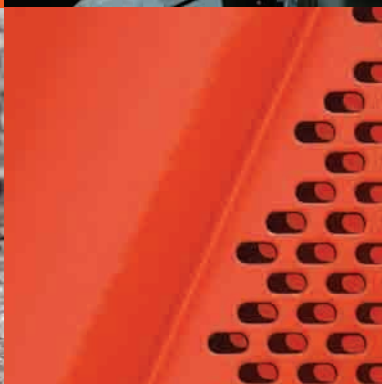


Perforación y Voladuras





Productividad sin límites



Cualquiera que sea el desafío



Soporte técnico



Le llevamos hasta su destino

En Sandvik, diseñamos equipos de perforación y herramientas que realizan su trabajo de forma excepcional. Pero sabemos que los equipos son sólo parte de los elementos clave que integran un proceso de mayor envergadura. Por ello, en todo momento nuestros especialistas trabajan de forma constante en todo el mundo explorando posibilidades para desarrollar nuevas tecnologías, aplicar su conocimiento sobre las técnicas de excavación de roca y ofrecerle soporte técnico en su trabajo diario. Nuestro objetivo siempre es el mismo: conducirlo hacia sus objetivos – a una mayor seguridad, productividad y rentabilidad en su negocio.

SANDVIK ESPAÑOLA, S.A. División Minería y Construcción

C/ Tapiceros, 9. Parque Empresarial Puerta de Madrid Este. 28830 San Fernando de Henares (Madrid)

Tel.: 91 660 52 32 / Fax: 91 660 52 49

Email: mineriyconstruccion.es@sandvik.com

www.sandvik.com



Perforación y Voladuras



Núm. 206 - 31 AGOSTO 2011

Edita: Entorno Gráfico, S.L.



Miembro de la Asociación Española de Editoriales de Publicaciones Periódicas



Editor - Director

Francisco Esquitino Martín
Lic. Ciencias Geológicas

Consejo de redacción

Asesores:
José Miguel Galera Fernández
Dr. Ing. de Minas
Felipe Mendaña Saavedra
Dr. Ing. de Caminos
Salvador Ordóñez Delgado
Dr. Ciencias Geológicas
Pedro Cifuentes Vega
Dr. Ing. de Montes

Colaboradores:

Claudio Álvarez Rodríguez
Dr. Ing. de Minas
Manuel Bustillo Revuelta
Dr. CC. Geológicas
Benjamin Celada Tamames
Dr. Ing. de Minas
Laureano Cornejo Álvarez
Ing. de Minas
Carlos Dinis Da Gama
Dr. Ing. de Minas
Eliás Moreno Tallón
Ing. de Caminos
Manuel Romana Ruiz
Dr. Ing. de Caminos
Juan Martínez Rubio
Lic. Ciencias Geológicas

Dpto. Informática:

Carlos Gancedo
GTM-IP

Dpto. de Redacción:

David Esquitino Rodríguez

Diseño y Maquetación:

Gráficas Arias Montano

Dpto. Comercial-Publicidad:

José Manuel López de Benito
Fernando Vázquez Sánchez

Suscripciones y Administración:

Ángeles Sáez Llorente
P.I. Las Nieves. C/ Plasencia, 1-17, nave 29
E-28935 MÓSTOLES (Madrid)
Tel.: 91 616 95 20* - Fax: 91 616 97 88
E-Mail: ingepres@entornografico.com
Web: www.ingepres.com

Precio de este ejemplar: 12 €

SUSCRIPCIÓN ANUAL (12 números)

- España: 120 € (IVA Incl.)
- Resto de Europa: 158 €
- Otros países: 183 €

Impresión y Fotomecánica:

Gráficas Arias Montano, S.A.

Depósito Legal: M -9855-1992
ISSN 1136-4785



En portada

El experto asesoramiento técnico de los profesionales de **MAXAM** en el análisis de voladuras y la amplia gama de explosivos y sistemas de iniciación de **MAXAM** ayuda a toda operación minera, explotación de canteras, o de excavación en la construcción de infraestructuras, a conseguir los mejores resultados en rentabilidad económica y en seguridad. **MAXAM** ofrece a las explotaciones mineras una completa variedad de explosivos, sistemas de iniciación y servicios específicos para la optimización de sus actividades.

Información:

MAXAM, S.A.

Avda. del Partenón, 16. Campo de las Naciones • 28042 Madrid
Tel.: (+34) 917 220 100 • Fax (+34) 917 220 101

E-mail: general@maxam.net

Web: www.maxam.net

AGENDA 4

ACTUALIDAD TÉCNICA 6

PERFORACIÓN

- Influencia de la perforación en los resultados de una voladura en banco y su impacto en los costes 12
- Sistemas de avance y perforación en la minería de agua dulce en terrenos volcánicos 16

DESARENADO

- Limpieza de lodos bentoníticos mediante *SuperDSand Limpieza*® 22

VOLADURAS

- Voladuras en canteras de roca ornamental 24
- Reducción de vibraciones por voladura mediante interferencia destructiva. Estudio de onda semilla 30

EQUIPOS

- Irimac presenta su gama de equipos de lavado de ruedas de camión 36

GEOTECNIA

- Jornada *Adif-Geocontrol* sobre Caracterización del Terreno 40

DEMOLICIÓN

- Demolición de bloques de roca con cemento demoledor en un entorno urbano del Bagés 42

NUEVOS PRODUCTOS 44

DIRECTORIO 46



agenda

■ TRAFIC-2011

[27 - 30 septiembre 2011]

Salón Internacional de la Seguridad Vial y el Equipamiento para Carreteras. Feria de Madrid (España).

Información: IFEMA.

Palacio Ferial Juan Carlos I
28042 Madrid

Tel.: 902 221 515 • Fax: 917 225 790

E-mail: trafic@ifema.es

Web: www.trafic.ifema.es

■ FIRAMACO 2011

[29 Septiembre - 1 Octubre 2011]

XV Feria de Materiales de Construcción y Afines; y Salón de Maquinaria. Alicante (España)

Información: Instrucción Ferial de Alicante

Ctra. N-340 • 03320 Elche (Alicante)

Tel.: 966 657 600

Fax: 966 657 631

E-mail: firamaco@feria-alicante.com

Web: www.feria-alicante.com

■ CONCRETA 2011

[18 - 22 octubre 2011]

Feria Internacional de construcción y Obras Públicas. Oporto (Portugal)

Información:

EXPONOR - IBO Barcelona

Tuset, 13 • 08006 Barcelona

Tel.: 932 412 973

Fax: 932 091 290

E-mail: info.barcelona@exponor.com

Web: www.concreta.exponor.pt

■ CONGRESO ACHE

[25 - 27 octubre 2011]

V Congreso de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Barcelona (España).

Información: ACHE - Secretaría y Congreso.

ETSICCyP - Av. Prof. Aranguren, s/n
Ciudad Univ. • 28040 Madrid

Tel.: 913 366 698 • Fax: 913 336 702

E-mail: congresobarcelona@e-ache.com

Web: www.e-ache.com

■ ASFALTO CILA 2011

[20 - 25 noviembre 2011]

XVI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA).

Río de Janeiro (Brasil).

Información: AEC - Asoc. Esp. Carretera.

Goya, 23 - 4ºD • 280001 Madrid

Tel.: 915 779 972

Fax: 915 766 522

E-mail: nugalde@aecarretera.com

Web: www.aecarretera.com

■ CINCA6

[23 - 24 noviembre 2011]

VI Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Retos de la Ingeniería Civil.

Palacio de Congresos de Valencia (España).

Información: Colegio ICCP

Almagro, 42- 4ª plta. • 28010 Madrid

Tel.: +34 91 700 64 41

Fax: +34 91 319 95 56

E-mail: cinca@ciccp.es

Web: www.cinca6.com

■ FORO MUNDIAL DEL AGUA

[12 - 17 marzo 2012]

VI Foro Mundial del Agua. Foro de soluciones para una mejor gestión de recursos hídricos. Marsella (Francia)

Información: Secretaría 6º Foro Mundial del Agua . 11, La Canebière

13001 Marsella (Francia)

Tel.: +33 4 95 09 01 40

Fax: +33 4 95 09 01 41

E-mail: secretariat@worldwaterforum.org

Web: www.worldwaterforum6.org

■ INTERMAT-2012

[16 - 21 abril 2012]

Feria Internacional de materiales, Equipos y Técnicas para la IConstrucción.

Parc des Expositions de Paris Nord (Francia).

Información: Promosalons España.

Eloy Gonzalo, 27 - 5º
28010 Madrid

Tel.: 914 119 580 • Fax: 914 116 999

E-mail: promosalons@promosalons.es

Web: www.intermat.fr

■ TIAC 12

[24 - 26 abril 2012]

IV Congreso Internacional sobre Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros. Alicante (España).

Información: IGME (Secretaría Congreso).

Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid

Tel.: 913 495 700

Fax: 914 426 216

E-mail: igme@igme.es

Web: www.igme.es

■ GEOENER 2012

[25 - 26 abril 2012]

III Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y en la Industria. Madrid.

Información: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

Paseo de la Habana, 141 - bajo A
28036 Madrid

Tel.: 913 532 197 • Fax: 913 532 198

E-mail: fundacion@fenercom.com

Web: www.fenercom.com

■ ÁRIDOS 2012

[Octubre 2012]

III Congreso Nacional de Áridos . Cáceres

Información: ANEFA - Congreso de Áridos. Travesía de Téllez, 4 Entplta. Izda.

28007 Madrid

Tel.: 915 021 417

Fax: 914 339 155

E-mail: anefa@aridos.org

Web: www.aridos.org

■ BAUMA 2013

[15 - 21 abril 2013]

XXX Salón Internacional de Maquinaria para Obras, Materiales de Construcción y Minería; Equipos y Vehículos para Obras Nuevo recinto Ferial de Munich (Alemania)

Información: Messe Munchen GmbH .

Messegelände. 81823 Munich (Alemania)

Tel.: +49 89 9 49-113 48

Fax: +49 89 9 49-113 49

E-mail: exhibiting@bauma.de

Web: www.bauma.de

NUEVA MAQUINARIA EN PERFORACIÓN

SONDA DE EXPLORACIÓN
Atlas Copco Christensen CT-20



SONDA DE EXPLORACIÓN
Atlas Copco Christensen CT-14



EQUIPO DE PERFORACIÓN
Sandvik DE-140 H



SONDA DE EXPLORACIÓN
Atlas Copco
Christensen CS-14



3 UDS
EQUIPO DE PERFORACIÓN
Atlas Copco Diamec U-6



www.insersa.es

Domicilio Social:
Paseo del Coso s/n
21660 Minas de Riotinto (Huelva) - Spain
Telf.: (+34) 959 59 05 06
Fax: (+34) 959 59 05 37
Email: insersa_riotinto@insersa.es



Delegación Sevilla:
Avda. Luis Montoto 65 Plta. 1ª
41018 Sevilla
Tel. 34 954 571 914. Fax 34 954 571 999
insersa_sevilla@insersa.es

Geoflash

Descubiertos en el fondo del Pacífico depósitos de minerales raros

Grandes depósitos de minerales raros en la tierra pero cruciales en la producción de determinados dispositivos electrónicos de alta tecnología y baterías, han sido descubiertos por investigadores japoneses en el fondo del océano Pacífico. Según sus descubridores, estos depósitos tienen una alta concentración de estos minerales. En un km² se han hallado cantidades capaces de cubrir una quinta parte del actual consumo de estas materias.

Los minerales se hallan a profundidades de entre tres mil y seis mil metros en el lecho marino y en 78 localizaciones. Estos depósitos se encuentran en aguas internacionales en las costas de Hawái, la Polinesia francesa, etc. Según *Nature Geoscience*, que publica la información, China y en menor medida Rusia poseen actualmente los principales yacimientos de estos materiales. China es el proveedor del 97% de los mismos. Entre los materiales descubiertos figuran el disprosio utilizado en magnetismo, el gadolinio y el terbio, entre otros.

Sando se adjudica su primera obra civil en Sudamérica

Sando Construcciones se ha hecho con su primera infraestructura de obra civil situada en el continente sudamericano. La compañía llevará a cabo la ejecución de una carretera en Colombia tras ganar un concurso público. Este proyecto se sitúa geográficamente en el departamento colombiano de Santander y unirá las poblaciones de Bucaramanga y Barrancabermeja.

La nueva vía sustituirá a la actual, perteneciente al Instituto Nacional de Vías, y quedará dentro del alcance de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso, que incluye el llenado de un embalse en la zona. El presupuesto de esta infraestructura

alcanza los 31 M€. Se realizará en un terreno montañoso y escarpado para el que será necesaria la construcción de un total de seis puentes.

Contrato para Assignia en Santo Domingo

Assignia, la división de obra civil del grupo *Essentium* se ha adjudicado un contrato para construir cuatro depósitos de agua y un sistema de tuberías para el abastecimiento de Santo Domingo, capital de República Dominicana, por 34 millones de dólares (unos 24,1 M€).

El consumo de cemento cae en el primer semestre

Según *Oficemen*, la patronal de la industria cementera, durante el primer semestre de 2011 se han consumido 11 Mt de cemento, lo que representa una caída del 10,2% respecto al mismo periodo de 2010. Por otra parte, hasta junio se han producido 11,8 Mt, un 8,5% menos que lo producido en los seis primeros meses de 2010. Desde el punto de vista regional se observan diferentes comportamientos en relación al consumo de cemento. Así, durante el primer semestre del año el tercio norte se comporta sensiblemente peor que la media nacional, la zona central mantiene un mejor comportamiento mientras que la zona sur evoluciona de forma semejante al conjunto del país.

En lo relativo al comercio exterior, durante este primer semestre el sector ha vendido en terceros países, fundamentalmente en Europa y África, 2 Mt, lo que representa un volumen similar al registrado en el primer semestre de 2010 mientras que las importaciones decrecen un 35,8% en el mismo periodo.

En relación a los datos mensuales, hay que remontarse a 1977 para encontrar un mes de junio con un consumo de cemento similar. En junio de

2011 el consumo ha sido menor que el de mayo y ha registrado un descenso del 20,4% respecto al mismo mes del 2010, alcanzando los 1,9 Mt.

Atlas Copco adquiere el fabricante español de generadores Gesan

Atlas Copco SAE ha firmado un acuerdo para la adquisición de *Grupo Electrógenos Gesan, S.A.* de España, un fabricante de generadores diesel y gasolina comercializados a través de una red de distribuidores mundial. El acuerdo ampliará considerablemente la gama de generadores Atlas Copco. Gesan, es una compañía privada con unos ingresos en 2010 de 56 M€. Da empleo a unas 160 personas y tiene su sede en Zaragoza, donde cuenta con instalaciones de fabricación y montaje. El acuerdo se formalizó el 14 de julio. La operación no está sujeta a aprobación por las autoridades de defensa de la competencia. El rango de potencia de los generadores Gesan es de 2 a 2200 kVA, lo que significa una notable ampliación sobre la oferta actual de Atlas Copco, de 14 a 1250 kVA. Los productos se venden a través de una red de distribuidores bien desarrollada en más de 85 países, siendo Europa, África y Rusia los mercados más importantes.

El Gobierno autoriza dos nuevos tramos de la línea de AVE Madrid-Galicia

El Consejo de Ministros ha autorizado a mediados de julio al Ministerio de Fomento a licitar, a través de Adif, la construcción de dos nuevos tramos de la plataforma en la Línea de Alta Velocidad Madrid-Galicia, en las provincias de Zamora y Ourense. Se trata de los tramos Requejo-Túnel de Padornelo y el Túnel de O Cañizo (vía izquierda), con una inversión de 175,2 M€.

El primero, de 4,1 km de longitud y que discurre por el término municipal

de Requejo, en la provincia de Zamora, cuenta con un presupuesto de licitación de 85,6 M€. El proyecto contempla la construcción en este tramo del viaducto de Los Pedregales (880 m de longitud) y la ejecución del túnel de Requejo, de 2.404,5 m de longitud.

Por su parte, el tramo Túnel de O Cañizo (vía izquierda), de 5,6 km de longitud, cuenta con un presupuesto de licitación de 89,6 M€ y discurre por los términos municipales de A Mezquita y A Gudiña; ambos situados en la provincia de Ourense. El proyecto contempla la construcción en este subtramo del Túnel de O Cañizo (vía izquierda), de 5.369,9 m de longitud.

