bauma, describió el carácter único de la feria de esta manera: "Con expositores de más de 60 países y visitantes de más de 200 países, Bauma es una plataforma industrial donde la variedad, el ingenio y el rendimiento se pueden mostrar a una inmensa audiencia internacional de negocios".

### Expositores: "La Bauma más exitosa de todos los tiempos"

Para los expositores, Bauma 2019 fue un éxito absoluto, como se desprende de algunas manifestaciones. El director general de Masa, Frank W. Reschke, la describió como "la Bauma más exitosa de todos los tiempos". Martin Herrenknecht lo confirma: "Toda edición de Bauma es especial pero 2019 lo superó todo para Herrenknecht". Domenic G. Ruccolo, director ejecutivo de Wirtgen Group, calificó a Bauma 2019 como "la más exitosa en la historia de Wirtgen Group". Y muchos expositores del país asociado de este año, Canadá, también estaban entusiasmados. Por ejemplo, Melinda Zimmerman Smith, de Serious Labs, dijo que Bauma 2019 creó "oportunidades de negocio emocionantes que ni siquiera sabíamos que existían".

### Excelente plataforma de negocios

Una vez más, Bauma demostró ser una excelente plataforma de negocios, señalaron muchos expositores. Andreas Böhm, miembro de la Junta Directiva de Liebherr- International AG, dijo: "Hemos recibido pedidos de todas partes del mundo y hemos hecho muchos contactos nuevos".

Peri también se llevó "muchos pedidos excelentes a casa", indica Alexander Schwörer, director general de Marketing y Ventas. Al igual que Zeppelin Baumaschinen, que también "cerró muchos negocios", dijo Fred Cordes, presidente de la Junta Directiva.

Más de 620.000 asistentes y cerca de 3.700 expositores

Por su parte, Joachim Schmid, director general de la Asociación de Maquinaria y Materiales de Construcción de la Federación Alemana de Ingeniería, señala que se queda con una cosa tras sus conversaciones en la feria: "Muchos expositores tenían un interés real en comprar cuando visitaban otros stands, lo que hace pensar que continuará la estabilidad económica".

### Visitantes profesionales como base del éxito

Bauma 2019 ha sido impresionante no solo por la internacionalidad de los visitantes que viajaron desde todas partes del mundo a Múnich. "La calidad y la cantidad de los tomadores de decisiones de nuestros grupos objetivo fueron excepcionales", dijo Martin Herrenknecht. Gernot Hein, director de Comunicaciones y Asuntos Públicos de ZF Friedrichshafen, añade: "El número y la calidad de las conversaciones profesionales han sido muy altos". Y Riccardo Magni, presidente de Magni Telescopic Handlers, tenía esta explicación para la tremenda puesta en escena de la feria: "Los visitantes experimentados y profesionales y la cuidadosa organización fueron la base del éxito de Bauma".



Bauma contó en esta edición con 614.000 m<sup>2</sup> de superficie expositora.



Cerca de 3.700 expositores mostraron en Bauma sus últimas innovaciones

### Digitalización como megatendencia

El foco de Bauma estuvo puesto este año en las soluciones sostenibles y digitales. Todos los expositores coincidieron en que la digitalización es una "megatendencia" en la industria de la maquinaria de construcción, como confirmaba Andreas Klauser, CEO de Palfinger AG. Los sensores y las interfaces de comunicación que recopilan y analizan datos se han convertido en equipos estándar. En general, las máquinas y los vehículos son cada vez más limpios,

silenciosos y eficientes. Muchos ahora tienen sistemas de accionamiento eléctricos e híbridos."El interés de los clientes en los sistemas de transmisión eléctrica nunca ha sido tan alto como lo fue este año", indica el Dr. Frank Hiller, presidente de la Junta de Administración de Deutz AG. "Fue un tema dominante en Bauma 2019." Algunas de las innovaciones más interesantes fueron reconocidas con el Premio a la Innovación de Bauma la noche antes de la apertura de la feria.



Los pasillos y calles de la Bauma 2019 estuvieron rebosantes de profesionales durante los siete días de feria.



**Líderes políticos: “Bauma es un escaparate para Alemania”**

La visita de muchos líderes políticos de alto rango subrayó la importancia excepcional de Bauma, una reputación que se extiende mucho más allá de la propia industria. “Esta feria comercial es un escaparate para Alemania”, dijo Peter Altmaier, ministro alemán de Economía y Energía, en la inauguración de Bauma. El presidente del Ministerio Bávaro, Dr. Markus Söder, añadió “Para mí, como persona, una visita a Bauma siempre ha sido un momento destacado en mi vida”. Y Hubert Aiwanger, ministro de Asuntos Económicos, Desarrollo Estatal y Energía del Estado de Baviera, también hizo un amplio recorrido por la feria.



En Bauma 2019 se dieron cita las soluciones más avanzadas de la industria.

El país socio de Bauma, Canadá, estuvo representado por Stéphane Dion, el embajador y ex ministro de Asuntos Exteriores, y por Jonatan Julien, el ministro de Energía y Recursos Naturales de la provincia socia bávara de Quebec. La delegación china estuvo encabezada por Wang Bingnan, viceministro de Comercio de la República Popular de China.

**“El lugar donde hay que estar” durante siete días**

Los visitantes de Bauma aportaron múltiples idiomas a Bauma durante los siete días de feria. Había gente de todas partes del mundo dondequiera que mirabas: esta era la característica definitoria del recinto ferial, tanto en los pasillos como en el área de exposición al aire libre. Los visitantes se congregaron en los puntos calientes de la feria, especialmente en los mayores stands y en las zonas de demostraciones. Además de su enfoque industrial, Bauma también supuso una gran cita de experimentación y aventura con una torre para selfies y una noria montada por Wacker Neuson. Jorge Cuartero, director general de Anmopyc, resumió la feria de esta manera: durante una semana completa, Bauma fue “el lugar donde hay que estar”. •

Canadá tuvo un protagonismo especial en la Bauma 2019 como país invitado.



# Metso demuestra en Bauma que está preparada para seguir creciendo

En el marco de Bauma 2019, el pasado 11 de abril, Metso organizó en su stand un encuentro con la prensa para dar a conocer la situación de la compañía, sus planes de crecimiento de futuro y las principales novedades que ha presentado en la feria. Pekka Vauramo, presidente y CEO de Metso Corporation, y Markku Simula, presidente del área de negocio de Equipamiento para Áridos, fueron los encargados de dar la rueda de prensa.

David Muñoz

“**S**uministramos productividad sostenible a los sectores de la minería, áridos, reciclaje e industrias del proceso para mejorar su eficiencia operativa, reducir los riesgos e incrementar su seguridad y sus beneficios”, señalaba Pekka Vauramo a modo de presentación de Metso.

A día de hoy, Metso mantiene operaciones en 52 países y cuenta con 176 instalaciones, 13.150 trabajadores cualificados, 80 centros de servicio y 20 centros de I+D. En 2018, recibió pedidos por valor de 3.499 millones de euros, logrando unas ventas totales de 3.173 millones de euros (1.773 millones de euros en concepto de servicios). Su EBITA llegó al 11,6%.

Por áreas geográficas, el 27% de sus ventas tuvieron destino en Europa, Norteamérica supuso el 19%, mismo porcentaje que Sudamérica y Centroamérica, el 27% fue para la región Asia-Pacífico y el 8% restante acabó en África y Oriente Medio.