Sener completa su participación en la ingeniería lusa Engivia

La ingeniería vasca *Sener* ha elevado del 49 al 100% su participación en la portuguesa *Engivia*, tras ejercer una opción de compra acordada hace tres años. Con esta operación, Sener se afianza en el mercado portugués donde incrementa las posibilidades de negocio en ingeniería civil, y también busca un crecimiento exterior, principalmente hacia los países africanos de habla portuguesa.

Licitación de las obras de la Autovía A-66 entre Benavente y Zamora

El Consejo de Ministros del pasado 19 de agosto ha autorizado al Ministerio de Fomento a licitar la concesión del tramo de la Autovía de la Plata (A-66) situado entre Benavente y Zamora por más de 267 M€. El contrato contempla la ejecución de 49 km de autovía, así como su posterior conservación y explotación, a través de la fórmula de colaboración público-privada establecida en el PEI. La duración de la concesión se extiende a 30 años, a contar desde el día siguiente al de la formalización del contrato.

FERIAS Y CONGRESOS

Promosalons

Pollutec Horizons: soluciones de futuro a los desafíos medio ambientales y energéticos

Cita mundial de las eco tecnologías, las energías renovables y los equipos y servicios de tratamiento de la contaminación, **Pollutec Horizons** reúne en París a 1500 expositores, el 30 % internacionales y más de 35000 profesionales de más de 100 nacionalidades en busca de soluciones para la reducción del impacto de su actividad sobre el Medio ambiente y de la puesta en marcha del Desarrollo Sostenible.

La oferta de la feria está organizada, sobre más de 45.000m² de superficie de exposición, para responder a los nuevos desafíos medioambientales y energéticos. Los temas que centrarán el próximo certamen serán la innovación e investigación, la financiación, la optimización de los procesos industriales así como las energías y el rendimiento energético a través de 300 conferencias. Con el fin de completar esta oferta se



organizará el *Focus Horizons* sobre las técnicas del futuro: fluidos supercríticos y membranas, aplicaciones satélites e ingeniería ecológica, además de eventos dedicados a los *cleantechs* con proyectos innovadores en *Start-up* de todo el mundo y los encuentros *Green Business Meetings*.

Desarrolla dos otras temáticas que se hallan en el epicentro de los nuevos retos y de la actualidad:

- la *Responsabilidad social de las empresas (RSE)* que afecta un número creciente de empresas (las líneas directrices *ISO 26000* se publicaron en noviembre 2010)

- la *biodiversidad*

debido a las obligaciones de cara a restaurar los medios deteriorados sobre todo en zona urbana.

PROMOSALONS ESPAÑA

Eloy Gonzalo, 27 - 5º Sexta
28010 Madrid

Tel: 91 411 95 80 • Fax: 91 411 66 99

E-mail: promosalons@promosalons.es

Web: www.promosalons.es

IGME

IV congreso internacional sobre Tecnología de la intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros-TIAC'12

La denominación **TIAC** da cobertura a los congresos sobre tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros que se vienen celebrando desde el año 1988, en diferentes ciudades de la costa española. El Instituto Geológico y Minero de España, la Diputación de Alicante y el Club del Agua Subterránea, conjuntamente con otras instituciones y asociaciones profesionales han decidido la organización de una nueva edición del **TIAC** en Alicante, que ya fue sede en 2003, y que por sus buenas infraestructuras facilitará la vocación de internacionalidad del congreso.

El Congreso tendrá lugar del 24 al 26 de abril del año 2012 en Alicante (España). Los días 22 y 23 tendrán lugar los cursos pre-congreso.



Las sesiones se clasificarán en cuatro diferentes áreas en las que se encuadrarán las comunicaciones presentadas y las ponencias. Expertos de prestigio internacional presentarán ponencias temáticas sobre los avances en los métodos de investigación relacionados con la gestión y optimización del aprovechamiento de acuíferos costeros.

Los títulos de las secciones serán los siguientes:

- I. Aplicación de técnicas específicas en el estudio de la intrusión
- I. Captación, almacenamiento, control y seguimiento de acuíferos costeros
- I. Gestión y Recuperación de acuíferos salinizados
- I. Desalación y gestión de la salmuera

IGME

Ríos Rosas, 23
28003 Madrid

Tel: 913 49 5700 • Fax: 914 426 216

E-mail: igme@igme.es

Web: www.igme.es

BASF

Presente en la XIII edición del Congreso Internacional de la Química del Cemento

BASF Construction Chemicals participó de manera activa en el **XIII Congreso Internacional de la Química del Cemento (ICCC)**, celebrado en el Palacio de Congresos de Madrid del 3 al 8 de julio, con la instalación de un stand, la presentación de dos ponencias y la organización de una visita a las instalaciones de la compañía.

Con más de 900 inscritos, el evento ha sido un punto de encuentro de los científicos y técnicos de todo el mundo, un importante acontecimiento científico y una ocasión única para mostrar a la sociedad la importancia que tiene el conocimiento y el desarrollo de los materiales cementantes. En el Congreso se han presentado alrededor de 500 trabajos sobre la química de los materiales cementantes y sobre su producción, hidratación, fraguado y endurecimiento; así como las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón.



En su stand en el Congreso, **BASF Construction Chemicals** presentó **Cementium®**, una novedosa gama de aditivos para el cemento que pretende cubrir las necesidades y requerimientos que se pueden plantear en el proceso de fabricación este material. El uso de estos aditivos aporta un valor añadido, ya que permite reducir los costes de producción, aumentar la eficiencia e incrementar la sostenibilidad del proceso de fabricación.

El uso de la gama de aditivos **Cementium®** requiere un menor consumo de energía durante la molienda y un menor contenido de clinker, lo que supone un ahorro energético, una disminución de las emisiones contaminantes y una prolongación de la vida de las canteras. También mejora las propiedades reológicas del cemento en el hormigón.

BASF C.CH. ESPAÑA, S.L.

Ctra. del Mig, 219

88907 L Hospitalet Llobregat (Barcelona)

Tel: 932 616 100 • Fax: 932 616 219

E-mail: basf-cc@basf-cc.es

Web: www.basf-cc.es



Mapei

Jornada sobre Ingeniería Sísmica en Murcia

La Jornada se celebró en el Colegio de Caminos de Murcia a finales de junio. Fue inaugurada por el Consejero de O. P., Vivienda y Transportes de la Comunidad Autónoma, *José Bailesta*, en presencia de numerosos medios de comunicación. El decano del colegio de Ingenieros de Caminos de Murcia, *Antonio Sevilla*, realizó la presentación de la jornada y agradeció la colaboración de *MAPEI* en la realización de la misma. Prácticamente se completó el aforo de la sala que era de 150 personas.

En la jornada participaron expertos en distintos campos relacionados con la Ingeniería Sísmica:

- *Alex. H Barbat*, Catedrático de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras en la UPC, Presidente de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica.

- *Rafael Blázquez*, Catedrático de Ingeniería del Terreno en la UCLM.

- *Sofía González*, Técnico Superior en Riesgos Naturales perteneciente a la U. P.C. de la Delegación del Gobierno en Murcia.

- *Bernardo Perepérez Ventura*, Dr. Arquitecto, Catedrático del Departamento de Construcciones Arquitectónicas en la UPV.

- *Antonio Tomás*, Profesor de Ingeniería de la Construcción en la UPCT.

- *Javier Yuste*, Dtr. Investigación en Seguridad y Tecnología de la Construcción en AIDICO.

MAPEI participó en la jornada con una ponencia: *Materiales avanzados en la intervención post-sísmica* presentada conjuntamente por el *Dr. Ivano Iovinella*, profesor perteneciente al Dpto. de Ingeniería Estructural de la Universidad Federico II de Nápoles que colaboró en la redacción de la Guía de Reparación y Refuerzo elaborada tras el terremoto de L'Aquila en 2009, y por *Gabriel Ortín*.

Se distribuyó documentación a los asistentes sobre los sistemas de refuerzo y se les entregó un escalímetro como obsequio. Asimismo se pudo disponer de las lastras de FRP y FRG.



IberMapei, S.A.

E-mail: Ibermapei@ibermapei.es

Web: www.mapei.es

Sika

Entrega de los Premios del Prontuario para estudiantes de Ingeniería de Caminos

El pasado 29 de junio, en la *ETS de Caminos de Madrid*, se entregaron los galardones correspondientes a la XVII edición del *Premio del Prontuario Sika* destinado a alumnos de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos del país.

El jurado del concurso decidió otorgar en esta edición 2010 – 2011 el Primer Premio al trabajo *Parque Eólico Offshore: Estrella de mar*, presentado por *Julio Achiaga Bello*, de la Escuela Politécnica de Burgos.

El *Premio Sika* destinado a alumnos de los dos últimos cursos de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del país llevaba en esta XVII edición el título de *Construcción de torres eólicas marinas*. Estaba dotado con un total de 9.300 € en premios y se podía concursar a título individual o formando equipos de tres personas por equipo.

El objetivo en esta edición era diseñar una



torre eólica marina cuyo fuste se pudiera realizar con hormigón para poder mejorar su durabilidad y disminuir sus necesidades de mantenimiento, justificando su diseño geométrico, el diseño del hormigón a utilizar y la forma de fabricación, para optimizar su montaje.

Los datos del problema se obtenían en el folleto del concurso y en el blog de la página principal www.sika.es en el que los participantes podían consultar todos los detalles técnicos, informaciones complementarias y documentación sobre el tema, y a la vez, aclarar todas sus posibles dudas sobre el problema.

Los concursantes debían presentar una memoria técnica con una extensión de 10 a 15 folios con la descripción y funcionalidad de

la solución adoptada y los sistemas y productos Sika aplicables a su ejecución.

El jurado encargado de emitir el veredicto final, como en ediciones anteriores, estaba compuesto por profesores de esas E.T.S. y

por ingenieros de caminos integrantes de los equipos directivos de importantes empresas constructoras.

Sika, un año más, apoya con estos premios el trabajo de los futuros profesionales.



FCC recibe las dos tuneladoras para la construcción de la línea 1 de Metro de Panamá

La ciudad alemana de Schwanau, en el suroeste del país, ha sido el escenario de la entrega de las dos tuneladoras que el consorcio liderado por *FCC* utilizará para la construcción de la línea del *Metro de Panamá*. El acto de entrega de las máquinas contó con la presencia del presidente panameño, *Ricardo Martinelli*.

Las dos tuneladoras, fabricadas por la empresa *Herrnknecht AG*, llegarán a Panamá en octubre y noviembre, respectivamente. Con un diámetro de casi 10 metros, estas máquinas habrán de perforar un túnel de 7 km, para completar el trazado de la línea 1 del metro de Panamá. Estas obras fueron adjudicadas a un consorcio en el que participan *FCC* y la empresa brasileña *Odebrecht*

y cuentan con un presupuesto superior a los 1.000 M€.

Las máquinas entregadas cuentan con la tecnología más avanzada para este tipo de obras e incluyen todos los equipos complementarios como locomotoras, cintas transportadoras, además de rieles, repuestos, mantenimiento, cableados, herramientas de corte, entre otros. El acuerdo incluye también el transporte hasta Panamá y su ensamblaje.



La línea 1 de Metro de Panamá se une a la amplia experiencia del Grupo de Servicios Ciudadanos en este tipo de líneas de ferrocarril metropolitano en todo el mundo. En el exterior, *FCC Construcción* ha

participado en la construcción del *Metro de Lisboa* (tramo *Alameda-Expo*) y en la prolongación de la línea 2 del *Metro de Atenas*, incluyendo las estaciones de *Peristeri* y *Anthoupoli*, de nueva construcción.





Atlas Copco

Intensifica su enfoque hacia el sector de la construcción

El 1 de julio de 2011, *Atlas Copco* ha creado una cuarta área de negocio: *Técnicas de Construcción*. El objeto de esto es fortalecer su enfoque hacia clientes y productos del sector de la construcción y optimizar las sinergias entre las divisiones relacionadas con la construcción. Las divisiones de *Atlas Copco* de generadores y compresores portátiles, equipos para la construcción de carreteras y herramientas para la construcción, han unido sus fuerzas y quedarán agrupadas en la nueva área de negocio, y contarán además con el apoyo de una nueva división de servicio.

Uno de los objetivos es reforzar aún más el enfoque hacia sus clientes de la construcción ofreciendo una organización dedicada para todos nuestros productos y servicios para la construcción.

Adrian Ridge, presidente de la recientemente formada división de Servicio para la Construcción explica: *La división de Servicio*

para la Construcción se ha creado para apoyar el crecimiento sostenible, tanto de nuestros clientes como de nuestra organización. Para lograrlo, nuestro objetivo es ofrecer a los clientes una experiencia de servicio de alta calidad.

La organización central de clientes globales de *Atlas Copco* no sufrirá grandes cambios. En algunas regiones, la combinación del tamaño del mercado y su potencial permitirá la apertura de centros de clientes de *Técnicas de Construcción*.

Ronnie Leten ha explicado: *Sólo implementaremos los cambios que ofrezcan ventajas a nuestros clientes y sólo tras haberlo considerado cuidadosamente.*

ATLAS COPCO, S.A.E.

Avda. José Gárate, 3-P.I.

28823 Coslada (Madrid)

Tel: 916 279 100 • Fax: 916 713 116

E-mail: cmt@es.atlascopco.com

Web: www.atlascopco.es



Comprometidos con una productividad responsable.

Atlas Copco

www.atlascopco.es

EMPRESAS

Liebherr

Vuelve a crecer en el ejercicio 2010

El grupo de empresas *Liebherr* se benefició en el ejercicio 2010 de la recuperación coyuntural en el mundo y volvió a crecer. En total, el volumen de negocios aumentó en 626,0 M€ (+9,0 %) para ascender a 7.587,0 M€. Este crecimiento se consiguió exclusivamente gracias al sector de las máquinas de construcción del grupo de empresas. Los beneficios en este sector se pudieron aumentar en 655,3 M€ (+16,0 %) para ascender a 4.744,2 M€.



nuyeron en el 30,4 % o en 134,9 M€ para ascender a 308,5 M€. Todos los demás sectores de productos alcanzaron casi el nivel del ejercicio anterior o pudieron aumentar su volumen de negocios.

El sector de las grúas marítimas, por ejemplo, pudo conseguir un crecimiento considerable. Se produjo un incremento del 9,2 % o de 61,6 M€ para ascender a 729,6 M€, superando incluso los volúmenes de ventas del fuerte ejercicio 2009.

Con el crecimiento del grupo de empresas creció también ligeramente el número de empleados durante el ejercicio. En todo el mundo se crearon 888 nuevos puestos de trabajo, de manera que la plantilla ascendió a finales del año a 32.979 empleadas y empleados.

El grupo de empresas *Liebherr* ha arrancado bien en el nuevo ejercicio económico 2011. La tendencia al alza ha continuado en casi todos los sectores de productos, de manera que el volumen de negocios en la primera mitad del ejercicio se pudo aumentar aproximadamente en el 14%. En este contexto, es de nuevo el sector de la maquinaria de construcción el que ha crecido por encima de los demás sectores de productos. Por lo tanto, para todo el ejercicio 2011 hay que contar con un crecimiento considerable de los beneficios que alcanzará previsiblemente una magnitud superior al 10 %. Un aumento del número de empleados, así como inversiones aumentadas acompañarán este crecimiento.

LIEBHERR IBÉRICA, S.A.
Aluminio, 6 y 8-P.I. Miralcampo
19200 Azuqueca de Henares
☎ 949 1348 730 • Fax: 949 265 810
E-mail: info.lib@liebherr.com
Web: www.liebherr.com

Maquinter

VSDisel, nuevo distribuidor de Bomag

Maquinter, S.A. ha nombrado distribuidor de *Bomag* para Ciudad Real a **VSDisel**, empresa que trabaja con los mismos principios que *Maquinter*: profesionalidad, y servicio cercano a sus clientes.

VS Disel comenzó su actividad comercial en 1993, en unas pequeñas instalaciones de 700 m² y tres personas. En el año 1999 se trasladan a las nuevas instalaciones con una superficie de 7.000 m², repartidos: 1.100 m² para talleres, lavadero y pintura, 1.500 m² para exposición al aire libre y 300 m² para oficinas de administración, comercial, intercambios y aula de formación.