Respecto a las líneas de negocio, la Minería acaparó el 51% de las ventas, los áridos el 26%, el reciclaje el 4% y las industrias del proceso el 19%.



De izquierda a derecha: Pekka Vauramo, presidente y CEO de Metso Corporation, y Markku Simula, presidente del área de negocio de Equipamiento para Áridos.

Como aseguraba el presidente de Metso Corporation, la compañía y sus clientes se están viendo arrastrados por las megatendencias que se aprecian en nuestra sociedad:

- Urbanización: necesidad de más áridos, arena manufacturada y minerales para la construcción
- Crecimiento de la clase media: mayor demanda de consumo de minerales
- Cambio climático: reducción de las emisiones, eficiencia energética y menor consumo de agua
- Escasez de recursos naturales: mayor responsabilidad en el consumo de estos recursos
- Economía circular: reciclaje y reutilización de minerales, áridos y residuos
- Digitalización: creación de nuevos modelos de negocio y mejora de la eficiencia

## Inversiones para el crecimiento

Ante este nuevo panorama, Metso viene invirtiendo a lo largo de los últimos años en diferentes proyectos para fomentar el crecimiento de la compañía. Por ejemplo, ha incrementado en un 40% la capacidad productiva de su fábrica de equipos de trituración y cribado



Lokotrack ST2.3.

de Alwar (India). También ha abierto un Centro de Competencia para Minería en China, la primera instalación de I+D focalizada en dar soluciones al mercado minero chino. Además, ha abordado la creciente demanda de plantas trituradoras móviles con una línea adicional de ensamblaje en su planta de Finlandia.

A todo ello hay que sumar el proyecto de fundición de Vadodara que busca aumentar la capacidad de fundición de la compañía en la India para satisfacer la creciente demanda mundial de piezas para la minería y el sector de los áridos.

Metso sigue centrada además en garantizar a sus clientes una productividad sostenible, cuidando el medio ambiente, las personas y la economía

con la más avanzada tecnología. En este sentido, hay varios ejemplos que confirman su éxito en esta línea. Solo con el uso de sus tecnologías Metso Lokotrack y Vertimill, Metso logró reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, durante 2018, en 733.700 toneladas métricas, a lo que habría que añadir notables mejoras en eficiencia energética y en disminución de emisiones de ruido y de consumo de combustible.

Como concluía señalando Pekka Vauramo, el procesamiento de los minerales sigue siendo la principal competencia de Metso y para ello propone una amplia variedad de soluciones a la industria minera, entre las que se incluyen maquinaria, repuestos, servicios para todo el ciclo de vida de los equipos y diversas soluciones para mejorar el rendimiento del negocio de los clientes.



Metso Truck Body.



Metso MX4.

Nuevos ejemplos de ello son el Metso Truck Body (una innovadora caja para dumpers que permite cargar más material por menos), la machacadora primaria giratoria Superior MKIII para maximizar la capacidad de la planta y su eficiencia, o el servicio de monitorización y digitalización Metso Metrics para optimizar los procesos mineros.

### Metso en el sector de los áridos

Markku Simula, presidente del área de negocio de Equipamiento para Áridos, señalaba que los clientes de esta industria están demandando nuevas soluciones en estas áreas:

- Selección y pedido de equipamiento: soluciones fáciles de comprar y de tener en propiedad (nuevas opciones financieras y de leasing, optimización de los costes de propiedad...).
- Operación: equipos respetuosos con el medio ambiente y que cumplan las nuevas normativas (versiones eléctricas, eficiencia energética y en el uso de materias primas...).
- Mantenimiento: mayor automatización en los procesos de servicio, disponibilidad de técnicos cualificados y servicios de reparación y formación locales.
- Renovación / Nuevo equipamiento: resolución de cuellos de botella en la producción (optimización de la producción en fábricas, soluciones que sean fáciles de transportar y sustitución de tecnologías obsoletas).

A todo ello, Metso ha respondido con importantes novedades como la trituradora de cono MX3 Multi-Action, capaz de mejorar la productividad en los trabajos de trituración y de reducir los costes operativos en canteras de tamaño pequeño o mediano. También es destacable la nueva planta móvil de trituración Lokotrack Urban LT96 que incorpora un avanzado sistema de reducción de ruido y de polvo para poder operar en áreas urbanas. O la planta móvil de cribado ST 2.3, sumamente compacta y fiable para entrar en nuevas líneas de negocio.

Metso también ha potenciado sus servicios en este sector con lanzamientos como el my.metso.com, un servicio de e-commerce para solicitar repuestos originales a los distribuidores Metso ubicados en diferentes partes del mundo. O diferentes servicios financieros para adquirir los equipos de una forma sencilla y optimizar los costes de propiedad.

Markku Simula destacaba además las ventajas de usar en la industria soluciones digitales que permitan analizar convenientemente los negocios de los clientes y planificar de forma óptima los mantenimientos.

El presidente del área de negocio de Equipamiento para Áridos ponía en valor algunos casos de éxito logrados con equipos Metso, como el empleo de las plantas móviles Lokotrack Urban LT106 y 96 en Abbema (Suecia) para cumplir con las más exigentes normativas medioambientales; el uso de los trituradores de cono MX3 y MX4 por parte de la empresa francesa Durance Granulats para mejorar la eficiencia energética en la trituración; o la aplicación de los servicios Metso Life Cycle por parte de la empresa india Dilip Buildcon Ltd (DBL) en sus 25 instalaciones de trituración.

Por último, Markku Simula señalaba que la compañía se centrará en los próximos meses en tres grandes estrategias: incrementar las inversiones en innovación, mejorar la disponibilidad a nivel global y atender las necesidades de los nuevos segmentos de mercado. •



Lokotrack Urban LT96.



Stand de Indeco en Bauma 2019.

# Indeco sigue "rompiendo moldes"

*Indeco ha aprovechado su presencia en la última edición de Bauma para lanzar una nueva línea de trituradores hidráulicos IMH, dos nuevas herramientas de demolición y dos importantes mejoras tecnológicas para incrementar la eficiencia y seguridad de sus productos.*

**D**urante el Bauma 2019, Indeco ha presentado algunas novedades importantes. La empresa, que produce herramientas hidráulicas desde hace 42 años, continúa innovando en su oferta según las necesidades del mercado.

Para responder a la gran expansión de minixcavadoras, nacen el HP 100 y el IRP 5 X, respectivamente, el martillo hidráulico y el quebrantador giratorio más pequeño de Indeco, capaces de ofrecer las mejores prestaciones incluso en los entornos operativos más angostos.



Un momento de la rueda de prensa organizada por Indeco en la feria.

Las novedades de 2019 no acaban aquí, porque Indeco ha lanzado una línea completa de herramientas: los trituradores hidráulicos de brazo IMH, producidos y probados por Indeco Norteamérica, y pronto disponibles en todo el mundo. Con estos nuevos productos se pueden transformar excavadoras y minipalas en herramientas decisivas para el desbroce y mantenimiento de zonas forestales, huertos y jardines.

“No menos importantes son las novedades tecnológicas incorporadas a dos pesos pesados de nuestra gama - declara Michele Vitulano, responsable de Marketing de Indeco - El multifunción IMP se hace aún más eficiente, gracias a la mejora de diseño y a la incorporación de nuevos dientes intercambiables en las versiones de demolidor y pulverizador, y cuchillas reversibles en la versión cizalla. Además, hay un nuevo sistema de eliminación de polvo para nuestros martillos demolidores, que según las últimas directivas OSHA, permite reducir al máximo la exposición del operador a las micropartículas de cristal de sílice”.