De esta forma, *Maquinter* da un paso más para consolidar la



distribución de la marca *Bomag* por todo el territorio nacional.

VSDISEL
Ctra de Carrión, km 3,4
13080 Ciudad Real
☎ 926 231 169 • Fax: 926 231 644
E-m: comercial@vsdisel.com
Web: www.vsdisel.com

Andicop

Datos de venta de máquinas nuevas en el primer semestre de 2011

Como en años anteriores, **Andicop** –Asociación Nacional de Distribuidores e Importadores de Maquina de Obras Públicas, Minería y Construcción– ha presentado los datos de máquinas nuevas vendidas en el primer semestre de 2011.

Debido a la incorporación de nuevos asociados, cada vez se tiene una idea más completa del mercado total. Consecuentemente las cifras globales de cada año no son exactamente comparables, al haber más importadores adheridos. El incremento de mercado que se menciona está calculado teniendo en cuenta esto, es decir, está ponderado no teniendo en cuenta los nuevos importadores adheridos.

Minis	Ventas 1º Semestre	Diferencia año anterior
Palas cargadoras de ruedas < 4.6t	16	-16%
Minicavadoras (< 6t)	181	-17%
Midicavadoras de cadenas	58	-8%
Midicavadoras de ruedas	4	33%
Minicargadoras (SSL)	107	-35%
Minicargadoras cadenas (SSL)	9	44%
Producción	Ventas 1º Semestre	Diferencia año anterior
Excavadoras de ruedas	35	-44%
Excavadoras de cadenas	79	-31%
Palas cargadoras de ruedas > 4.16t	127	-7%
Palas cargadoras de cadenas	2	0%
Dúmpers articulados	23	-130%
Dúmpers rígidos	4	-73%
Tractores de cadenas	9	-0%
Motoniveladoras	8	33%
Retrocargadoras	164	-35%
Compactación	Ventas 1º Semestre	Diferencia año anterior
Rodillos monocilindros autopropulsados	38	12%
Rodillos tandem > 1,3m	5	-64%
Rodillos tandem < 1,3m	20	-35%
Rodillos vibrantes mixtos	4	0%
Rodillos duplex	25	-24%
Rodillos estáticos neumáticos	5	-38%
Manipulación	Ventas 1º Semestre	Diferencia año anterior
Manipuladoras telescópicas	158	21%

ANDICOP
Núñez de Balboa, 115 bis
28006 Madrid
☎ 916 749 271
E-m: info@andicop.com
Web: www.andicop.com



Coronas y Calibradores MD.

Tipo métrico B, T2, T6 y Wire line.
Zapatillas de revestimiento.



Tomamuestras inalteradas.

Inalteradas 75, 78, 85 y 98 mm.
SPT 2", SPT 2 1/2".
Shelby 70, 80 y 90 mm.



Tubos testigo - Baterías.

Batería de tubo sencillo B.
Batería de tubo doble T2, T6, D.F.
Batería wire line.



Penetrómetro dinámico.

Varillas 32 mm.
Puntazas y cabezas de golpeo.



JUFERMA DIAMOND.

Coronas de diamante impregnadas
Juferma SERIES®
Coronas de diamante natural inserción.
Calibradores de diamante inserción.



Varillaje.

Métrico 42, 50, 54, cónico.
Wire line.

Tubos de revestimiento.

Revestimiento métrico de 54 mm a
143 mm.



Trialetas y Triconos, coronas MD.
Manguitos y machos de pesca.
Cabezas de inyección de agua y ganchos.
Arquetas metálicas.
Cajas porta testigo y lodos.
Obturadores hidráulicos.
Accesorios de perforación.

PRODUCTOS REPRESENTADOS.



Perforación en hormigón
(de la empresa Cedima).
Brocas de diamante.
Equipos-perforadoras.



Penetrómetro-Sonda
(de la empresa Dando).

Influencia de la perforación en los resultados de una voladura en banco y su impacto en los costes

El concepto de *perforación* realizada en una voladura, consiste en la operación de llevar a cabo varias penetraciones cilíndricas en la superficie del macizo a volar, llamadas *barrenos* que tendrán una distribución y un ángulo de inclinación diseñados con el fin de producir el arranque, fragmentación y desplazamiento de parte del macizo rocoso. Estos barrenos alojaron las cargas explosivas que serán detonadas con una secuencia de disparo pensada para obtener un tamaño de *pedra* medio o fragmentación óptimos con mínimas proyecciones y vibraciones.

Si ésta fase del ciclo productivo no se realiza atendiendo a unos criterios de calidad y siguiendo el diseño de la *voladura*, los resultados no serán los esperados, teniendo como consecuencia: por un lado, la obtención de tamaños de roca no deseados que encarecen el proceso de carga, transporte y triturado, aumento de *repies* (taqueos o uso de martillos neumáticos); y por otro, el aumento de las posibilidades de accidente al existir mayor riesgo de proyecciones.

Perforación rotoperkusiva

De los distintos métodos de perforación existentes la *perforación rotoperkusiva de banqueo a cielo abierto*, es decir, voladuras con un frente libre, es el más extendido en la realización de barrenos en casi todos los tipos de rocas.

El funcionamiento básico de los equipos de perforación rotoperkusivos se basa en cuatro acciones principales (Fig. 1):

- **Percusión:** los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la boca a través del varillaje (en el *martillo en cabeza*) o directamente sobre ella (en el *martillo en fondo*).
- **Rotación:** con este movimiento se hace girar la boca para que los impactos se

En este artículo se expone como el contar con equipos técnicos y humanos adecuados a las necesidades de la perforación, invertir más tiempo en la perforación de los barrenos y obtener datos de las desviaciones de los taladros antes de proceder a la carga del explosivo, representa un beneficio económico, entendido como una disminución de los costes globales del proceso de arranque, carga, transporte y tratamiento del material.

Palabras clave: BARRENO, BORETRAK, EMBOQUILLE, INCLINÓMETRO, MARTILLO, REPIE, VARILLAJE.

Diego SÁNCHEZ ÁLVAREZ (*), Ing. Ind.
Diego LUCIO IBÁÑEZ(*), Ing. Minas.
Fernando ARQUERO BERLANGA (*), Ing. T. Minas
(*) Dpto. Técnico de MOVITEX, S.L.U.

produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

- **Empuje:** para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación. De otra forma la onda de choque se reflejaría a través del varillaje produciendo fatiga y vibraciones indeseables en el equipo.
- **Barrido:** el fluido de barrido permite extraer el *detritus* del fondo del barreno a través del espacio anular existente entre el varillaje y las paredes del barreno.

Si cualquiera de estos parámetros no son los adecuados al tipo de roca el rendimiento de la operación disminuirá considerablemente y aumentará la desviación y los desgastes de los útiles.

¿Martillo en cabeza o en fondo?

La elección entre un equipo de perforación de martillo en cabeza o en fondo dependerá entre otros factores del tipo de roca a perforar y de las características de la perforación a realizar.

El *martillo en cabeza* puede ser neumático o hidráulico, dependiendo de si el fluido que desplaza el pistón es aire o aceite hidráulico.

Las perforadoras con *martillo en cabeza* neumático no se suelen utilizar para diámetros mayores de 90 mm y profundidades de barreno que superen los 20 m, debido a las pérdi-

das energéticas en la transmisión de la onda de choque a través del varillaje y por la desviación de los barrenos; por otro lado, estos equipos son simples, baratos de adquirir y mantener y con una fiabilidad alta.

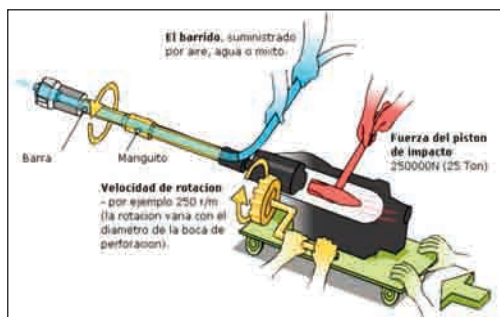
Los equipos de *martillo en cabeza* hidráulico difieren de los anteriores principalmente en que el fluido que gobierna el motor de rotación y el que produce el movimiento alternativo del pistón, es aceite. Éstas perforadoras tienen un consumo energético menor que las anteriores, poseen mayor capacidad de perforación y son más automatizables. Por el contrario, su precio es mayor y su mantenimiento más complejo requiriéndose una mayor formación del equipo mecánico.

Con los equipos de *martillo en fondo* (Fig. 2) se puede perforar en un rango de diámetros de [89 – 250] mm, a mayor profundidad que los equipos con martillo en cabeza y con una desviación mucho inferior; si bien, la productividad disminuye respecto al martillo en cabeza.

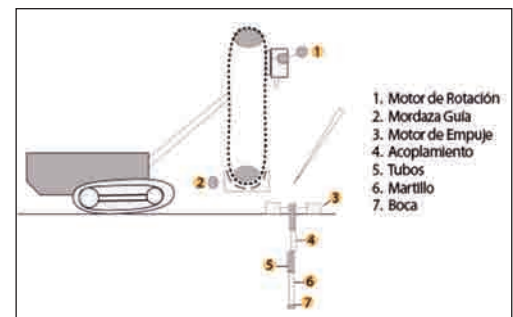
La presión de aire es la variable más influyente en la velocidad de penetración en este tipo de equipos, perforando en agua debe disponerse de un compresor capaz de desalojarla, de lo contrario el peso de la columna (contrapresión) disminuirá el rendimiento.

Ventajas del martillo en fondo

- La velocidad de penetración permanece constante, no disminuyendo con la profundidad, como pasa con la perforación de martillo en cabeza.
- Menor desgaste de boca debido a una limpieza del fondo del barreno más eficaz.
- Mayor vida útil del varillaje.
- Buena limpieza de las paredes del barreno, lo que facilita la carga del explosivo.
- Desviaciones muy inferiores a las de los equipos con martillo en cabeza.
- Menor nivel de ruido en la zona de trabajo.



[Figura 1].- Perforación rotoperkusiva.



[Fig. 2].- Perforadora de martillo en fondo.

Inconvenientes

- Productividad menor a la de los equipos de martillo en cabeza.
- No sirven para diámetros pequeños ya que al estar el martillo ubicado en el fondo, debe tener unas dimensiones mínimas para garantizar su eficacia.
- Existe riesgo de pérdida del martillo por un atasco o colapso de las paredes del barreno, siendo el martillo un elemento de considerable costo económico.
- Son necesarios compresores de alto rendimiento.

Una alternativa existente a la perforación de martillo en fondo o perforación de martillo en cabeza, es la opción que ofrecen algunas marcas, comercializando un nuevo diseño de equipos de perforación que consisten en un híbrido de martillo en fondo y de martillo en cabeza. Su nombre comercial es **Coprod** y combinan características de los dos tipos de martillo. Las perforadoras que llevan incorporadas este sistema, son como las tradicionales de martillo en cabeza pero la percusión y rotación se realiza por separado. El varillaje transmite la onda de choque del martillo, que se encuentra en superficie, hasta la boca y conduce el aire de barrido. Un motor de giro, también en superficie, transmite la rotación directamente sobre una tubería exterior unida al varillaje mediante guías y cuyas funciones son proporcionar mayor peso y rigidez a la perforación y reducir el espacio anular con respecto a los equipos tradicionales de martillo en cabeza, reduciendo la demanda de aire para evacuar el *detritus*.

Las ventajas de éste sistema con respecto a los tradicionales martillos en cabeza son:

- Posibilidad de perforar a mayor diámetro con menor desviación.
- Reducción del desgaste en juntas y manguitos.
- Mayor productividad y menor riesgo de atascos.

Ventajas respecto al martillo en fondo:

- Mayor productividad.
- No se necesita un compresor de alto rendimiento.
- Menor consumo de combustible

Por lo tanto, a la hora de escoger el equipo de perforación más apropiado para el trabajo a realizar habrá que tener en cuenta: el diámetro de perforación, altura de banco, ritmo de perforación, tolerancia en las desviaciones, resistencia a la compresión simple de la roca, junto con otras propiedades físicas de la roca como: dureza, abrasividad, plasticidad, elasticidad, textura, estructura (esquistosidad, juntas, diaclasas, fallas, etc.)

Otros criterios de selección del equipo de

perforación son los económicos, de mantenimiento y servicio.

Ejecución de la perforación

Una vez que se ha elegido el equipo de perforación, establecida la malla de la voladura y se conoce la geología del material, se pasa a la fase operativa de la perforación, en la cual aún habiendo acertado en los pasos anteriores se pueden comprometer los resultados.

En primer lugar, cabe destacar la importancia del *perforista*, el tener experiencia previa en el manejo de la máquina, en el material a perforar e incluso en la propia explotación garantiza una perforación de calidad.

Posicionamiento y alineación de los barrenos

Antes de comenzar con la perforación, el perforista debe conocer detalladamente la orientación e inclinación de cada barreno. La máquina se debe posicionar correctamente, estando lo más nivelada posible, siendo muy importante que el terreno esté lo más horizontal que se pueda, libre de baches y piedras sueltas con el fin de que la perforadora pueda realizar su posicionamiento con la mayor estabilidad. Algunas perforadoras tienen entre sus características la existencia de un apoyo hidráulico trasero, este apoyo llamado *pata trasera* es muy útil a la hora de dar estabilidad a la máquina y evitar que haya pequeños desplazamientos durante la perforación, por lo cual es muy recomendable que se utilice a la hora de perforar.

Existen en el mercado distintos aparatos electrónicos de posicionamiento del emboquille de los barrenos llamados, de una forma general, *inclinómetros*. Estos aparatos permiten el poder referenciar los barrenos de una misma fila a una referencia externa, con el fin de que en base a esta referencia, se realicen los barrenos de esa fila paralelos en todos sus ejes de dirección, de forma que la separación entre barrenos de la misma fila y de filas paralelas que existe en la superficie de la voladura, sea la misma en el fondo de la voladura, obteniendo así un tamaño medio de piedra lo más regular posible y cumpliendo con el objetivo del diseño de la voladura. A la vez, estos aparatos reducen considerablemente el tiempo de posicionamiento de la perforadora a la hora de realizar los distintos barrenos, aumentando la productividad de la ejecución de la perforación y disminuyendo costes al existir menos tiempo de posicionamiento entre barreno y barreno.

Por otro lado, existen otros métodos más rudimentarios de posicionamiento de la máquina a la hora de realizar la perforación, estos métodos requieren más tiempo de posicionamiento a la hora de colocar la perforadora o son menos precisos, con lo cual hacen que

sean menos aconsejables que los inclinómetros electrónicos incorporados a la perforadora. En la actualidad la mayoría de las perforadoras, se venden con este aparato incorporado a la electrónica de la máquina, existiendo en algunas marcas y modelos concretos *software* que permite el posicionamiento de la máquina vía GPS y el tratamiento informático de los datos de posicionamiento y perforación, antes y después de la ejecución de la misma.

Emboquille

Lo ideal es que desde el primer metro la roca no esté disgregada ni meteorizada sino que sea roca sana, esto no siempre será posible por lo que durante el emboquille se deberá emplear el máximo barrido para evitar la caída de detritus.

Si la máquina se orienta mal y se comienza el barreno emboquillando con una cierta desviación, ésta irá aumentando con la profundidad.

Velocidad de perforación

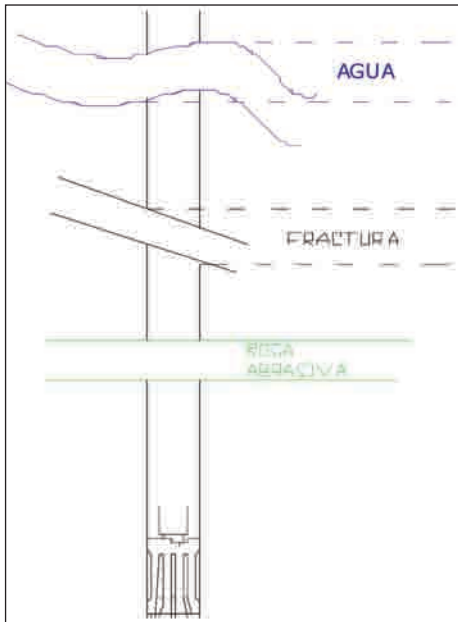
La velocidad media real de perforación dependerá del equipo de perforación, del operador y de la geología/litología del macizo a perforar.