### Gran expansión internacional

Indeco ha podido alcanzar con los años unos objetivos ambiciosos, lo que no habría sido posible sin un importante desarrollo de su red comercial. La empresa ha establecido colaboraciones en gran parte de Europa, y en particular en Francia, España, Portugal, Alemania y Reino Unido, y además es líder en Italia con una cuota de mercado aproximada del 30%.

La especial atención dedicada al mercado del norte de Europa se ha concretado recientemente en la adquisición de una sociedad holandesa y la posterior creación de Indeco Northern Europe, así como en el nacimiento de Indeco Deutschland, sociedad de referencia para el mercado alemán.

El mercado norteamericano corresponde a Indeco North America, creada en 1990, y que actualmente cubre el territorio completo de EE UU, Canadá, Centroamérica y parte de Sudamérica, con una red de más de 50 distribuidores, 5 puntos de servicio directo, de apoyo a la red de distribución, dotados de personal técnico almacén y oficina.



Quebrantador  
IFP 19 X.

## Nueva gama de trituradores IMH

*La nueva serie de trituradores hidráulicos con brazo IMH Indeco está diseñada para transformar excavadoras y minipalas en instrumentos decisivos de limpieza y desbroce, capaces de facilitar la eliminación y desalojo de la vegetación, reduciendo enormemente los tiempos y costes de ejecución.*

*Compatibles con una amplia gama de máquinas de 5 a 50 toneladas, los trituradores IMH se fabrican con componentes Hardox, que garantizan una gran duración y eficacia. Del desbroce a la preparación de los solares, de la gestión de especies vegetales invasivas a la eliminación de los daños provocados por tormentas, además de las operaciones de limpieza, los trituradores IMH, también disponibles en versión triturador de tocones SG, pueden desempeñar las funciones más dispares, sustituyendo a toda una cuadrilla de operarios armados con trituradoras y motosierras. A esta evidente ventaja se añaden la baja inversión inicial y los escasos costes de mantenimiento.*

*Además de limpiar el terreno del modo más rápido, eficaz y seguro, los trituradores IMH suponen una alternativa claramente más ecológica que la tala y quema, porque devuelve al ecosistema la vegetación indeseada en forma de mantillo, que tiene una función protectora y fertilizante.*



En primer término, el triturador IMH 10.



Los martillos de Indeco volvieron a ser muy bien acogidos en la feria.

Nacida en 1992, Indeco Australia, con sedes en Melbourne y Sídney y una red de ventas en el resto de territorios, es actualmente líder del mercado con una cuota superior al 30%.

Indeco UK, fundada en 1999, ha ayudado notablemente a la existente red de distribución, formada por un grupo de concesionarios de proximidad especializados en el alquiler, venta, asistencia y asesoría especialista en el ámbito de los accesorios hidráulicos, a consolidarse como líder del mercado en el Reino Unido.

A partir de 2009, se potencia la presencia de Indeco en todo el Este de Europa, con el establecimiento de una oficina comercial en Rusia, para un mejor seguimiento de la red de distribuidores en todo el territorio de la CEI.

Y en 2011 fue creada Indeco México que se ocupa de las ventas y el servicio postventa en todo el país.

También es importante resaltar la presencia de varios años en el mercado brasileño, reforzada adicionalmente con la creación, a principios de 2017, de Indeco Brasil, que también aquí da servicio a una red de distribuidores de proximidad. La compañía se encuentra en expansión en todo el mercado sudamericano, con atención especial a Argentina, Uruguay y Paraguay, así como en Venezuela y Colombia.

Indeco también está experimentando un fuerte crecimiento en el mercado indio, gracias a la colaboración con empresas locales. Y en breve se pondrá en marcha Indeco India, mediante la creación de una nueva sociedad en forma de joint venture.

Por último, en 2018, nace en Hong Kong Indeco Asia Ltd, sociedad de referencia para el mercado asiático. En gran parte de los mercados emergentes, como África y Oriente Medio, la empresa está presente a través de una red de distribuidores y colabora con sus productos en la realización de las mayores obras de infraestructuras. •



## LA ALTERNATIVA A LA DINAMITA

### DESMONTE EN CARRETERAS



### DESMONTE ENTRE EDIFICACIONES



### DESMONTE EN ACCESO DIFÍCIL



### DESMONTES SUBMARINOS



**RACIONALIDAD Y SIMPLIFICACIÓN EN DEMOLICIÓN  
SIMPLEMENTE CARGAR Y ESPERAR  
NO REQUIERE AUTORIZACIÓN SU OSO  
OFERTAMOS m³ DEMOLIDO**



Calle A, nº 5 - Pabellón 1  
Polígono Industrial San José de los Llanos  
**01230 NANCLARES DE LA OCA (ÁLAVA)**  
Tel.: 945 135 626 - Fax: 945 130 592  
kayati@kayati.com - <http://www.kayati.com>



alta  
seguridad



responsabilidad  
medioambiental



Empresa  
Registrada  
ER-0563/2000



# Ischebeck demuestra que está comprometido con la innovación y el servicio al cliente



*Palabras clave como Digitalización y BIM se están expandiendo cada vez más en el sector de la construcción. El objetivo es adaptar los productos y procesos a los requisitos constantemente cambiantes del mundo digital y brindar el mejor soporte posible a los clientes. Al presentar 'smartTitan' en Bauma, Ischebeck ofrece varias soluciones digitales que simplifican y hacen más eficiente el uso de sus productos.*

## **Planificación de encofrados 3D compatibles con BIM**

En el corazón de BIM se encuentra una base de datos común; un modelo tridimensional al que todos los involucrados en un proyecto pueden acceder. Particularmente en proyectos complejos, ayuda a comprender mejor la estructura, visualizar soluciones alternativas y planificar de manera realista el proceso de construcción. Por ejemplo, las colisiones potenciales se pueden detectar por adelantado y, en realidad, evitar modificando la planificación, lo que en última instancia ahorra tiempo y dinero.

Como fabricante de encofrados, que en su mayor parte no permanecen en el edificio sino que solo se utilizan en la fase de construcción de la estructura, Ischebeck ofrece una interfaz al modelo BIM que permite la planificación del encofrado dentro de él. Esto se hace con la ayuda del programa Revit ya establecido de Autodesk. Los productos de Ischebeck están disponibles como archivos Revit (disponibles próximamente para su descarga desde el sitio web) y, por lo tanto, pueden integrarse en el modelo BIM.

## **smartTitan: software de verificación estructural automatizado**

En sus diferentes variedades, el sistema de encofrado de aluminio Titan es capaz de soportar cargas variables. En Alemania está regulado por una prueba hasta una altura de 24,60 metros. Esto significa que para ciertas variantes de ensamblaje hay una hoja de datos disponible para que se proporcione convenientemente la prueba de cumplimiento con las regulaciones.



Escultura 'Titania' creada por el artista Arthur Joas en septiembre de 2015 con aluminio y acero de las gamas Titan y Gigant (160 kg de peso y 4,11 m de altura).

Sin embargo, como un sistema modular flexible, un número infinito de situaciones de ensamblaje son concebibles. Por ejemplo, tal vez se requiera planificar un pasaje en una fecha posterior; ¿Es necesario instalar marcos a diferentes alturas...? Hasta ahora, tendrían que proporcionarse extensos cálculos individuales. Con su nuevo software de diseño smartTitan, Ischebeck ahora tiene una herramienta con la que se pueden realizar cálculos para cualquier estructura de sistema en base a pruebas de tipo, incluso para tareas de encofrado complejas, sin tener que depender de aproximaciones. El software también permite detectar las fuerzas de acción en cualquier punto de la construcción, de modo que la entrada de material se pueda adaptar para una utilización óptima del sistema. Este es un servicio interno de Ischebeck, del cual el cliente se beneficia en última instancia.

### Medición online rápida y fácil de micropilotes

smartTitan también proporciona soporte digital en el campo de la geotecnia. Una nueva herramienta ya está disponible gratuitamente en la web de Ischebeck, que ayuda a los planificadores de proyectos de cimentaciones especializadas a elaborar sus diseños de forma rápida y sencilla con los micropilotes Titan. Después de registrarse a través del sitio web, el proceso comienza de inmediato: solo hay que incorporar unos pocos parámetros y se obtiene rápidamente cálculos de capacidad de carga interna o externa, por ejemplo.

### Sistema de accesorios en construcción e ingeniería civil

En el sector de la construcción y de la obra civil, Ischebeck presentó también en Bauma nuevas soluciones en varias áreas.

Hay un nuevo panel de malla para el sistema de encofrado de losas Titan HV, que ha sido optimizado para un encofrado conveniente y para golpear desde abajo al estar equipado con una pieza de cabeza giratoria. Este panel se usa generalmente cuando hay mayores exigencias en la seguridad en el trabajo, ya que ofrece un alto nivel de estabilidad desde el área de inicio y se puede pisar de inmediato.

Ischebeck también presentó un soporte estabilizador de pared de acción rápida dirigido al mercado de prefabricados, donde las piezas de hormigón prefabricadas deben alinearse con precisión y mantenerse de forma segura. El soporte permite al usuario conectar estabilizadores desde abajo, sin la necesidad de acceso. Simplemente se empuja el estabilizador desde abajo en el soporte; se bloquea automáticamente y se libera nuevamente más tarde por una ligera presión debajo del soporte.

En el área de seguridad y logística en obras de gran altura, se exhibió el galardonado sistema de pantalla perimetral de autoescalada, 'Screen Saver'; una pantalla de andamiaje / protección de escalada hecha de láminas de aluminio perforadas livianas con plataformas en cuatro niveles, que protege a los trabajadores y evita que los objetos se caigan. Con su capacidad de ajuste horizontal y vertical, el protector de pantalla ofrece una gran flexibilidad para adaptarse a la geometría compleja de los edificios modernos.

Gigant, el sistema de apuntalamiento flexible de aluminio para zanjas en áreas urbanas, tiene un nuevo acceso de escalera que proporciona un elemento de seguridad adicional. La escalera fija y estable permite caminar con seguridad a través de la zanja.

También se pudieron ver nuevos desarrollos técnicos en el tercer segmento de productos, geotécnicos, como el Preventer, que permite la instalación de micropilotes Titan, incluso con agua presente. El proceso de achique, que de otro modo es habitual, ya no es necesario. El dispositivo de prevención se puede usar, por ejemplo, para asegurar la flotabilidad en pisos subterráneos donde existe un riesgo de ingreso de agua.

No importa si se trata de una construcción de edificios o de ingeniería civil, hardware o software, Ischebeck apoya a sus clientes como un socio fiable y apoya sus proyectos de principio a fin. •



Ischebeck aprovechó su presencia en Bauma para presentar sus últimas novedades.

# Bauma 2019, en píldoras

Les ofrecemos a continuación un resumen de algunas de las cosas vistas y oídas en Bauma 2019 durante los siete días de certamen. En el especial de feria que está publicado en la web [www.interempresas.net](http://www.interempresas.net) podrán encontrar información más detallada de lo presentado por los diferentes expositores.

74

## Anmopyc

El miércoles 10 de abril, a las 5 de la tarde, el stand de Anmopyc en el pabellón A1 fue el punto de encuentro entre los asociados de Anmopyc y representantes de los diferentes medios de comunicación nacional e internacional.



Este acto reunió a varias personas representantes de empresas asociadas fabricantes de maquinaria de construcción, colaboradores y medios de comunicación, lo que hizo del encuentro un evento agradable, interesante y atractivo para los asistentes.

Para ello Anmopyc contó con la colaboración de Bodegas Aragonesas, quienes patrocinaron el encuentro en el que se pudieron degustar sus vinos.

## Blumaq

En la edición de Bauma más exitosa que se recuerda, Blumaq ha sorprendido con la presentación de sus conjuntos de motor para las principales marcas del mercado. De esta forma Blumaq agiliza el trabajo a sus clientes ofreciendo conjuntos de recambios con todas las piezas que lo conforman, evitando el trabajo de tener que buscar pieza por pieza para completar el mismo.

Desde el punto de vista comercial, ha supuesto la consolidación de la marca como referente en la comercialización de repuestos alternativos para las principales marcas, ofreciendo una calidad OEM en las piezas que se desarrollan. En Blumaq están implementando una política de alta calidad para cada una de sus piezas que les posiciona como una gran alternativa a la pieza original dentro del mercado.



## Brokk

Tras la presentación el año pasado de cuatro nuevos modelos, Brokk ha lanzado otra máquina nueva en Bauma que amplía la gama Brokk SmartPower. El nuevo Brokk 70 es la solución perfecta para acometer una demolición segura, mecanizada y eficiente en los espacios más confinados. En comparación con su predecesor, el Brokk 70 tiene un 100% más de potencia de demolición, viene con la última tecnología innovadora Brokk SmartPower y equipa un sistema hidráulico más potente.



## BYG

El stand de BYG en Bauma estuvo muy concurrido durante toda la semana. Los asistentes al certamen valoraron muy positivamente el diseño del stand. Además, durante la feria el equipo de ventas de BYG recibió numerosas consultas de visitantes internacionales.



Los visitantes del salón internacional se interesaron por los productos antidesgaste presentados durante el certamen. También las cuchillas fabricadas por BYG despertaron el interés del público. “Aparte de lo intenso de la feria y lo pequeño que se nos quedó el stand con la cantidad de visitas de clientes y amigos, cabe destacar que en esta edición el equipo de export de BYG hizo mucha piña y lo pasaron juntos genial. También exportamos cultura e hicimos bailar flamenco a los clientes más exclusivos en la fiesta Olé en el Bar Madrid en Múnich. En resumen: Bauma 2019 nos ha dejado con muy buenos recuerdos y muy buen sabor de boca”, concluyen desde BYG.

## Case

Case da un paso al frente en la construcción sostenible presentando la primera cargadora de neumáticos del mundo que funciona completamente mediante un combustible alternativo y sostenible. ProjectTetra, el modelo de cargadora de neumáticos de Case propulsado por metano, pone de manifiesto la existencia de un camino hacia un futuro sostenible para los equipos de construcción, alejándose de la dependencia en los motores diésel tradicionales y abordando uno de los problemas más acuciantes del mundo (la sostenibilidad medioambiental) con una solución pragmática para el sector de la construcción.