Quando se perfora con *martillo en fondo*, la velocidad de perforación prácticamente permanece constante con la profundidad, pues la sarta de perforación no constituye el medio físico de transmisión de la energía de percusión ya que sólo se utilizan para canalizar el aire de accionamiento y efectuar la rotación.

Del operador dependen los tiempos de desplazamiento entre barrenos, posicionamiento y orientación así como los cambios de barras, factores que influyen de manera significativa en la productividad del equipo.

Al atravesar distintos estratos, zonas de transición, etc., es necesario que el operador varíe la rotación o el empuje para controlar la posible desviación producida al pasar de una zona más dura y resistente a otra más blanda o débil donde la sarta de perforación tiende a *fugarse*.

A modo de ejemplo (**Fig. 3**), en el caso de que se esté perforando una roca blanda, como puede ser yeso, el empuje puede ser alto y la rotación también. En cambio, al atravesar una zona de transición de material cargada de agua se deberá disminuir el empuje para evitar las desviaciones, la presión de soplado no debe ser alta para no dañar las paredes del barreno y, si es necesario, se deberá subir y bajar el varillaje varias veces para dejar las paredes del barreno limpias de lodo en esa zona. Si encontramos una fractura rellena de arcilla no se debe utilizar un empuje elevado para evitar el pandeo de la sarta. Al perforar en una capa más abrasiva que el material predominante, una alta rotación provocará un desgaste excesivo sin incrementar la velocidad de perforación.



[Figura 3].- Transiciones de material en un barreno.

Tipos de errores de perforación

Al perforar se pueden cometer los siguientes errores:

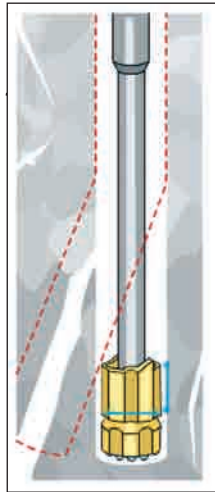
a) De profundidad. La falta de metros lineales de perforación a la hora de realizar el barreno provoca la aparición de repies y mala fragmentación en la voladura, por esto es fundamental el asegurarse durante la perforación del barreno el realizar los metros lineales diseñados para el mismo, mas una sobreperforación que nos ayudará a que no aparezcan los mencionados repies y absorberá posibles erosiones internas del barreno, las cuales provocan el desprendimiento de material en el interior del mismo y la consecuente pérdida de metros lineales perforados.

b) De inclinación y/o dirección. A la hora de realizar el emboquille del barreno, debemos asegurarnos que este se realiza en el lugar marcado y con los grados de inclinación diseñados para la realización de la voladura. De la misma importancia es el que todos los barrenos estén orientados a un mismo punto, de forma que sean paralelos entre sí, estos nos ayudará a mantener la malla diseñada en la voladura, tanto en la superficie del macizo a volar como en el fondo del mismo. De gran ayuda son los aparatos electrónicos mencionados que ayudan a realizar el posicionamiento del barreno y darle al mismo los grados de inclinación deseados.

c) De marcado y emboquille. Se debe marcar con pintura, nunca con piedras o cualquier objeto que se pueda desplazar, y para medir la orientación de los emboquilles es aconsejable usar cinta, láser o niveles ópticos.

c) De desviación. A modo de ejemplo, por cada grado que nos desviemos el pie del barre-

no se desplazará 1,8 cm/m perforado. Para evitarlo se pueden utilizar tubos guías, bocas retráctiles (Fig 4), reducir el avance y si es posible reducir la altura de banco e inclinaciones que se puedan ver afectadas por la fuerza de la gravedad. Cuando se perfora en materiales con esquistosidad la dirección de perforación más estable es perpendicularmente a los planos de esquistosidad, si no es posible es aconsejable perforar en paralelo a la esquistosidad.



[Figura 4].- Boca retráctil.

Estos errores conllevan el aumento de las proyecciones debido a que la piedra de los barrenos de la primera fila se puede ver reducida originando un riesgo para la seguridad, la reducción de la vida útil del varillaje, concentración de carga en barrenos contiguos deflagrando y reduciendo así el rendimiento del explosivo, aparición de repies y baches dificultando la carga de la voladura y aumentando los costes de la carga y transporte (picado de repies con martillo hidráulico y menor disponibilidad de equipos por averías).

Métodos de medición de desviación de barrenos

Así, el conocer la *desviación de los barrenos* es fundamental para evitar resultados indeseables de la voladura, perforando de nuevo aquellos cuya desviación sea excesiva para

conseguir la fragmentación prevista, o realizando barrenos de apoyo, evitando la aparición de sobretamaños y proyecciones.

Actualmente hay varios sistemas de medición de desviaciones:

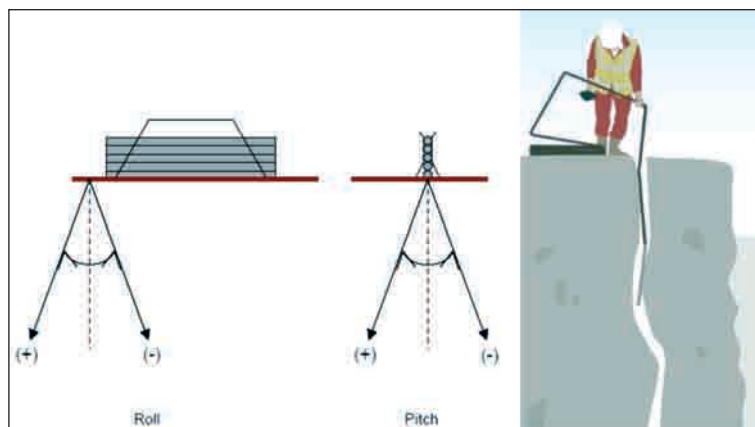
- Sistema de brújula magnética-clinómetro.
- Clinómetro químico de ácido.
- Girocompás.
- Sistema de dos inclinómetros.

Nos centraremos en éste último por ser el más extendido en voladuras de banco.

El sistema de dos inclinómetros cuyo nombre comercial es **Boretrak**, consta de una cabeza de medida, o sonda, que contiene los dos clinómetros que miden las desviaciones de ésta según dos planos perpendiculares entre sí. Un juego de barras de fibra de carbono articuladas por ambos extremos y un portabarras (*Rodded Boretrak*, Fig. 5), también la sonda puede estar unida a un cable (*Cabled Boretrak*), mucho más ligero y portátil que el anterior, aunque tiene el inconveniente con respecto al primero de que ante la presencia de barro o lodo en el barreno la sonda puede no bajar hasta el fondo, dándonos una lectura incorrecta de la profundidad.

Por último, incluye una unidad de control o *CDU* que permite la entrada de datos (fecha, hora, nº de barreno, profundidad, etc.), se comunica con la sonda a través de un cable o bien mediante un sistema transmisor de señal. Los datos almacenados en la *CDU* se descargan posteriormente al ordenador y con el *software* apropiado se pueden visualizar los resultados de las mediciones numérica y gráficamente.

En conclusión, una mala realización de la perforación de la voladura, conlleva un aumento de los gastos del ciclo productivo como se ha descrito anteriormente; por lo cual, para una optimización de la ejecución de la voladura, conviene prestar la máxima atención a la ejecución de: la limpieza y nivelación del banco a volar, señalización de una forma precisa de los barrenos a perforar, orientación de los distintos barrenos de forma que se respete el án-



[Figura 5].- Rodded Boretrak.

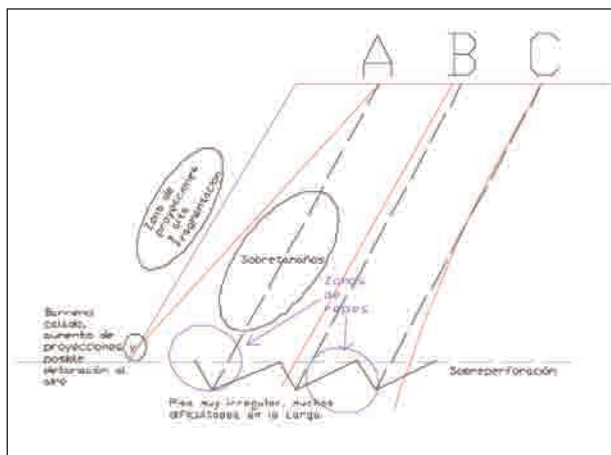
gulo de diseño de la voladura y los barrenos sean paralelos entre sí y, por último, el respetar la longitud del diseño de los barrenos y su sobreperforación.

En la **Fig. 6** se observan tres ejemplos de barrenos con distintos errores de perforación. El barreno real está representado en rojo y la trayectoria ideal en línea negra discontinua.

Cualquiera de los errores anteriores hacen que se produzcan unos resultados no deseados con respecto al arranque de la piedra, produciendo aumentos en los costos de trituración o de taqueo, a la vez que una mala realización de la carga y transporte, reportando estas situaciones aumento de los costos del ciclo productivo y retraso en los tiempos de producción.

Con respecto al uso del explosivo, estas situaciones de mala perforación provocan una distribución incontrolada del mismo en la voladura, dándose pérdidas de rendimiento efectivo del explosivo, aumentando el riesgo de proyecciones y de vibraciones.

Por todo lo anterior, se pone de manifiesto la conveniencia de realizar la perforación de la



■ [Figura 6].- Errores más comunes.

voladura prestando la mayor atención posible a su perfecta ejecución, con el fin de evitar un aumento de costes sobre el diseño teórico de la voladura y posibles situaciones críticas producidas por proyecciones. A la vez, para evitar esto es conveniente la utilización de aparatos de medida de inclinación, posición y longitud de los barrenos ejecutados antes de la realización de la carga de la voladura, con el fin de

verificar el trabajo realizado y poder corregir posibles desviaciones producidas.

Bibliografía

- ATLAS COPCO, S.A.E.(1988), *Manual de Perforación*. Madrid.
- LANGEFORS, U., AND KIHLSSTROM, B. (1973), *Voladura de Rocas*.
- LÓPEZ JIMENO, C., LÓPEZ JIMENO, E. Y GARCÍA BERMÚDEZ, P. (2003). *Manual de Perforación y voladura en rocas*. Madrid.



☎ 916 449 360

movitex@movitex.es

www.movitex.es



Para tener éxito debe asegurarse de que no existen agujeros en su proyecto.

Salvo que sea lo que esté buscando.

SÜD-CHEMIE le ofrece todas las soluciones fluidas que pueda necesitar para la ejecución de obras subterráneas: sondeos, túneles, hincas de tubería, PHD, pantallas, pilotes, inyecciones, etc.

- LODOS BENTONÍDICOS: gama BENTONIL®
- LODOS POLIMÉRICOS: gama SC MUD
- SISTEMAS ESPUMANTES: SC FOAM
- PREMEZCLA PARA SONDEOS GEOTÉRMICOS: PRESTOBENT G
- ADITIVOS para complementar estos sistemas

SÜD-CHEMIE IBERIA, S.L.
Camino de la Magdalena, s/n – 45210 YUNCOS, Toledo (España)
Tel.: 925 53 70 83 – Fax: 925 53 75 75
e-mail: customer.service@sud-chemie.com
website: www.sud-chemie.com

SÜD-CHEMIE
CREATING PERFORMANCE TECHNOLOGY



Sistemas de avance y perforación en la minería de agua dulce en terrenos volcánicos

Las islas Canarias son de origen volcánico, este hecho, condiciona su geología y la forma de aprovechar los recursos hídricos, principalmente los subterráneos. Los sistemas de captación, para el aprovechamiento de los recursos subterráneos, son las minas-galerías o bien los pozos y sondeos (más modernos). La *minería del agua dulce*, desarrollada en el archipiélago, es singular y con una historia que en algunos casos supera los 100 años; los sistemas de avance desarrollados, han tenido poca evolución a lo largo del tiempo, utilizándose tecnologías de antaño, si bien a la hora de regular los recursos alumbrados, se han ideado unos sistemas de gestión de la oferta, mediante cierres geológicos, que pueden ser interesantes a la hora de aprovechar la captación.

Debido a los materiales volcánicos que se atraviesan, en la minería canaria de agua dulce subterránea, es necesario el uso de explosivos en algunos momentos de la perforación, los cuales deben poder ser operativos con agua. Los rendimientos de avance en la perforación no han mejorado sustancialmente, pero sí las dimensiones de las nuevas minas perforadas que casi han duplicado a las antiguas —la mayoría de titularidad privada, en el caso de Canarias—. Esto ha hecho que se mejoren las condiciones de trabajo y de la explotación en sí.

Esta tipología de infraestructuras se han desarrollado en otros sistemas insulares, como el archipiélago de Hawái, Madeira, Sicilia, Malta y también en los continentes (Galería de Los Suizos, Alicante). El futuro de estas minas pasa por una ordenación de las captaciones, un control de la calidad e hidroquímica de las aguas y la obtención de modelos matemáticos e hidrogeológicos para su óptima explotación.

Recursos hídricos subterráneos en Canarias

Los recursos hídricos en Canarias (*Tabla I*) han sido la base de la economía del archipiélago, su conocimiento profundo basado en la ciencia hidrológica, ha hecho disfrutar de una oferta de agua importante, en cantidad y calidad, en comparación a otros medios insulares.

Palabras clave: ACUÍFEROS VOLCÁNICOS, CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEAS, GEOLOGÍA APLICADA, HIDROGEOLOGÍA, ISLAS VOLCÁNICAS, MINERÍA DEL AGUA DULCE, PERFORACIÓN.



Juan C. SANTAMARTA CEREZAL(*),
Dr ICyP. Profesor y Consultor.
Jésica RODRÍGUEZ MARTÍN ()**. ICyP
(*) *Universidad de La Laguna*
(**) *Jefa Of. Técnica de SATOCAN, S.A.*

Para llegar a esta disponibilidad, se han necesitado años de trabajo científico, grandes trabajos de ingeniería civil, minera y el enorme esfuerzo de inversores privados y agricultores. La oferta de los recursos hídricos en Canarias provienen de tres fuentes principalmente; recursos hídricos subterráneos, superficiales, desalación y reutilización; en los últimos años estas dos últimas tecnologías están tomando un protagonismo importante.

El presente artículo se centra en los recursos subterráneos, principalmente los obtenidos mediante *galerías* o *minas de agua dulce*, centrándose en la construcción y sistemas de avance y perforación de los mismos. Los sistemas constructivos se ven notablemente influenciados por los factores geológicos de un terreno volcánico y su heterogeneidad.

Factores geológicos y materiales volcánicos

La actividad volcánica que se produce en los fondos oceánicos trae como consecuencia la formación de islas. De manera muy general, se puede decir que los edificios insulares se forman por sucesivos apilamientos de coladas, las más antiguas forman el complejo basal, que se puede entender como la base de la isla, aunque en algunas de ellas, aflora en superficie como un material impermeable.

De forma general, en Canarias existen dos tipos de materiales con comportamientos mecánicos bien diferenciados:

- Depósitos de lluvia piroclástica, de cinder, ignimbritas no soldadas, oleadas piroclásticas, brechas y cineritas en general.
- Coladas basálticas, traquíticas, fonolíticas, ignimbritas soldadas y autobrechas.

Los primeros, son materiales fragmentarios con tamaños de grano y texturas muy diversas y en general poco compactos y de baja densidad. Presentan baja resistencia mecánica y son fácilmente alterables. Los materiales lávicos, se caracterizan por una resistencia marcadamente más elevada, son más compactos, más densos y masivos. Una mezcla de ambos son los materiales que se van a encontrar en la perforación de la mina (*Rodríguez Losada, J.A., 2004*).

Los elementos geológicos más interesantes desde el punto de vista hidrogeológico, para una explotación de minería del agua dulce son los *diques*, *almagres* y las *escorias de base* o de *cabeza* de las coladas volcánicas así como el buzamiento de estas.