El modelo incluye un motor propulsado por metano, concebido y desarrollado específicamente por la empresa asociada FPT Industrial para aplicaciones de construcción. Con un máximo de 230 CV, proporciona la misma potencia que el motor diésel de su homóloga, la cargadora de neumáticos 821G de Case.



## Caterpillar

En esta edición, Caterpillar Inc ha presentado más equipos, tecnología y servicios que nunca antes en Bauma. La oferta expositiva de la compañía para esta feria incluyó diversas líneas de productos con varias novedades, así como un stand interactivo con los servicios más avanzados de la compañía.

“Las máquinas de construcción Cat están disponibles con más automatización, tecnología integrada y soluciones digitales que permiten a los clientes enfocarse en su tarea más importante: admi-



nistrar sus negocios”, dijo el presidente de Caterpillar Construction Industries Group, Ramin Younessi. “Estamos trabajando para reducir significativamente los costos de propiedad y operación, al tiempo que aumentamos la densidad de potencia y el uso de combustibles alternativos, maximizamos la eficiencia de los sistemas de energía y expandimos la electrificación en nuestras líneas de productos. Queremos asegurarnos de que nuestros clientes tengan éxito con las soluciones de Caterpillar”.

## Cohidrex

La empresa extremeña Cohidrex, especializada en repuestos e implementos de maquinaria para obra pública, construcción y minería ha presentado en Bauma toda su gama de dientes y portadientes para excavadoras y cargadoras con su buque insignia, Trasteel Elite, cuchillas con su nueva marca Trasteel Blades y Trasteel Tools para punteros de martillos hidráulicos y picas de fresado.

Cohidrex ha contado en esta edición con un cuidado stand de 36 m<sup>2</sup> en el que ha expuesto todo el material de desgaste acompañándole el resto de marcas propias para tren de rodaje Trasteel Track y sus ya indispensables cadenas de goma Trabber además de Trasteel Tech para implementos y equipos.



Más de 300 contactos de alrededor de 80 países distintos ha sido el exitoso balance del paso de la compañía por esta feria con su marca propia Trasteel Wear Parts, alcanzando un nuevo record y constituyéndose como un importante hito en el proceso de consolidación de misma.

## Continental

Ya sea para extraer o para transportar materias primas en terrenos de grava, rocosos o arenosos, o para transportar materiales de construcción en carreteras no pavimentadas, los neumáticos para uso fuera de la carretera (OTR) montados en una gran variedad de vehículos y maquinaria tienen que hacer frente a las difíciles condiciones del terreno.

Para ello Continental ha desarrollado la gama ContiEarth, una serie de neumáticos OTR que cuentan con un diseño especial de la banda de rodadura que se



adapta a las necesidades y requisitos específicos de las cargadoras, dumpers o excavadoras usadas en proyectos de minería y construcción. La gama ContiEarth consta de dos líneas de neumáticos: el EM-Master y el RDT-Master.

## Doosan

Como primer fabricante en utilizar la tecnología 5G en sus máquinas de construcción 'teleoperadas' de todo el mundo, Doosan se ha convertido en uno de los protagonistas de Bauma 2019.

Doosan emplea el término 'teleoperación' para definir el funcionamiento de un equipo de construcción desde una estación remota. En Bauma, 'remota' significaba realmente 'remota', cómo utilizar una excavadora de orugas Doosan DX380LC-5 de 40 toneladas ubicada en Incheon, que se encuentra en Corea del Sur, a 8.500 km de distancia, desde una cabina del stand de Bauma.



## Epiroc

"Las demandas de nuestros clientes no dejan de aumentar y ahora nos complace ampliar nuestra oferta con un producto que sabemos que les ayudará si desean ahorrar tiempo y ganar dinero. Clasificar materiales en el lugar de trabajo permite aumentar realmente la eficacia y las nuevas cucharas cribadoras de Epiroc son tan fiables y rápidas como parecen", explica Gordon Hambach, director de marketing global, Epiroc Hydraulic Attachment Tools.

Las cucharas cribadoras de Epiroc BS 1600 y BS 2200, con pesos de servicio de 1.710 kg (BS 1600) y 2.450 kg (BS 2200), combinan un moderno diseño con una construcción robusta para ofrecer a los clientes del sector de reciclado y excavación de roca una solución aún más completa.



## Esco

Entre otras novedades, Esco ha aprovechado su presencia en la feria muniquesa para presentar sus últimos desarrollos en el exitoso sistema Nemisis.

Esco es un diseñador, fabricante y proveedor de referencia de productos y servicios de desgaste y reemplazo que son esenciales para el rendimiento de los equipos que se utilizan en minería, construcción e industria. Esco celebró su centenario en 2013 y en todo este tiempo ha producido continuamente productos innovadores para sus clientes. Adquirida en 2018, Esco es ahora una división de The Weir Group.



## Haver & Boecker

Haver & Boecker ha creado la marca global Haver & Boecker Niágara para combinar su experiencia en ingeniería y las gamas de productos de sus tres instalaciones de procesamiento de minerales en Brasil, Canadá y Alemania. En el pasado, las tres ubicaciones actuaban individualmente para sus respectivas regiones y territorios. Los clientes de todo el mundo se beneficiarán de una tecnología innovadora compartida, consultas más detalladas, mayor disponibilidad de piezas y mejores tiempos de entrega.



## Herrenknecht

Durante la ceremonia que se celebró la noche antes de la apertura de Bauma 2019, Herrenknecht AG recibió el codiciado Premio a la Innovación en la categoría 'Máquina' por su innovador método de instalación E-Power Pipe. Bajo el lema 'The Future Tunnels' este referente tecnológico en sistemas mecanizados de

construcción de túneles presentó a los asistentes a la feria tecnologías de vanguardia, proyectos destacados y conceptos innovadores. El Grupo Herrenknecht estuvo representado en la feria con cuatro stands y un total de aproximadamente 1.600 metros cuadrados de espacio de exposición. La compañía invitó a representantes de contratistas, clientes e ingenieros de todo el mundo para presentarles las últimas tendencias y desarrollos en tecnología de túneles, así como los proyectos en los que está actualmente trabajando.



## Hitachi

Hitachi Construction Machinery (Europe) NV (HCME) estuvo entre los fabricantes más destacados de Bauma 2019 con la exposición de más de 30 máquinas. La compañía presentó una amplia gama de productos y servicios en un stand de 6.495 m<sup>2</sup> que tuvo por lema 'Connect with Hitachi' para ilustrar cómo los clientes acceden a todo un mundo de conectividad cuando compran una máquina Hitachi. Estos se benefician no solo de las tecnologías de conectividad incorporadas en los equipos de Hitachi, sino también de la conexión con grandes profesionales dentro de su red de distribuidores.

Presentadas al público por primera vez, las enormes excavadoras de minería EX1200-7 y EX2600-7 atrajeron la atención de muchos visitantes al stand de HCME. Se mostraron junto a la primera excavadora hidráulica ICT de Hitachi en Europa, la ZX210X-6.



a los visitantes de Bauma: en vivo pudieron dar arranque a una excavadora minera de 200 toneladas girando un interruptor gigante. Para lograrlo, los equipos técnicos de Liebherr tuvieron que sortear un enorme desafío: por un lado, colocar un cable eléctrico para que la excavadora pudiera soportar los 6.000 voltios necesarios para darle vida a la máquina y al mismo tiempo, garantizar un nivel óptimo de seguridad para los miles de espectadores que asistían a las tres demostraciones diarias.