Los *diques* son como paredes o láminas casi verticales y delgadas, compuestas por una roca más densa y compacta, de escasa anchura en la mayoría de los casos (1 - 6 m), que juegan el papel de pantallas impermeables o semipermeables, y salvo que estén fisurados no dejan pasar el agua. Básicamente son conductos de emisión de lava. Se enfrían y solidifican sin llegar a la superficie, quedando atrapa-

ISLA	Recursos hídricos superficiales	Recursos hídricos subterráneos	Desalación y reutilización	Aprovechamiento hídrico que predomina	Tendencia en el futuro
Hierro	Nulos	Altos	Bajos	Galería de agua	Desalación
La Palma	Escasos	Altos	Nulos	Galería de agua	Subterráneos
Gomera	Medios	Altos	Nulos	Galería de agua	Subterráneos
Tenerife	Escasos	Altos	Medios	Galería de agua	Subterráneos-Desalación
Gran Canaria	Altos	Medios	Medios	Pozos-Presas	Subterráneos-Superficiales-Desalación
Lanzarote	Nulos	Escasos	Altos	Desalación	Desalación
Fuerteventura	Medios	Medios	Altos	Desalación-Pozos	Desalación

■ [TABLA I]. - **Valoración de los recursos hídricos en Canarias y perspectivas de futuro** (Santamarta JC, 2011).



[Figura 1] .- **Dique volcánico atravesando coladas volcánicas.**

dos al cesar la erupción en las grietas que comunicaban la cámara magmática con las bocas eruptivas. La consecuencia más interesante de los diques es que elevan el acuífero, principalmente en las dorsales de las islas (**Fig. 1**).

Los terrenos volcánicos recientes, se les pueden considerar como muy permeables excepto, el caso de los almagres. Estos se producen cuando una colada de lava procedente de una erupción pasa por encima de un terreno con altos contenidos en arcilla, la temperatura de estas coladas, superiores a los 1000 °C, provoca un proceso de rubefacción que impermeabiliza la capa calentada.

Los *almagres* se detectan fácilmente por el cambio de color adoptando tonos rojizos y degradándose hacia el interior, pudiéndose formar en suelos, piroclastos alterados o incluso en terrenos de cualquier tipo con tal de que la alteración provoque la presencia de arcillas en su parte superior (**Fig 2**). Por último, las escorias de base o de cabecera, son vías preferenciales para el movimiento del agua por efecto de la gravedad.

En una isla volcánica como norma general donde hay más presencia de precipitación es en las dorsales comentadas, los puntos más elevados, que es donde a cierta cota, existen las masas forestales que ayudan a la infiltración, regulando la precipitación de niebla u ho-



[Figura 2].- **Vista de un almagre o capa de suelo rubefactada en el interior de la mina de agua.**

rizantal, característica de estos medios insulares (pueden llevar a multiplicar por 1,5 veces la precipitación convencional). Por ello las minas de agua deben estar orientadas hacia las dorsales con suficiente cota para interceptar el acuífero.

Hay dos tipos de recusos hídricos que van a drenar las minas, el *agua de reserva* (altos tiempos de residencia en el acuífero, más cargadas de sales) y el *agua de recarga*, procedente de la infiltración natural del acuífero. Nunca es conveniente drenar todo el agua de recarga, esto no sería sostenible, conviene extraer un porcentaje de la recarga, determinado por los estudios hidrogeológicos y la modelización del acuífero.

Minería del agua dulce

Los *túneles subterráneos* o *minas de captación de agua* son un método ancestral muy extendido y utilizado. Desde muy antiguo se conoce en zonas tan distantes como China, Persia (antiguo Irán), España y Latinoamérica. Las citas más antiguas posiblemente sean las de Qaná, Jericó, Jerusalén, Marrakech y la isla de Sicilia.

Los antecedentes históricos a esta tipología de obras, se encuentran en el siglo VIII antes de J.C., los *quanats*, canales subterráneos artificiales que transportan el agua a grandes distancias. Esta explotación de las aguas, generalmente surgidas del drenaje de los acuíferos, se utilizó en Persia, Egipto, India, Grecia y por todo el Magreb en forma de *foggaras*.

En el caso del archipiélago canario, si se tienen en cuenta los diferentes aprovechamientos hídricos, la obra magna del ingenio hidráulico canario es la galería o *mina de agua*. Las minas, que en algunos casos se adentran desde 2.000 m hasta incluso 6.000 m dentro de la formación geológica, forman auténticos laboratorios de exploración de la hidrogeología insular y forman parte del patrimonio geo-

lógico y minero, del archipiélago, con más de 3.000 km de galerías construidos, más que en toda la zona de la minería del carbón de Asturias y León. En Gran Canaria también existen las galerías de agua, pero en este caso existe una tipología que aprovecha el flujo subálveo de los barrancos, también dependen de la legislación minera y tienen los sistemas constructivos idénticos.

Prácticamente, la mayoría de galerías o minas que hay en Canarias son de titularidad privada; esto unido a unos antecedentes históricos singulares en la propiedad del recuso hídrico, ha condicionado la organización del mercado del agua en las islas. Actualmente la Administración Pública desde hace unos años lleva ejecutando galerías y minas de titularidad pública con cierto éxito (*Los Padrones* en El Hierro) en este caso, la sección transversal suele tener forma de medio punto con una anchura útil de 3 a 4 m, paramentos rectos de 1,80 a 2,50 m de altura, cerrada en su parte superior mediante una bóveda de unos de 2 metros de radio. Las galerías de la iniciativa privada eran de dimensiones notablemente inferiores y angostas, actualmente todas las ejecutadas por la iniciativa pública, generalmente, siguen estas dimensiones lo que facilita su visitabilidad mediante un vehículo, incluso con ramales para la gestión de la circulación de maquinaria (**Fig. 3**).

Sistemas de avance

Aunque en los terrenos continentales, actualmente ya se dispone de avanzadísimas maquinarias de excavación y sistemas del control del terreno que permite enfrentarse a todo tipo de material y roca (*Cebrián B.*, 2005), en el caso de los terrenos volcánicos la evolución tecnológica no ha sido tan acusada. Esto ha sido debido a, como se ha comentado en secciones anteriores, un terreno muy heterogéneo, anisótropo y difícil de parametrizar y estudiar.



[Figura 3] .- **Vista en sección de un pozo con mina de agua horizontal en la isla de El Hierro .**

El terreno que conforman en las islas Canarias, es bastante variado en cuanto a su composición, lo que provoca numerosos problemas a la hora de ejecutar una perforación. Esta variedad en cuanto a su dureza, hace muy dificultosa la utilización de medios mecánicos como *microtuneladoras*, siendo las perforaciones ejecutadas con medios más tradicionales. Además, hay que destacar que las minas de agua dulce en Canarias no tienen boca de salida, por lo que si se utilizase esta tipología de maquinaria debería desmontarse y salir por la bocamina de nuevo (Soler C., 2004).

Inicialmente las galerías o minas, eran construidas por medios manuales y con animales, como los burros, para el transporte de herramientas y utensilios, en zonas con presencia de material masivo volcánico, como el basalto era necesario el uso de explosivos muy rudimentarios, incluso a veces fabricados por los propios operarios. Los rendimientos en estos casos dependían de la destreza del *cabuquero* que era el encargado de los explosivos. Los avances analizados eran del orden de 1 a 3 m/d. Los escombros resultantes eran cargados en vagonetes (Fig. 4), y éstos eran llevados a la superficie mediante fuerza animal o empujados por los operarios (con pendiente de la traza de la galería a favor).

Tanto la explotación, como la dirección de obra y planes de voladuras deben ser ejecutados y realizados por un técnico competente, en este caso particular, los Ingenieros Superiores o Técnicos de Minas, ya que este tipo de instalaciones se rigen por la *Ley de Minas*. Evidentemente en los estudios hidrogeológicos y de demandas, caben otras cualificaciones y equipos pluridisciplinarios.

Siguiendo con las técnicas de perforación y avance, complementariamente a los explosivos, se utilizan también en la perforación los martillos neumáticos e incluso mini-excavadoras en las galerías que por sus dimensiones, permiten la entrada y maniobrabilidad, gene-

ralmente en las llevadas a cabo por la Administración Pública. El uso de esta maquinaria tiene evidentes ventajas en cuanto a productividad y confort en el trabajo, sobre todo en la zona saturada de la perforación, con presencia de agua.

La mina se suele construir con una alineación recta, aunque en determinadas ocasiones y debido a los materiales que van apareciendo y su orientación (almagres, buzamiento coladas, piroclastos, etc.), puede haber cambios de rumbo, incluso ramales en determinados momentos de la excavación, algunos ramales en explotaciones más modernas se utilizan para la circulación de la maquinaria. Estos cambios de orientación puede ser debidos también a los resultados que vaya indicando el sondeo horizontal, en el frente de la mina o bien la propia distribución de los diques volcánicos que se vayan identificando en la perforación, o finalmente por la aparición de zonas saturadas o humedades, lo que hace más que una ciencia, un arte, la perforación de estas minas de agua (Fig. 5).

Al inicio de la perforación, los primeros cientos de metros suelen discurrir en seco, es decir en zona no saturada, el ambiente de trabajo se vuelve pulverulento. En seco, salvo que haya materiales muy duros tipo basalto o basalto *piel de perro* (el más duro según los operarios), los rendimientos son elevados y aunque se podrían usar maquinaria de gomas, es conveniente ir instalando desde el principio raíles, para la maquinaria ferroviaria, para cuando se alcance la *zona saturada*, donde la maquinaria de gomas resbalaría y haría más dificultosa la ejecución de los trabajos, retrasando los mismos.

Al cabo de unos cientos de metros, la traza de la mina penetra en el acuífero, la denominada *zona saturada*. Este cambio no es inmediato si no gradual, comenzando por la aparición de unas humedades en la base de la traza de la mina, posteriormente en los laterales, la denominada *agua de repisa* en el ar-

got minero insular, hasta finalizar por los hastiales. El agua puede aparecer de golpe tras la ruptura de un dique de cierta magnitud, por lo que es necesario, siempre, llevar un *sondeo horizontal* para conocer que ocurre, tras el frente de la galería, mediante un manómetro se puede tener una idea de la magnitud de la columna de agua.

Las fuentes de agua, pueden aparecer en diversas partes de la sección, por fisuras o grietas, con cierta presión, incluso puede llegar a caer agua en forma de lluvia de filtración, en todo el tramo de la sección por lo que las condiciones de trabajo pueden empeorar considerablemente, este agua, que suele ser de reserva (más cargada de sales), puede remitir en cantidad ya que se está drenando la zona del acuífero más antigua, hasta llegar a los caudales estabilizados que serían un porcentaje de la recarga. Es necesario tener cuidado con estas vías preferenciales de agua ya que pueden provocar corrimientos y movimientos del material y caídas de prismas basálticos, generando problemas de estabilidad de la sección de la mina o incluso en la seguridad de los trabajadores.

La mina debe llevar una pendiente descendiente del 1.5 al 2 % en toda su longitud, esto va a favorecer el aprovechamiento del agua que fluye por gravedad, salvo que la infraestructura sea tipo pozo-galería, en este caso se pueden dar dos opciones: una, que no haga falta bombear el agua por que se trate de un pozo artesiano, o bien, que sea necesario incluir en la instalación un sistema de bombeo, con costes energéticos, que incrementarían el precio total del agua. Los operarios, para gestionar la pendiente de la galería utilizan tornillos en el arco de la sección con hilos, método rudimentario pero eficaz.

Al alcanzar la zona saturada, o bien al comenzar a atravesar diques, es posible que en la explotación se deba comenzar a trabajar con cantidades importantes de agua, con una temperatura de unos 15-20 °C, esto provoca



[Figura 4].- Máquina vagoneta con pala para extracción de escombros.



[Figura 5].- Máquina para realizar los sondeos horizontales de avance y verticales para sondeos de extracción de agua.



TECSO, S.A.

C/ Carpinteros 4 - 28500 Arganda del Rey (Madrid) ESPAÑA

Tfno.: +34 918 701 547 - Fax: +34 918 714 169

E-mail: comercial@tecso-sa.com - Web: www.tecso.es

**CORONAS DE DIAMANTE, METAL DURO Y CARBOTECH
ARCOS DE ELEVACIÓN Y CABEZAS DE INYECCIÓN
MATERIAL DE SALVAMENTO**

PENETRÓMETRO

SISTEMA WIRE-LINE

TOMA MUESTRAS

TUBOS TESTIGO

VARILLAJES Y REVESTIMIENTOS MÉTRICOS Y AMERICANOS

OBTURADORES

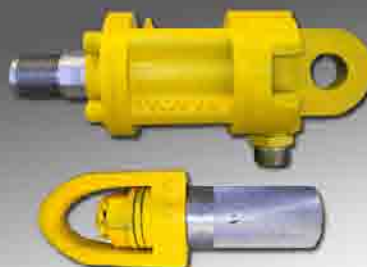
LODOS DE PERFORACIÓN

CAJAS PORTA-TESTIGOS

BOMBAS DE INYECCIÓN DE CEMENTO

MEDIDORES DE NIVEL DE AGUA

TUBERÍA DE ALUMINIO PARA INCLINÓMETRO



un ambiente de trabajo pésimo para los operarios, por lo que esta agua se debe evacuar rápidamente, suelen ser aguas de reserva. La evacuación es mediante bombeo o bien por el canal que se ha ido realizando en la zapatera derecha del frente. Este agua no es posible utilizarla para abastecimiento debido a que tiene restos de explosivos y materiales sueltos, su posible uso en agricultura llevaría un estudio previo, por si hubiera problemas de contaminantes.

La solución menos eficiente con respecto estas aguas iniciales es verterlas a un barranco próximo, para lo cual también sería necesario disponer del permiso correspondiente. Se han dado casos de obtener aguas con temperaturas cerca de 50 °C en el frente de la galería como en el caso de la galería de Lomo Colorado en la isla de Tenerife, de ahí algunas veces se pueda hablar de *minería de aguas termales*.

Hablando en términos de geotecnia, los materiales masivos basálticos, son autoportantes, por lo tanto estables, como caso general, los problemas en la ejecución suelen aparecer cuando la perforación comienza a atravesar materiales más sueltos, como las escorias, *prismas basálticos* o *piroclastos*, que en algunos casos pueden comportarse como un fluido, por ejemplo al atravesar conos volcánicos, como fue el caso de la perforación de La Fuente Santa, en La Palma. Esto genera problemas de estabilidad a lo largo de la traza de la mina que se suele solucionar con diversas técnicas, como el *gunitado*, *bulonado*, o bien incluyendo el uso de chapas metálicas (a veces con rocas a trasdós), en este último caso es necesario ser consciente que los materiales van cediendo y ejercen una presión sobre las planchas que hace que se estrechen las secciones, caso muy habitual en el Valle de la Orotava en Canarias.

También existen problemas importantes al atravesar materiales plásticos, tipo *pumitas*, que al tomar contacto con el agua pueden funcionar como arcillas expansivas creando serios problemas a la estabilidad de la perforación, este caso significativo ocurrió en la infraestructura denominada *Trasvasur*, una galería de trasvase en la isla de Gran Canaria, en el cual la mina atravesaba formaciones de pumitas que iban abombando la galería.

Explosivos

Debido a las características de los materiales volcánicos que se atraviesan, al ejecutar la mina, se hace necesario utilizar los explosivos como sistema de avance. Se pueden estimar las propiedades del terreno y conocer los materiales geológicos que se van a atravesar consultando bibliografía de trabajos realizados en materiales similares o explotaciones cercanas.

Un elemento fundamental para la seguridad de los operarios, en la ejecución de la mina de agua, debido a la presencia de gases volcánicos y los gases de explosión de la perforación, es la ventilación de la mina, los sistemas utilizados en terrenos volcánicos son similares a los usados en las minas del Norte de España, siendo el preferente el sistema de *ventilación flexible*.

Cuando comenzaron a usarse los explosivos como método de excavación, se tenía la ventaja de un avance más rápido, pero también más peligroso. La excavación de una galería de agua profunda requiere gran cantidad de voladuras lo que unido a las angostas dimensiones del lugar (1,5 x 1,8 m), vuelve el trabajo minero muy difícil e inseguro.

La perforación de galerías se puede considerar de primera categoría, y se establece, basándose en esta clasificación, el tipo y características de los explosivos a emplear y el Plan de voladura. En el Artículo 24 del Capítulo IV del *Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera* se indican las condiciones que debe cumplir una labor subterránea para su clasificación dentro de cada una de las cuatro categorías existentes.

En un terreno volcánico es obvio que no es previsible que en estas obras aparezcan indicios de *grisú* ni de otros gases inflamables.