## Kauman

Desde hace 18 años, Kauman no ha faltado a ninguna edición de Bauma. Este año, ha viajado a Múnich de la mano de su departamento de ingeniería dotando de una especial relevancia al asesoramiento experto sobre su producto, algo que proporciona a los clientes sobre cualquier instalación que se dedique al transporte continuo de materiales sólidos.



Desde su stand en el pabellón C2 ha conocido nuevas empresas y afianzado relaciones con miembros ya conocidos del sector. "Desde Kauman podemos decir orgullosos que ha sido la edición más rentable de las seis a las que hemos asistido", señalan.

En esta ocasión ha viajado con su nuevo catálogo técnico bajo el brazo. Un manual maquettato en dos idiomas en cuya redacción ha trabajado todo el equipo de dirección de la empresa con la información técnica completa actualizada sobre su producto.

## Liebherr

Con fuerte experiencia en máquinas eléctricas, Liebherr ha presentado en Bauma un dúo de máquinas acondicionadas para cumplir con los requerimientos de las minas del futuro: la R9200 E y el T236. Cuando trabajan juntos la R9200 E y el dúmper T236 reducen la huella ambiental de cualquier operación minera. La R9200 E en configuración de frontal puede llenar fácilmente un T236 en cinco pasadas, una combinación perfecta para una productividad escalable. Como primicia mundial, Liebherr ha ofrecido una experiencia única

## Manitou

El Grupo Manitou, referente mundial de manipulación todoterreno, ha presentado en Bauma una amplia variedad de soluciones conectadas y sostenibles específicas para la construcción y la minería. Se presentó como avance una plataforma 100% eléctrica que se enmarca en la nueva marca 'Oxygen' para energías renovables. Con esta gama se refuerza la política RSC del grupo, ya que propone soluciones sostenibles y de gran rendimiento a sus usuarios.



## MB Crusher

De los creadores de la primera trituradora con movimiento múltiple patentada en el mundo nace la serie innovadora MB-HDS, una auténtica revolución en beneficio de los operadores. "Con nuestra nueva maquinaria hemos dado lo mejor de nosotros: es una concentración de tecnología e innovación que no podíamos esperar, después de años de pruebas, para ponerla en el mercado, al servicio de los profesionales y las empresas para las que fue creada", señalaba Diego Azzolin, director de producción de MB Crusher, durante el estreno de la nueva generación de cucharas seleccionadoras en Bauma 2019.



## Nihon Kasettsu

Nihon Kasettsu ha elegido nuevamente Bauma para presentar algunas de sus últimas novedades en el campo de los sistemas de telemetría, monitoreo y control. Esta también fue una oportunidad fantástica para reunirse con sus distribuidores de todo el mundo.

Nihon Kasettsu Corporation es una empresa japonesa con 50 años de historia que ofrece en Asia una amplia gama de productos y servicios de alto valor añadido en sectores como la industria, la ingeniería civil, la minería y la agricultura. Nihon Kasettsu Europe es la sede europea para los mercados occidentales.

La compañía es experta en:

- Sistemas de Telemetría, Monitorización y Control: para medir y monitorizar remotamente y de una forma muy sencilla y fiable cualquier parámetro.
- Sistemas de Clarificación de agua: usando reactivos 100% ecológicos, elimina las partículas en suspensión en el agua mediante procesos de coagulación/floculación extremadamente eficaces y respetuosos con el medio ambiente.



## Nuba Screening Media

“La experiencia de esta edición de Bauma 2019 ha sido muy positiva en términos de afluencia de calidad de clientes a nuestro stand, tanto en lo que se refiere a clientes actuales, para venir a hacernos una visita de cortesía o para saber de productos novedosos, como a lo que se refiere a clientes potenciales que buscaban encontrar un fabricante

global de confianza que fuera capaz de atender sus necesidades de superficies de cribado y pudiera asesorarles técnicamente en la elección de éstas”, señalan desde Nuba Screening Media.

“Asimismo, nos ha permitido hacer uso de Bauma 2019 como un fantástico escaparate donde exponer algunas de las novedades que llevábamos (superficies de cribado que combinaban varios materiales) y que han llamado especialmente la atención de todos los visitantes que se han acercado por nuestro stand”, continúan señalando.

“Por último, nos atrevemos a decir que esta edición de Bauma 2019 ha incluso superado las cifras de visitantes decisores de la edición anterior (Bauma 2016) que ya, de por sí, estaba en un escalón muy alto”, concluyen desde Nuba Screening Media.



## Sany

La división de maquinaria de movimiento de tierras de Sany ha lanzado en Bauma 2019 tres nuevas excavadoras hidráulicas y un prototipo de miniexcavadora de 8 toneladas de parte trasera corta. Estos modelos se incorporan a una gama en la que ya había 11 modelos de excavadoras con pesos operativos desde 1,6 hasta 50 toneladas.

La nueva excavadora hidráulica de cadenas SY155U con parte trasera corta se incorpora al importante mercado europeo de equipos en la categoría de 14 toneladas.



## Smopyc

En solo una semana, el equipo comercial de Smopyc mantuvo en la feria más de un centenar de reuniones directas con expositores potenciales que visitaron este salón. Las numerosas y fructíferas visitas que recibió el stand de Smopyc 2020, ubicado en el Hall EOE.12 del recinto ferial de Múnich, confirman la marcha imparable del 18º Salón Internacional de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería, organizado por Feria de Zaragoza y que tendrá lugar del 1 al 4 de abril del próximo año.

Asimismo, buena prueba de estas positivas perspectivas es el elevado porcentaje de ocupación en estos momentos: Smopyc 2020 ha alcanzado ya el 65% de la superficie que ocupó la edición anterior, a falta de casi un año para su celebración.



## SSAB

SSAB presentó en Bauma distintas aplicaciones gratuitas que pueden ayudar a los clientes a aumentar su productividad. Las aplicaciones están disponibles en App Store y Google Play. Son de utilidad para los clientes a la hora de realizar cálculos y aumentar el ahorro cuando utilicen los aceros de alta resistencia de SSAB, la chapa antidesgaste Hardox y el acero de altas prestaciones Strenx. Entre otras aplicaciones populares que se han desarrollado y mejorado a lo largo de los años se incluyen WearCalc y WeldCalc. WearCalc ayuda a los usuarios a comparar diferentes calidades de Hardox para su aplicación específica. Además, calcula tanto el aumento de la vida útil como la capacidad de carga al actualizar de acero al carbono a un acero de alta resistencia. La aplicación también puede utilizarse para predecir el desgaste por erosión, el desgaste por deslizamiento, así como el causado por impactos.



## Talleres Zitrón

Talleres Zitrón ha vuelto a demostrar en Bauma que es un referente mundial en la fabricación de sistemas de ventilación para minería, obras públicas y sector naval; equipos para transporte, perforación y elevación.

Más de 50 años de experiencia, un profundo conocimiento del sector y una gran competencia tecnológica, les permite ofrecer al cliente soluciones totalmente personalizadas, basándose en su idea de que cada proyecto es único. Diferentes soluciones para necesidades distintas.

Con sede central en España y oficinas en México, Chile, Francia, Países Bajos, Turquía, Rusia, Sudáfrica, India y Australia y una red de agentes exclusivos repartidos por los cinco continentes ofrece un servicio integral eficaz.