El esquema de la perforación sería de una manera simplificada como sigue, distinguiendo tres zonas en la sección de la voladura:

1. Centro del frente con el fin de crear un hueco justo en el medio (cule y contracuele).
2. Arco superior para desprender la roca y que caiga hacia la parte central del frente (contorno y destroza).
3. Cargas de base para separar los escombros de la pared y facilitar la carga posterior de las vagonetas (zapateras).

El empleo de explosivos siempre se realizará de acuerdo con lo establecido en el Capítulo X del *Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera*. De los diferentes esquemas de voladuras que habitualmente se emplean en los frentes de obras subterráneas, se suele optar por el de barrenos paralelos, puesto que con la maquinaria adecuada se obtienen avances y rendimientos aceptables. Se usa explosivo básico la *dinamita gelatinosa* debido a su alta potencia y buena resistencia al agua. Si las cantidades de agua son considerables, es posible recurrir a tipología de explosivos como los hidrogeles o emulsiones. Los detonadores utilizados, cada vez en mayor desuso, son los eléctricos.

A la vista de que la roca volcánica en muchas situaciones presenta demasiadas fisuras y grietas, por ejemplo en las escorias de

la colada, hace que los rendimientos en los explosivos utilizados en el frente de la mina, sean inferiores que en un terreno homogéneo, como se puede encontrar en un terreno continental, esto unido a lo comentado anteriormente, hace que los avances sean menores y muchas veces haya que repasar manualmente las secciones del contorno y las zapateras (**Fig. 6**).

Innovaciones

El mayor problema que tenían las minas de agua es la poca capacidad de regulación que tienen, una vez introducida la perforación de la mina en la zona productiva o saturada y se



[Figura 6] .- Vista del frente de la mina tras limpieza de escombros.

han atravesado una serie de diques con dimensiones importantes, la mina comienza a producir en continuo, grandes caudales de agua. Evidentemente, hay épocas del año que no es necesario tanta producción de agua, por lo que se desequilibra la oferta con la demanda, recordando, por este motivo, se comenzó con la ingeniería de diques mediante la ejecución de cierres de hormigón armado en las propias minas, utilizando para ello los diques geológicos con unas ciertas características de impermeabilidad y geométricas.

El primer ingeniero que tuvo la idea de realizar estos cierres fue el ingeniero, *Clemente Sáenz García*, catedrático de geología de la Universidad Politécnica de Madrid, aplicándolos en un acuífero en Soria en la conexión de dos formaciones diferentes, básicamente un contacto hidroestratigráfico de distinta permeabilidad: margas-calizas, el doctor ingeniero *Sainz de Oiza*, también los nombró para el caso canario, posteriormente fueron profusamente utilizados en otras zonas del mundo como por ejemplo Perú, utilizando una falla, y en Canarias, aplicándolo en zonas volcánicas como en el *Pozo de Los Padrones* en la isla de El Hierro, reconstruyendo tres diques volcánicos usándolos, como pequeños embalses subterráneos y regulando la explotación



[Figura 7]. - Cierre de galería en la Galería de Ipalán en La Gomera.

(Fig. 7). Esta innovación es muy interesante y ha sido un gran avance para la gestión y optimización de las minas del agua, ya que permite compartimentar el acuífero e ir drenando aguas de recarga a demanda contribuyendo a la sostenibilidad de la explotación.

Rendimientos y costes

El mejor sistema para obtener agua del acuífero de las dorsales de las islas volcánicas es mediante las minas de agua dulce, la calidad en general es excelente y económicamente tienen un coste inferior a los recursos hídricos-superficiales o los no convencionales como la desalación. La tecnología de perforación es asequible, con una vida útil más de 60 años en términos generales (algunas van camino de los 100 años de funcionamiento). Los rendimientos actuales de avance se establecen entre 3 y 6 m/d.

Como costes orientativos el metro lineal de galería, según cálculos realizados suponen 2.100 €/m, por lo que el precio medio de una galería en las islas occidentales, de unos 2 km, son 4.200.000 €; en términos generales, el coste de la perforación ronda el 60% del presupuesto total del proyecto. No varía mucha de unas islas a otras, salvo por el coste del explosivo, incrementado también por el transporte a islas no capitalinas.

A los plazos de ejecución de una obra de esta magnitud, se les debe sumar el estudio hidrogeológico previo que suele durar un año, incluyendo un modelo hidrogeológico y un estudio de oferta y demanda de caudales alumbrados. Los plazos medios de ejecución en Canarias están siendo del orden un año y medio a dos años, para una media de mina de 2,5 km de profundidad, hay que añadir la incertidumbre, una vez que se comienza la perforación, ya que el estudio hidrogeológico en un terreno volcánico no es una ciencia exacta.

Conclusiones

Las técnicas comentadas se pueden utilizar en otros entornos geográficos como islas volcánicas como el archipiélago de Madeira, Hawái, Cabo Verde, Sicilia, Galápagos etc. Hay experiencias de cierres de regulación en Perú, con buenos resultados. Se puede utilizar esta tipología de captación como tecnología base, en proyectos de cooperación ya que no necesita recurso energético como norma general.

El futuro de la minería del agua dulce, que antaño ha sido dinamizadora de la evolución económica en Canarias (en las islas occidentales), se encuentra en franco declive, esto es principalmente debido a varias causas entre otras se destacan:

- Los recursos alumbrados están cada vez más cargados de sales y contaminaciones por gases volcánicos, en los que destacan el Flúor (del orden de 4 a 8 mg/l) esto hace que se deba instalar una tecnología de membranas.
- La bajada del régimen freático de las islas, hace que las minas localizadas en cotas elevadas se sequen y no sea posible su re-perforación, por lo tanto se finaliza la explotación.
- Los costes de perforación se han incrementado exponencialmente, no ha habido avances tecnológicos importantes, en el sentido de mejora de los rendimientos de los avances o inclusión de maquinaria perforadora, por lo expuesto en el artículo.
- En la última década el precio y las condiciones de utilización de los explosivos, han condicionado los rendimientos y los costes de esta tipología minera.
- No es una solución a corto plazo para satisfacer una demanda de recursos hídricos, ya que toda explotación debe estar precedida de un estudio hidrogeológico profundo así como un análisis de la

cantidad y calidad del agua que se va a alumbrar.

- Pérdida de personal y equipos especializados de perforación.

Se propone, debido a la importancia que tienen estas explotaciones mineras para el conocimiento profundo de la hidrogeología de terrenos volcánicos el establecer un centro de interpretación y formación, en una de estas instalaciones en la isla de Tenerife, lo que se podría conocer como el hidrogeoturismo.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a los profesores Doña Lina María López y Don Pablo Segarra Catatús, de la ETS de Ingenieros de Minas de la UPM, por sus conocimientos transmitidos en materia de tecnología de explosivos.

Bibliografía

- CEBRIÁN, BENJAMÍN (2005). *Voladuras y Túneles. Cuadernos Monográficos de la UEE. Nº1.* Madrid.
- RODRIGUEZ LOSADA, JOSE ANTONIO (2000). *Las islas Canarias y el origen y clasificación de las rocas ígneas.* Universidad de La Laguna. Tenerife.
- SANCHIDRIÁN, JOSE ANGEL Y MUÑOZ, E. (2000). *Curso de tecnología de Explosivos.* Fundación Gómez Pardo. ETSI Minas. Universidad Politécnica de Madrid.
- SANTAMARTA CEREZAL, JUAN CARLOS. (2011). *El agua en Canarias; Historia, Ciencia y Tecnología.* Boletín Anual Nautis et Incolis 9 (4ª época). Tenerife.
- SANTAMARTA CEREZAL, JUAN CARLOS, HERNÁNDEZ LUIS, ENRIQUE, RODRIGUEZ LOSADA, JOSE ANTONIO. (2010). *Volcanic rock mechanics-volcanic dikes engineering properties for storing and regulation of the underground water resources in volcanic islands.* Balkema Ed. Países Bajos.
- SANTAMARTA CEREZAL, JUAN CARLOS. (2009). *La minería del agua en el archipiélago canario.* De Re Metallica. Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Madrid
- SANTAMARTA CEREZAL, JUAN CARLOS (2009). *Singularidades sobre la construcción, planificación y gestión de las obras y recursos hídricos subterráneos en medios volcánicos. Estudio del caso en las Islas Canarias occidentales.* Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM) [En línea]. Universidad Politécnica de Madrid 2010, [ref. de 15 Octubre 2010]. Disponible en Web: <http://oa.upm.es/3389/>
- SOLER LICERAS, CARLOS. (2004). *Obras y Aprovechamientos Hidráulicos.* Notas de la asignatura. Universidad de La Laguna. Inédito. Tenerife.

Limpieza de lodos bentoníticos mediante *SuperDSand Limpieza*®

En un mercado tan competitivo como el de Geotecnia es muy importante optimizar los procesos a fin de eliminar/reducir los costes y obtener así una mayor rentabilidad. GEO establece un compromiso con la mejora de los procedimientos de trabajo y desarrolló el *SuperDSand Limpieza*® para simplificar los métodos de trabajo, aumentando la producción y reduciendo considerablemente los costes asociados a la limpieza de lodos bentoníticos.

Palabras clave: BENTONITA, CAKE, DENSIDAD, ESTABILIZACIÓN, LIMPIEZA, MEMBRANA, PANTALLA, PILOTE, POLÍMERO, SUELO, SUPERDSAND, TIXOTROPÍA

Key Words: BENTONITE, DIAPHRAGM WALL, MEMBRANE, PILES, POLYMER, SOIL, STABILIZATION.



Jorge GEREZ DUARTE

GEO - Ground Engineering Operations, S.L.

SuperDSand Limpieza® es un desarenador químico diseñado para actuar con los lodos bentoníticos en la propia excavación (pilote o panel). En respuesta a la necesidad de limpieza de un exceso de partículas en suspensión, el aditivo actúa provocando la precipitación y su sedimentación en el fondo de la excavación. El uso de este desarenador reduce el tiempo de limpieza medio de la excavación. Este método, comparando con la desarenación mecánica permite eliminar operaciones y costos asociados, por ejemplo, horas de trabajo, que al final de la obra puede significar varios días y ciertamente tienen una influencia en cumplimiento del plazo del proyecto.

La aplicación de *SuperDSand Limpieza*® es muy eficiente, rápida y barata. Se aplica directamente en la excavación o a manera de bomba; esta aplicación consiste en poner el desarenador en una bolsa común de plástico que se rompe con la herramienta de corte contra el fondo de la excavación, lo que permite su funcionamiento más eficaz, pues ac-

túa directamente sobre las partículas en suspensión en el fondo de la excavación.

Con aplicaciones extremadamente fáciles, es una solución que permite ganar tiempo en producción sin comprometer la calidad y nivel de estabilización, manteniendo las características de la bentonita activa, prolongando su ciclo de vida útil y número de reutilizaciones (Fig 1).

SuperDSand Limpieza® vs Desarenador Mecánico

Se ha creado un modelo teórico para entender mejor el rendimiento del *SuperDSand Limpieza*® en relación a un desarenador mecánico común. Consideramos que la obra tiene las características designadas en el *Cuadro I* y un desarenador tipo con una capacidad de 50m³/hora.

A la vista del cuadro, con facilidad se entiende que usando el *SuperDSand Limpieza*® en este modelo se puede *ganar* casi 11 días al final de la obra.

El proceso de limpieza de la bentonita se debe realizar previamente al hormigonado,

esta práctica no es seguida siempre y en alguna ocasión se sustituye la bentonita sucia por otra limpia para posteriormente realizar el desarenado de ese volumen de los tanques.

Ya sea un método u otro, es una operación compleja pues en muchas obras ni siquiera hay bombas centrífugas con capacidad de bombear el lodo bentonítico desde el fondo de la excavación hasta la plataforma de trabajo, evidenciándose una tarea a veces imposible y qué es todavía más complicada cuando se trata de un diámetro de excavación muy pequeño y la anchura de la bomba es más grande que el diámetro de excavación. *El proceso de montaje y desmontaje de los aparatos no ha sido contabilizado en el modelo considerado, teniéndolos en cuenta aumentaría los días de trabajo perdidos hasta final del proyecto.*

Los parámetros de calidad alcanzados por desarenadores mecánicos (Fig. 2), incluso teniendo mucho más tiempo de limpieza, no alcanzan los parámetros de calidad alcanzados por el *SuperDSand Limpieza*®.



■ [Figura 1].-Bajo contenido en arena.

Cuadro – SuperDSand Limpieza Vs. Desarenador Mecánico	Desarenador Mecánico	SuperDSand Limpieza
Capacidad (m ³ /h)	50 (1)	--
Eficacia	80% (2)	--
Número de pilotes	50	50
Volumen de un pilote (m ³)	100	100
Volumen Total de Obra (m3)	5000	5000
Tiempo de desarenación por pilote(min)	150	20
Turno (horas/día)	10	10
Tiempo de desarenación total en la obra (días)	12,5	1,7
Tiempo ganado con SuperDSand Limpieza (días)	10,8	

■ [CUADRO I].- Características de la obra y desarenador tipo.

Es posible el uso de ambas soluciones de forma conjunta, este procedimiento consiste en aplicar el **SuperDSand Limpieza®** y, además, realizar el desarenado mecánico. De este modo se hace necesario el uso del desarenador; sin embargo, el uso del aditivo reduce los tiempos de desarenado.

Conclusión

- El tiempo de desarenado utilizando un método mecánico es de aproximadamente 735% más alto que con el **SuperDSand Limpieza®**, implicando días perdidos de producción (no ha sido contabilizado el montaje y desmontaje del desarenador mecánico).
- Las dificultades logísticas que tienen los desarenadores mecánicos son enormes en comparación con el **SuperDSand Limpieza®** (prácticamente cero).
- El **SuperDSand Limpieza®**, actúa en un tiempo récord en comparación con



■ [Fig. 2].- Desarenador mecánico.

los métodos mecánicos, alcanzando contenidos de arena bajos.

- La aplicación de 3 litros/m³, es la cantidad ideal, potenciando todos los ámbitos de **SuperDSand Limpieza®**.

Bibliografía

1. BAUER. **BAUER Maschinen GmbH**. [Online] BAUER. [Citação: 9 de Febrero de 2010.]
2. EDU, ARRUBA B., ET AL. **Estudo do comportamento de um Hidrociclone Filtrante DE**. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia - MG - Brasil : s.n., 2002.
3. GUILLEN, BR. RUBEN ISIDRO RODRIGUEZ. **Optimización en el proceso de control de sólidos en los fluidos de perforación**. Universidad Autónoma del Carmen : s.n.
4. OLIVEIRA, DOMÍCIA SEMELE TAVARES DE. **Simulação numérica de um Hidrociclone para separação de esferas ocas de lama de perfuração**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil : s.n., 2006. ♦



GEO-GROUND ENG. OPERATIONS

Avda. Vía Láctea, s/n - Local, 25
28830 S. Fdo. de Henares (Madrid)
☎ 912 773 179 • Fax: 912 919 776
E-mail: info@geosoil.com
Web: www.geosoil.com/espana



SOLUCIONES EFICACES A TRABAJOS ESPECIALES



Zanja con colocación simultánea de conductos eléctricos



Ejecución de zanja con colocación simultánea de canaleta:
Ave Madrid-Zaragoza

- PERFORACIÓN HORIZONTAL Y DIRIGIDA
- PERFORACIÓN EN ROCA
- ENTERRADORAS DE CABLES Y TUBERIAS
- ZANJADORAS DE SECCIÓN REDUCIDA
- HINCAS VERTICALES Y HORIZONTALES
- CHIMENEAS DE VENTILACIÓN EN ROCA
- COLOCACIÓN DE CANALETAS PREFABRICADAS

APLICACIONES ESPECIALES DE INGENIERÍA CIVIL, S.A.
PERFORACIONES ESPECIALES Y DIRIGIDAS, S.L.
C/ Merindad de Montija, 18 - Nave 9 A.
Polígono Industrial Villalonquér
Apartado 547. 09001 BURGOS
Tel.: 947 298 695 - Fax: 947 298 615
E-mail: comercial@aples.net

Más información en nuestra web www.aples.net



Voladuras en canteras de roca ornamental

En este artículo, se explica la situación actual de las voladuras en las canteras de roca ornamental, a la que se ha llegado por la normal evolución técnica, con la asimilación por parte de este sector minero de las nuevas tecnologías de explosivos e iniciadores y el desarrollo de metodologías de trabajo más modernas, pero también por las modificaciones impuestas por la normativa de almacenamiento de explosivos a partir del año 2.005.

Palabras clave: ARRANQUE, BANCO, CANTERA, DESMONTE, ESTÉRIL, EXPLOSIVO, FRAGMENTACIÓN, LEVANTE, ONDA AÉREA, ROCA ORNAMENTAL, SECUENCIACIÓN, VOLADURA.

 **Emilio TRIGUEROS TORNERO (*)**, **José M. MUÑOZ CAMARASA (*)**, **Víctor CANOVAS CARRASCO (*)**, y **Marcos MARTÍNEZ SEGURA (*)**
(*) **UNIV. POL. DE CARTAGENA, Dpto. Ing. Minera.**
Grupo de Geotecnia y Métodos de Explotación

El sector minero más importante de nuestro país, en términos económicos, la roca ornamental, ha sufrido una serie de cambios en las operaciones extractivas, para *ajustar los costes de explotación* a las exigencias económicas del mercado de venta de productos en bruto (bloques o rachones). Estos cambios se han podido realizar gracias a la masiva incorporación, en los últimos 25 años, de técnicos de minas a las canteras. Profesionales que, por su formación, han sido capaces de industrializar las operaciones artesanales, mediante una planificación previa y una actitud crítica, para el desarrollo constante de cada una de las operaciones del proceso.

Son varias las *zonas a nivel nacional* que producen diferentes tipos de roca ornamental. Los granitos, cuyo máximo exponente es el denominado *Rosa Porriño*, se extraen principalmente en Galicia y en menor medida en Extremadura, donde destacan el *Azul Platino de Trujillo* y diferentes tonalidades de negros en la provincia de Badajoz, y en el centro peninsular (Madrid, Segovia y Avila) donde se produce el *Blanco Castilla*. Los mármoles se encuentran en la zona sureste Comarca del Mármol, en Macael y Chercos, provincia de Almería, con la producción del *blanco Macael*, amarillos y travertinos. En las comunidades murciana y sur de la valenciana, se aglomeran las explotaciones de calizas mármóreas, destacando el *Crema Marfil*, los marrones y los rojos. En la zona norte guipuzcoana se encuentran el *negro Markina* y el *gris Deba*. Las pizarras se concentran en el noroeste de la península, en las provincias y comunidades de Zamora, León, Galicia y Asturias; dentro de la enorme variedad, destacan por su importancia las *Pizarras de*

Luarca, con explotaciones en las comarcas de Valdeorras, Alto Sil, Quiroga, etc.

La roca ornamental tiene un *nivel de aprovechamiento* medio en capa del 25%, lo que quiere decir que, una vez alcanzada esta capa, debemos extraer 75 t de material estéril por cada 25 t de material aprovechable. Pero además, en muchas canteras, se está llegando a zonas en que la capa no es aflorante y hay que descubrirla, alcanzando con facilidad ratios de escombros de desmonte previo de 1:1, ocurriendo entonces que la fracción bruta vendible representa tan solo el 12,5 % del total extraído.

Este planteamiento general de las *necesidades de arranque* en las explotaciones de roca ornamental, nos permite entender la importancia que el desarrollo de las técnicas y operaciones de perforación y voladura han tenido, no solamente para conseguir abaratar los costes de explotación sino también para aumentar las capacidades de producción.

Otro de los factores determinantes en las labores de arranque mediante voladuras, fue la

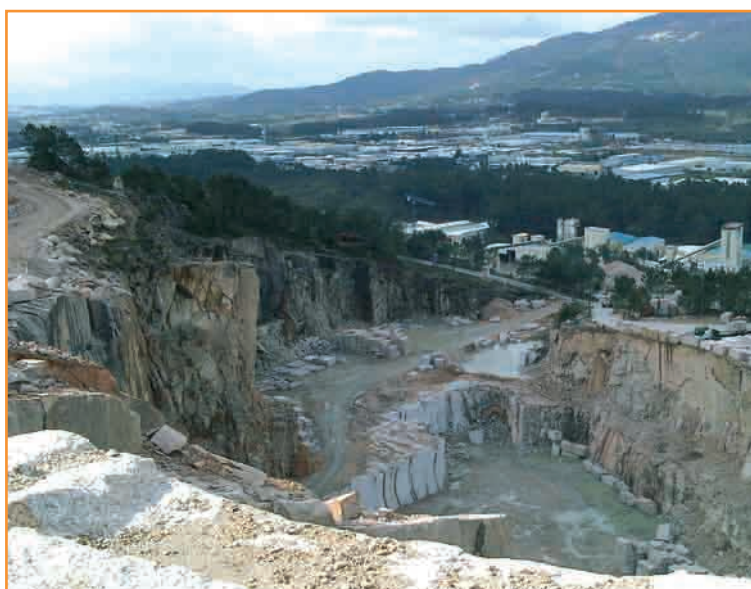
modificación de la legislación en materia de almacenamientos especiales para explosivos y accesorios, realizada en agosto de 2005, y que produjo en las explotaciones de roca ornamental, un cambio sustancial en los consumos por pega. Hasta ese momento, las condiciones de almacenamiento quedaban recogidas en el artículo 190 del *Reglamento de Explosivos*, situación que se vio ampliada por resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas, donde se aprobaban los criterios técnicos mínimos que se establecen para las nuevas cajas de almacenamiento de explosivos, incrementando los grados de seguridad hasta el *grado VII* de nivel de resistencia.

Con esta situación se produjo un importante cambio en las cantidades que se transportan y manejan en las canteras, dado que *la mayoría de las explotaciones desecharon los minipolvorines de consumo*, donde guardaban pequeñas cantidades de hasta 50 kg de explosivo, y/o 500 detonadores, empezando a funcionar con consumos directos desde polvo-

rines comerciales de distribución. Además, el incremento del coste del transporte, y el tener que disponer de guardias jurados con especialidad en explosivos, para consumir a partir de 1 kg de materia reglamentada, han favorecido que el explotador tienda a consumir menos veces y mayores cantidades cada vez, con lo que además se reducen los gastos de proyecto y tramitación.

Procedimientos de voladura

Podemos distinguir hasta 3 tipos de voladura en Roca Ornamental: la voladura *de desmonte*, que son voladuras en banco muy similares a las realizadas en canteras de áridos, las vola-



■ [Figura 1]. - Acceso a la masa de granito sano en Cantera de Rosa Porriño.

duras de *estéril de capa con levante previo* y las voladuras de *fragmentación de bloques y sobretamaños*, que por su bajo consumo absoluto de explosivos se hacen coincidir con las anteriores.

La dificultad en el acceso a los paquetes explotables, requiere la realización de *voladuras de desmonte*. Una zona que siempre se ha caracterizado por la realización de este tipo de voladuras es la del Puntal, en Macael (Almería). La capa de mármol subhorizontal, se encuentra cubierta por unas decenas de metros de margas y esquistos que han de ser remozados antes de la explotación (**Fig. 2**). Las voladuras denominadas coloquialmente (*atómicas*) detonaban con un único iniciador hasta 6 toneladas de explosivos, y actualmente, ya con secuenciación, llegan a consumir decenas de toneladas (**Fig. 3**).

Una de las circunstancias que se tiene en cuenta en el diseño geométrico de estas voladuras es la distancia mínima entre la carga de fondo, para la que se emplean dinamitas, y la zona de roca aprovechable, utilizando una secuenciación que permita el correcto trabajo de estos explosivos, de mayor capacidad de rotura, y cuya misión es la de cizallar la base de los bancos hacia la cara libre (**Fig. 4**). Son fundamentalmente *voladuras en banco* (para bajar de nivel se utilizan también *voladuras en zanja*). El consumo específico, en estas voladuras para roca ornamental llega hasta los 400 gr/m^3 , empleando básicamente dinamitas y anfos (**Fig. 5**).

Cuando trabajamos dentro de la capa de material vendible, encontramos zonas que no tienen la calidad apropiada, con defectos de color o mayor diaclasado. Hasta hace unos años, el material se seguía cortando con el procedimiento habitual para luego desecharlo, lo que resultaba muy costoso. En la actualidad se realizan *voladuras de estéril de capa con levante previo*, independizando la zona de material malo del resto de la capa con un precorte mecanizado o realizado mediante explosivos. Una vez ejecutados los planos de corte verticales y horizontales, con los que se interrumpe la progresión de la onda de detonación, se procede al volado de la roca mala, con el fin de fragmentarla suficientemente para que pueda ser retirada. Estas voladuras, lógicamente, no requieren sobreperforación (**Fig. 6**).

Por último, hemos citado las *voladuras de fragmentación* de bloques y sobretamaños de la explotación, que se realizan cuando ha quedado una zona aislada por alguna diaclasa principal, que pudiera presentar algún riesgo, o cuando se desea romper algún fragmento que no pueda ser transportado. La fragmentación se realiza utilizando cordón detonante y nagolita distribuida en dos o tres partes separada con retacados intermedios de arena.

[Figura 2].-
Capa de esquistos de recubrimiento del mármol en el Puntal de Macael



[Figura 3].-
Preparación de una voladura de desmonte con 43 t. de explosivos en Macael.



[Figura 4].-
Perforación para voladura de desmonte de capa de Pizarra en Mahide (Zamora).



[Figura 5].-
Voladura en zanja para acceso a bancos inferiores en Monte Coto de Pinoso.





■ [Figura 6] .- Voladura con levantes en el Monte Coto de Pinoso.

Al ser fragmentos de medidas irregulares no existe una piedra como tal, simplemente se vigilará que ningún barreno quede a menos de 1 m. del frente libre. El precorte se realiza mediante barrenos separados 50 cm. cargados en toda su longitud con cordón detonante de 100 gr. Para la fragmentación se utiliza una única fila de barrenos con una separación de 2 m. cargados con cordón detonante de 20 gr/m. en toda su longitud y nagolita a granel distribuida en tres partes de 1 kg cada una por barreno separadas con retacados intermedios. La longitud de cada carga de nagolita es de aproximadamente 50 cm. No se realizará sobreperforación, teniendo los barrenos la misma longitud que el bloque a volar.

Cuando los fragmentos son muy pequeños ya no se emplea el taqueo. El martillo hidráulico demoledor ha sustituido esa práctica, aunque es considerablemente caro y para evitar su uso se procede a elevar el consumo específico en las voladuras.

La evolución en los medios de iniciación ha sido también muy importante. Desde el comienzo y aun hoy en día se ha empleado el detonador de mecha lenta o detonador ordinario; casquillo de aluminio con carga en el extremo cerrado, y que mediante aplicación por el extremo abierto de una mecha lenta, inicia la detonación; esta situación ha ido cambiando paulatinamente en base a las necesidades de no producir destrozos en los materiales aprovechables. Se han ido y se siguen sustituyendo los detonadores ordinarios por detonadores de tipo eléctrico, y del tipo no eléctrico. Las voladuras de desmonte se asemejan, en cuanto a secuenciaciones, cada día más a las voladuras de producción de áridos. El paso de detonadores eléctricos a detonadores no eléctricos ha supuesto un incremento sustancial en el número de retardos emplea-

dos en las voladuras, lo que mejora, además de la fragmentación, las vibraciones generadas en la operación.

Realización de los levantes

Llamamos *levantes* a las superficies que separan la masa que vamos a volar de la capa a la que pertenece, y que cumplen la misión de disminuir el daño a la roca vecina y mantener la geometría de trabajo de corte, característica del laboreo ornamental. La palabra procede del diacelado característico de los granitos (levante o andar) que se aprovecha en su explotación para la separación de bloques. La generación de esa superficie se puede hacer mediante *corte mecanizado*, utilizando rozadora de brazo o hilo diamantado, o mediante la técnica de *precorte con explosivos*: pólvora o cordón detonante.

La capacidad de las rozadoras en los granitos es tan baja que normalmente se utilizan los explosivos. Es frecuente el uso de la pólvora para los levantes horizontales: se efectúan perforaciones que normalmente varían entre 5 y 7 mts de longitud, cuyo espaciamiento entre barrenos se sitúa en torno a los 50 cms, y se emplea pólvora como explosivo fundamental inserto en tubos de PVC, sellado para que no les afecte el agua; los consumos específicos en este tipo de labores son muy pequeños, ya que lo único que se pretende es realizar un plano de corte en la horizontal, para separar el bloque del resto de material y poder proceder con posterioridad al corte con hilo de la sección vertical. Es habitual también el levante horizontal en otras rocas ígneas como las granodioritas, con cordón detonante en agujeros de 40 mm y 6 metros de longitud espaciados cada 30 cm.

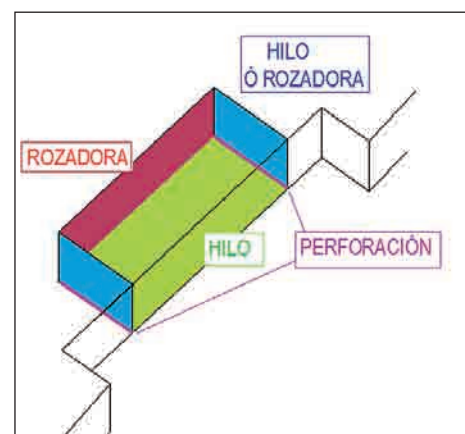
Una práctica común, es realizar los planos de separación vertical mediante cordón deto-



■ [Figura 7] .- Voladura con rozado horizontal inferior y precorte vertical en Markina (Guipuzkoa).

nante (*splitting dinámico*) para lo que se practican perforaciones verticales con separación de hasta 1 metro, y se introduce cordón de alto gramaje que se hace detonar inmediatamente antes de la voladura (Fig. 7).

No obstante, la tendencia en las superficies de levante en mármol y calizas es la de utilizar medios de corte convencionales, rozadora e hilo diamantado, pero en su realización existen diferentes alternativas, una de las más eficientes e innovadoras es la del *rozado del plano dorsal vertical con serrucho* de 7 metros y *corte de lateral y de base con hilo de diamante* (Fig. 8). De esa forma la base puede tener más profundidad y volar en una sola operación mayor cantidad de roca. Por otra parte se amortiza el tiempo de preparación de las máquinas de rozado e hilo, empleándolos en superficies de mayores dimensiones. Otra tendencia para ahorrar el uso de rozadora es la de *realizar conexiones* de hasta tres perforaciones para después pasar el hilo cortando las tres superficies ortogonales.



■ [Fig. 8] .- Levantes mediante corte para independizar una masa estéril de capa a volar.

TODO EN PERFORACIÓN



- Equipos y accesorios para voladura.
- Accesorios para minería y túnel.

- Accesorios de perforación para jumbo.
- Picas para rozadora.
- Accesorios de corte para TBM.



VENTILACIÓN

- Tubería de ventilación.
- Ventiladores.

SOSTENIMIENTO

- Bulón autoperforante.
- Bulón de fricción.
- Fibra de vidrio.
- Paraguas.
- Equipos de inyección.



OFICINAS CENTRALES
Av. Moncayo 2 Nave 15
(Polígono Industrial Sur)
28700 San Sebastián de los Reyes (Madrid)
Teléfono: 91 653 48 01 - Fax: 91 623 80 61
administracion@dalpersl.com

DELEGACIÓN NORTE
C / Guillermo Rodríguez Quirós, nº 1
(Polígono Industrial Somonte)
33206 Gijón (Asturias)
Teléfono: 98 517 65 23 - Fax: 98 535 07 92
admin.norte@dalpersl.com



DALPER
MAQUINARIA Y ACCESORIOS, S.L.

Planteamiento de las voladuras de estéril de capa

Tomamos como ejemplo las consideraciones en el caso de una cantera de *Crema Marfil*, roca con una densidad de 2.6 t/m^3 y de una resistencia a compresión media próxima a los 80 MPa. Tendremos en cuenta primero las capacidades de carga de los equipos de la explotación, de forma que eso nos proporcione el volumen de roca a mover más apropiado. A partir de la altura de los bancos de corte de la zona a volar (más habitual de 7 hasta 11 m), estableceremos la planta de material a volar (ancho y fondo). Son habituales valores de 1.000 a 2.000 m^3 , que con un consumo específico de $0,26 \text{ kg/m}^3$, para una fragmentación adecuada, nos llevaría a consumos de explosivo de entre 260 y 520 kg.