C / Sant Adrià, 46 • 08030 Barcelona (España) • Tel. + 34 933 599 779  
info@uresa.com • www.uresa.com



## Diseño y producción de punteros y recambios para martillos hidráulicos

- Somos una empresa de ingeniería mecánica especializada en la **FABRICACIÓN DE PUNTEROS Y RECAMBIOS PARA MARTILLOS HIDRÁULICOS**.
- Diseñamos y producimos en nuestra sede central ubicada en **BARCELONA-ESPAÑA**.
- Trabajamos para todas las marcas y también hacemos piezas a medida para trabajos especiales, según la necesidad del cliente.
- Utilizamos exclusivamente aceros europeos de **ALTA CALIDAD**.
- Tenemos un **STOCK PERMANENTE** de más de 5.000 unidades.
- Exportamos a todo el mundo y servimos los pedidos de forma **INMEDIATA**.
- La buena relación calidad-precio de nuestros productos es **RECONOCIDA INTERNACIONALMENTE**.
- Desde 1984 en el sector, un equipo de profesionales altamente cualificados y la **CERTIFICACIÓN ISO 9001**, aseguran la alta calidad de nuestros productos.

### \*SISTEMA DE DIENTES ULTRALOK\*

El sistema de dientes ULTRALOK es innovador; no requiere martillos, se aumenta la seguridad, se reduce el inventario y se simplifica el cambio en el terreno.

**PROMOCIÓN ESCO ULTRLOK\*:  
PORTADIENTES A 1 EURO!!**

\* para maquinaria de 8 a 100 tn.



## Tecso

“Una nueva edición de Bauma ha concluido, y para Tecso, S.A. ha supuesto un éxito en todos los niveles. La afluencia de visitantes ha sido muy alta y significativa, y su procedencia muy variada. Hemos recibido profesionales de la perforación con testificación, provenientes de Europa, África, Oceanía, Asia y América. Todos ellos mostraron un gran interés por los productos Tecso, en especial por la nueva gama de machos de pesca con moletas articuladas que permite su uso repetido, a diferencia de los tradicionales de un único uso”, señala Agustín Gómez García, director comercial de Tecso.

“También -continúa- hemos disfrutado de la compañía de nuestros distribuidores de Rusia, Polonia, México, Grecia, Emiratos, entre otros, y de grandes clientes fieles a la marca y al distintivo de calidad y la garantía que supone trabajar con productos Tecso, sobre todo en proyectos de especial interés por su complejidad e importancia”.



80

## Terex Trucks

El dumper articulado TA300 de Terex Trucks, recientemente actualizado, ha hecho su primera aparición en una feria comercial internacional en Bauma. Este modelo, junto a su hermano mayor, el TA400, ofrece un bajo costo de propiedad y una alta productividad en los trabajos, incluidos proyectos de construcción a gran escala e infraestructuras, urbanizaciones, canteras y minas.

“Bauma es la mayor feria comercial de nuestra industria”, dice Paul Douglas, director general de Terex Trucks. “Atrae a todo tipo de máquinas de todo el mundo, pero para nosotros se trata únicamente de dumpers articulados robustos, que es el único producto que fabricamos en Terex Trucks. Esto nos da el lujo de poder centrar toda nuestra atención en esta máquina. Hemos sido expertos en vehículos articulados durante muchas décadas”.



## Tracto-Technik

En Bauma 2019, Tracto-Technik mostró cómo las soluciones inteligentes No-Dig pueden brindar a las personas lo más esencial para la vida de una manera eficiente y económica. De ahí el lema ‘Tecnologías sin zanjas: simple y fácil’. Su concepto es único en la industria y establece los estándares para la instalación de las canalizaciones en el futuro.

Tracto-Technik ha participado en Bauma por 18ª vez. En casi 2.000 m<sup>2</sup>, la compañía organizó un programa atractivo de presentaciones de toda su cartera de productos y servicios. Esto incluía demostraciones en vivo de las nuevas generaciones de Grundomat y Grundodrill,



experiencias de Realidad Virtual que demostraban de manera realista el concepto operativo de Grundodrill, pasas para probar las soluciones digitales Cockpit y Quickpath, así como promociones de ventas para equipos seleccionados.

## Weir Minerals

Desde su fundación en 1871, Weir Minerals se ha caracterizado por diseñar y fabricar productos innovadores para las industrias de los minerales, del gas y el petróleo y de la energía. La feria Bauma fue un nuevo ejemplo de ello con la exposición de, entre otros productos, la trituradora de cono Trio serie TP, el hidrociclón Cavex CVX y las bombas para lodo con revestimiento de goma Warman WGR.



## Wirtgen Group

120 artículos en exposición, entre ellos 18 estrenos mundiales y 25 novedades, además de 6 exposiciones para descubrir la tecnología de forma interactiva: el stand de Wirtgen Group en Bauma estuvo lleno a rebosar de tecnologías punteras de máquinas y aplicaciones de Wirtgen, Vögele, Hamm, Kleemann, Benninghoven y John Deere. En Múnich se puso de manifiesto que las respectivas gamas de productos de Wirtgen Group y de John Deere se complementan a la perfección. Y convencieron a propios y extraños no solo por las numerosas posibilidades de aplicación que se derivan de la interacción de los productos. Además, la presencia común de ambas empresas subraya su cohesión y la intención de seguir creciendo juntas.



# Segeda adapta sus equipos perforadores neumáticos a la norma UNE-EN 16228

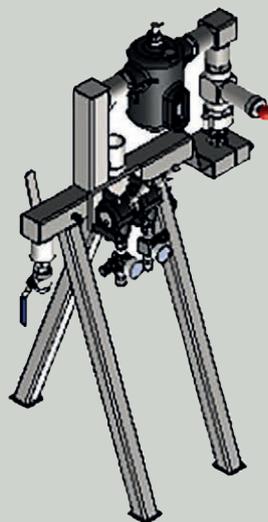
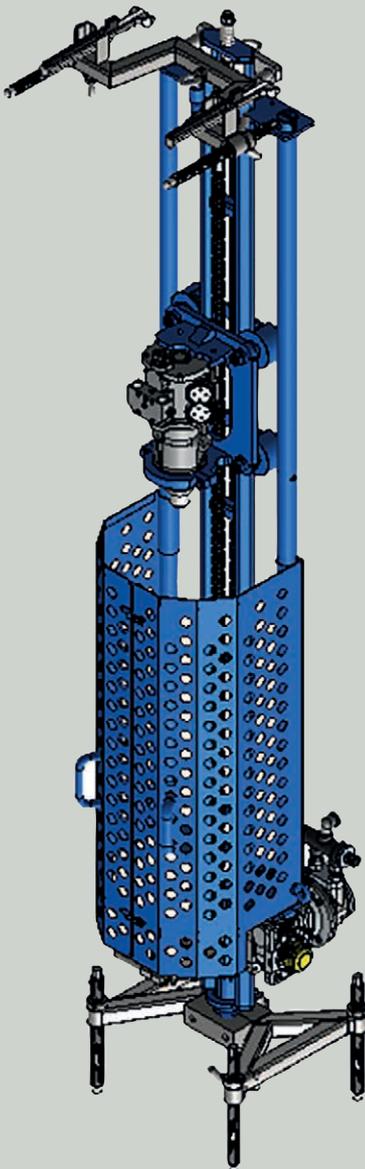
*La aplicación de las normas europeas armonizadas garantiza una presunción de conformidad de los requisitos de la Directiva 2006/42/CE, de máquinas, incorporada a nuestro ordenamiento español por el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.*

Segeda

**F**ue a inicios de 2015 cuando se publicó el último listado de normas europeas armonizadas, entre las que se encuentra la EN 16228, referida a equipos de perforación y cimentación, que consta a su vez de una parte referida a Requisitos generales (Parte 1) y otra a Perforadoras móviles para ingeniería civil y geotecnia, canteras y minería (Parte 2). Esta norma proporciona soluciones técnicas para el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad y salud de la Directiva 2006/42/CE, traspuesta a nuestro ordenamiento mediante el RD 1644/2008, de 10 de octubre. Los fabricantes pueden utilizar estas normas para probar que sus máquinas cumplen los requisitos esenciales de seguridad y salud de la Directiva de máquinas, de forma que una máquina fabricada de conformidad con una norma europea armonizada, se considerará conforme a los requisitos esenciales de seguridad y de salud cubiertos por dicha normativa.

Pese a que el uso de normas armonizadas sigue siendo voluntario y los fabricantes pueden elegir si desean o no aplicar una norma armonizada para la fabricación de sus productos, siendo posible utilizar otras soluciones técnicas que proporcionen un nivel de seguridad equivalente, en **Segeda** hemos apostado por la seguridad y la mejora de las condiciones de trabajo, aplicando el contenido de la norma EN 16228 en la fabricación de nuestros equipos de perforación, con la particularidad de que hemos desarrollado un sistema automático para las perforadoras neumáticas mediante la colocación de una barrera protectora, mientras que en las perforadoras hidráulicas ya se venía aplicando.

La norma establece, entre muchas otras medidas, la necesidad de la colocación de dispositivos de protección sensibles que detecten el acceso previsible a la zona de peligro de las partes rotatorias, de forma que se produzca el paro de las funciones de rotación y empuje, y

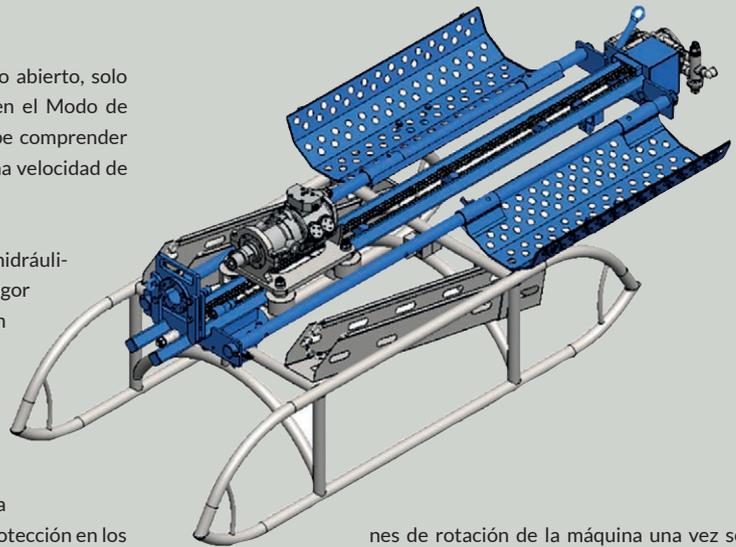


que mientras el dispositivo permanezca disparado o abierto, solo deba ser posible reiniciar el empuje y/o rotación en el Modo de Operación restringido (ROM). Este modo ROM debe comprender una velocidad de rotación de no más de 30 rpm y una velocidad de empuje de no más de 15 m/minutos.

La adopción de estas medidas en las perforadoras hidráulicas no ha entrañado dificultad desde la entrada en vigor de la norma, puesto que los sistemas que permiten el control de la rotación de los martillos en cabeza hidráulicos o las unidades de rotación hidráulicas, y su propia configuración técnica, permiten disminuir la velocidad de rotación sin perder par de potencia, permitiendo por tanto operaciones de roscado de tubos, por ejemplo, de forma segura para el operario (en los dispositivos manuales) y mayor protección en los dispositivos de alimentación de tubos automáticos.



Sin embargo, en los equipos perforadores neumáticos, todavía en uso en muchas explotaciones de piedra natural y que Segeda desarrolla a medida para diversos trabajos de obra civil y taludes, conseguir una reducción de la velocidad de rotación sin pérdida de par es prácticamente imposible. Por eso hemos estimado que, por la pequeña dimensión de los equipos y la baja dificultad de manipulación de los accesorios, el paro total de las operacio-



nes de rotación de la máquina una vez se produzca la apertura de la reja de resguardo, proporciona el mayor grado de protección posible ante posibles daños a las personas.

Para ello, en Segeda hemos desarrollado y registrado una válvula de seguridad neumática cuyo objetivo principal es prevenir la puesta en marcha imprevista después de un corte de suministro de aire, siendo necesario presionarla manualmente para permitir de nuevo el funcionamiento. El sistema se complementa con la inserción de una electroválvula, que detecta la apertura de la reja protectora, provocando que la válvula de seguridad actúe y pare la máquina.

En Segeda creemos que la seguridad no debe considerarse únicamente como un coste, sino como una inversión dirigida a la obtención de las mejores condiciones de trabajo posible, criterio que también adoptamos en nuestra fábrica, de forma que se refleje en mayor productividad al crear productos de mejor calidad y más seguros también para nuestros clientes.

# índice anunciantes

|   |                  |   |                        |
|---|------------------|---|------------------------|
| A. Bianchini Ingeniero, S.A.....                    | 61               | Lurpeko Lan Bereziak, S.A. ....   | 9                      |
| AEM (association of Equipment<br>Manufactures)..... | Interior Portada | Molecor Tecnología, S.L. ....   | 53                     |
| Corveflex, S.A.....                                 | 19               | Sandvik Española, S.A. (Sandvik Mining /<br>Sandvik Construction) ..... | Portada                |
| Distribuciones Pako de M.N., S.L.....               | 48               | Sáviat.....   | 4                      |
| Geotunel, S.L.....                                  | Contraportada    | Suministros Guillemet, S.L. ....  | 29                     |
| Ischebeck Ibérica, S.L.....                         | 17               | Transportadores   |                        |
| Kayati, S.L.....                                    | 71               | Universales, S.A.....   | Interior Contraportada |
| Lafarge Holcim España.....                          | 3                | Uresa .....   | 79                     |



Símbolo de calidad

# Soluciones eficaces sobre el terreno

[www.tusa.es](http://www.tusa.es)



Cribas - Grupos móviles  
Recuperadores de finos  
Transportadores de banda  
Alimentadores  
Tolvas y Componentes  
Instalaciones fijas de clasificación  
Plantas de Hormigón

Nuestro Departamento Técnico estudiará con usted la mejor aplicación y el circuito conveniente para el trabajo necesario. Con más de 50 años en el tratamiento y movimiento de materiales, compartimos experiencia con nuestros clientes para los mejores sistemas.

Polígono Malpica, calle E, nº 70. 50016 Zaragoza (España)  
Tel.: +34 976 57 11 12 • e-mail: [tusa@tusa.es](mailto:tusa@tusa.es)



# EL VALOR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA

[www.geotunel.es](http://www.geotunel.es)



**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

**OBRAS SUBTERRÁNEAS**



**CIMENTACIONES ESPECIALES**

**TÚNELES Y GALERÍAS**