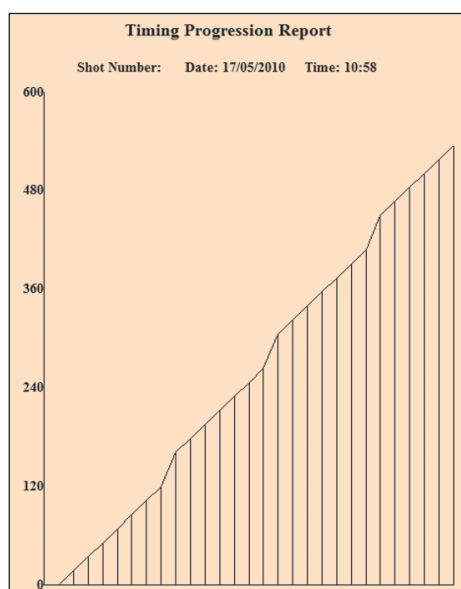
El diámetro de carga utilizado es de 60 mm. Los barrenos se realizarán con la perforadora de martillo en fondo a un diámetro de 90 mm., para posteriormente ser entubados con tubo de PVC de 60 mm., para impedir concentraciones excesivas de explosivo en coque y fisuras, lo que provocaría proyecciones. En la explotación existen *bancos con alturas de entre 7 y 11 metros*, para los cálculos tomamos el caso más desfavorable, es decir 11 metros. Teniendo en cuenta que se realizarán voladuras sobre frentes verticales cortados y que es necesario conservar la disposición de frentes verticales para futuros cortes con hilo, los *barrenos serán verticales*, tomando una longitud igual a la altura de banco *menos un metro*, que impida el daño al material de la base. En los bancos en los cuales su altura sea menor, lo único que cambiará será la longitud de carga de explosivo, manteniéndose igual el resto de parámetros (retacado, espaciado, piedra, etc.). Se adopta una o varias filas de barrenos al tresbolillo a lo largo del frente con una piedra o distancia al frente de 2,2 m y un espaciado de 2,7 m.

El *diseño de la voladura* se realiza con una carga de fondo de 0,5 m. utilizando 2 cartuchos de Goma de 40 x 240 mm, de 0,417 kg cada uno, resultando un total de 480 mm y 0,834 kg. Para la carga de columna, tomando un coeficiente de densidad de la nagolita de $0,8 \text{ gr/cm}^3$ y un diámetro de 60 mm, obtenemos una densidad de carga por metro lineal de carga de columna de 2,26 kg/m. Para un longitud de la carga de columna de 7,3 m, la carga de columna es de 16,49 kg.

Mediante la *combinación de detonadores* no eléctricos y conectores entre barrenos de distintos tiempos de micro-retardo, conseguire-

mos que no exista solape de cargas, siendo la carga máxima de encendido por microretardo de 17,32 kg. Para la conexión entre barrenos utilizamos conectores EZTL de 17 ms, mientras que para la conexión de filas utilizaremos conectores EZTL de 42 ms. Para iniciar la voladura se colocará un primer conector EZTL de 17 ms, al que se le unirá el tubo de transmisión hasta la zona segura de disparo.

Realizados los cálculos de la secuenciación correspondiente a una voladura de 4 filas con 7 barrenos por fila, mediante el *software* de cálculo **Compu-Blast**, se obtiene un tiempo de energización de la voladura es de 534 ms. Al utilizar detonadores de 500 ms en los barrenos, casi toda la voladura queda energizada antes de que detone el primer barreno. En la **Fig. 9** se pueden observar la progresión de la voladura en milisegundos. El manteni-



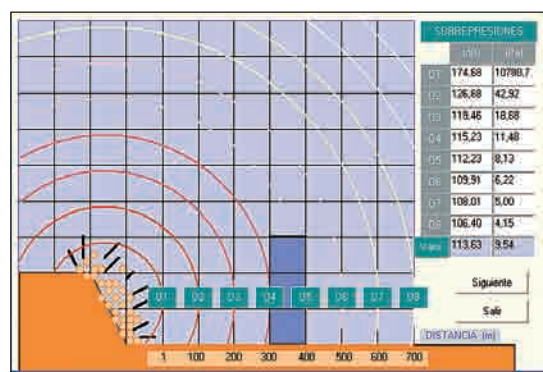
[Fig. 9].- Gráfico de evolución de los disparos en una voladura de 28 barrenos en 4 filas.

VOLADURA	desmante	estéril capa	fragmentación
Nº BARRENOS	25	28	17
Ø Barreno	60 mm.	60 mm.	60 mm.
Nagolita	440,75 Kg.	461,72 Kg.	9 Kg.
Goma 2 EC 40x240	41,50 Kg.	23,24 Kg.	
Cordón detonante 100 gr/m			98 m. / 9,8 Kg.
Cordón detonante 20 gr/m			32 m.
Primadet nº 20	25 Und.	28 Und.	2 Und.
Conector EZTL 17 ms.	22 Und.	25 Und.	1 Und.
Conector EZTL 42 ms.	3 Und.	3 Und.	1 Und.
Volumen de roca	1.306 m³	1.829 m³	98 m³
Explosivo por voladura	482,25 Kg.	484,96 Kg.	19,8 Kg.
Metros perforados	287,5 m.	280 m.	119 m.
Consumo específico	0,36 Kg/m³	0,26 Kg/m³	0,19 Kg/m³
Carga operante	19,29 Kg.	17,32 Kg.	9,8 Kg.

[TABLA I].- Comparativa de voladuras en Crema marfil

miento de una progresión lineal, facilita la fragmentación, reduce las proyecciones y minimiza las vibraciones.

Cada vez tiene más importancia la limitación del ruido. En la práctica, el ruido provocado por la onda aérea tiene una frecuencia por debajo de los 20 Hz, y no puede ser percibido por el oído humano; aunque si se puede notar en efectos molestos como vibración de cristales, etc. Sin embargo, el criterio límite de nivel de ruido que adoptaremos será el de 128 dB, con el fin de evitar las quejas de las posibles personas cercanas a la zona. Para evitar la producción de ruido, los retacados tendrán la longitud proyectada, y se cubrirá el cordón detonante que quede en la superficie con arena. Según cálculos realizados con el *Software AIRVOL v. 1.0*, se ha estimado el ruido producido para una carga máxima por barreno de 19,29 Kg, 1 detonación repetida en la primera fila y 350 m. de distancia al taller de elaboración de mármol en 113,63 dB y una presión de 9,54 Pa (**Fig. 10**).



[Figura 10].- Gráfica de amortiguación geométrica de la onda aérea producida en las voladuras.

Bibliografía

- MUÑOZ-CAMARASA, J.M. (2.004). *Canteras de Mármol: Arranque, perforación y corte, carga y transporte. Operaciones auxiliares. Apuntes del II Curso Especialista en Industrias de la Piedra Natural*, Centro Tecnológico del Mármol y U.P. de Cartagena.
- CARDU, M.; LOVERA, E.; CRASSOULIS, V. (2.004). *Optimising Quarrying Techniques and Practices. Capítulo 3: New quarrying methods and technological progress. Editions OSNET - European Commission. Vol. 7.*
- TRIGUEROS, E.; MARTINEZ, J. (2.009). *Limitaciones de carga operante para voladuras en canteras de roca ornamental. Aplicación a una cantera de Piedra Bateig. Ingeopres, vol 181.*
- TRIGUEROS, E.; MUÑOZ-CAMARASA, J.M.; CÁNOVAS, M.; FANO, H. (2.010). *Optimización de la operación minera en las canteras de Roca Ornamental de Markina (Guipuzkoa)*. Canteras y Explotaciones.



Suministros Técnicos
de Perforación

Sutévar Sutemaq

Siempre un paso por delante



Alquiler, Reparación
y Venta de Maquinaria

Tu mejor elección!

- Accesorios de perforación. Sistema O.D.
- Equipos de perforación para cimentaciones.
- Martillos y cabezas de rotación hidráulicos.
- Útiles de perforación de roca.
- Equipos de inyección y jet grouting.
- Plantas de cemento.
- Martillos en fondo y tallantes.
- Bombas de agua para barrido.
- Sistemas especiales de perforación.
- Equipos de perforación para geotermia.
- Dispositivos y complementos de perforación.
- Servicio de Asistencia Técnica.
- Recambios.
- Alquiler y venta de maquinaria.



Avda. Castilla, 32 - Nave 62
28830 San Fernando de Henares (Madrid)
Tel: 91 677 20 77 · Fax: 91 678 07 35
e-mail: sutevar@sutevar.com
www.sutevar.com

Reducción de vibraciones por voladura mediante interferencia destructiva

Las vibraciones por voladura son un efecto ambiental indeseado que causa un gran número de perjuicios a las operaciones mineras y de obra civil. Reclamaciones vecinales y daños a estructuras propias y ajenas son causa de sobrecostos, retrasos y conflictos con la administración. En este artículo se presentan dos casos prácticos de utilización de onda semilla para: a) minimización de daños a grandes taludes por voladuras (Cobre Las Cruces); y b) disminución de molestias en entornos urbanos por vibraciones debidas a voladuras (Obras de Tobira en Andorra).

Palabras clave: CONTROL, DETONADOR, MINIMIZACIÓN, ONDA SEMILLA, SECUENCIACIÓN, SOFTWARE, TALUD, VIBRACIÓN, VOLADURA.



Iván CARRASCO MARTIÁNEZ (*), Rubén CASTRO PÉREZ (**), Benjamín CEBRIÁN (***), Miranda FRONTONS MARTINS(****) y Braulio D. CCAMA QUISPE (****)

(*) COBRE LAS CRUCES; (**) UNITAS ARMENGOL MONTANER (***), (****) BLAST CONSULT, S.L.

Desde hace tiempo, los ingenieros de explosivos han buscado y desarrollado técnicas para el control y minimización de las vibraciones por voladura. Así, se han identificado las tres variables más importantes relacionadas con este fenómeno:

- Carga explosiva por detonador.
- Confinamiento del explosivo.
- Secuenciación.

Los estudios de vibraciones, la técnica más completa que exige la actual normativa 22.381, hace incidencia en la primera variable, dejando sin tratar las dos siguientes. Las aproximaciones de la industria norteamericana a este fenómeno incluyen también la segunda de las variables, mediante estimaciones diferentes para una misma cantidad de carga explosiva según su confinamiento. Sin embargo, ninguna normativa recoge a día de hoy, quizá por su complejidad y por avances tecnológicos que no han sido recogidos, la modulación de la tercera variable: la secuenciación de disparo entre barrenos.

Precisamente es la *cadencia* con la que se disparan diferentes barrenos de una misma fila y entre filas diferentes la que causa una interferencia en el terreno. Esta interferencia puede amplificar o disminuir los valores de velocidad de vibración y, muy importante también, el contenido en frecuencias de la vibración. Un ejemplo práctico análogo sería el alcance de las olas en la orilla del mar. Éstas llegan a más o menos distancia que una ola aislada según interfieran entre ellas. La interferencia constructiva amplifica la ola, montándose una sobre otra y llegando más lejos, mientras que la interferencia destructiva frena a una ola contra otra, minimizando su amplitud.

Nos fijamos en estos casos en la *FFT* o *transformada de Fourier*. Esta descompone la onda en componentes de frecuencias diferentes, es decir, el espectro de frecuencias de

la señal. Así, sabemos las frecuencias que llevan la energía de la onda vibratoria. La normativa actual se fija en otra frecuencia, la del semiperiodo (llamada ZC) del pico de velocidad máxima (*ppv*), pero ignora (erróneamente) los efectos que pueden tener sobre estructuras partes de la vibración que no necesariamente tienen la frecuencia del pico máximo.

Fundamentos de los estudios de Onda Elemental u Onda Semilla

La *onda semilla* utiliza la información de la *FFT* de una manera innovadora. En los últimos años, dos avances tecnológicos han revolucionado las posibilidades de utilización de la interferencia destructiva: los *detonadores electrónicos* y el *software* de procesamiento y simulación de vibraciones por voladura. Los estudios que combinan ambos como la herramienta más potente para la disminución y control de las vibraciones se conocen como estudios de *Onda Elemental* o de *Onda Semilla*.

Se basan en el disparo de una sola carga explosiva, aislada, que permite caracterizar el terreno. O, lo que es lo mismo, permite saber cómo se transmite en amplitud y frecuencia la vibración en una localización específica. Una vez se obtiene esa *huella digital* del terreno, se procesa con un *software* avanzado de tratamiento de vibraciones.

Uno de estos programas es el *Alpha Blast*, de *White Seismology Inc.* Este *software* ofrece rangos de disparo entre barrenos de una misma fila y de diferentes filas simultáneamente en los cuales se puede minimizar amplitud de vibración (mm/s, generalmente) y desplazar el contenido en frecuencias de la onda compleja resultante de disparar todos los barrenos en una secuencia.

Casos prácticos

Dos son los escenarios principales donde se utiliza la técnica de la *Onda Semilla*: la dismi-

nución de molestias en el entorno de voladuras y la minimización de daños a grandes taludes causados por resonancia.

En este artículo se presentan dos ejemplos de aplicación de esta técnica de la onda semilla:

- Minimización del daño en taludes en las voladuras en *Cobre Las Cruces*.
- Reducción de vibraciones en la obra *Tobira* de Andorra

A. Caracterización de un talud minero

Los grandes proyectos mineros del mundo presentan taludes más altos y con ángulos más agresivos que minas antiguas para minimizar ratio estéril/mineral. Esto condiciona que puedan producirse colapsos totales o parciales de los mismos si el talud entra en resonancia con las voladuras en niveles inferiores (**Fig. 1**).

Cobre Las Cruces

La mina de *Las Cruces*, en Gerena (Sevilla), es uno de los yacimientos de cobre más ricos del mundo en cuanto a concentración mineral se refiere. La explotación corre a cargo de la compañía minera *Cobre Las Cruces, S.A. (CLC)*. Geográficamente, el yacimiento se encuentra en el valle del Guadalquivir y pertenece a la provincia metalogénica de la *Faja Pirítica Ibérica (FPI)*. El cuerpo mineralizado, no aflorante, está situado a unos 130 m de profundidad y encaja en la serie de rocas Paleozoicas asociadas a las formaciones metalíferas de la FPI (**Fig. 2**).

Las litologías son muy variables, desde pizarras hasta vulcanitas, pasando por algunas zonas fuertemente alteradas e incluso milonitizadas. De hecho, el yacimiento en su conjunto está muy fracturado lo que confirma que ha estado sometido a una historia tectónica intensa. A techo del mineral se encuentra una zona oxidada (*gossan*), que localmente presenta enriquecimientos interesantes en metales preciosos y plomo.



[Figura 1].- Ilustración de la resonancia de un talud por ondas de baja frecuencia (alto desplazamiento de partícula). La técnica de onda semilla incide aumentando la frecuencia y disminuyendo el desplazamiento. Imagen cortesía de Blast Dynamics.



[Fig. 2].- Vista de la corta de Las Cruces en la etapa de finalización del desmonte de la Fase 2 (octubre de 2010). Obsérvese la potencia de la formación gris de margas en el talud. (Foto cortesía de CLC).

La minería actual se centra en la zona de cementación (sulfuros secundarios). El mineral predominante es la *calcosina*, presentándose esta de forma masiva, con aspecto azul terroso o gris metalizado. La densidad media varía entre 3,6 y 4 t/m³ dependiendo de la proporción en cobre, hierro y azufre. En el futuro se espera encontrar menas con mayor contenido en sílice y menor densidad (2,5 – 3 t/m³) que corresponderían a zonas de *stockwork* que han sufrido los mismos procesos de enriquecimiento que el sulfuro masivo.

Las operaciones se encuentran actualmente en la Fase 2, procediendo el mineral en su totalidad de allí. Simultáneamente se está desarrollando el desmonte de la Fase 3 estimándose alcanzar el mineral de este retranqueo a principios de 2013. La producción prevista para el año 2011 es de 1.000.000 t, con un movimiento total de estéril de 7 Mm³.

La presencia de una potente serie de margas azules del Terciario, de competencia media a baja, condiciona la geometría de los taludes de la corta. Mientras que en el Paleozoico el ángulo general de talud puede llevarse a 45° (valor típico en otras cortas de la FPI), en las margas es preciso suavizarlo hasta 28°. Los ángulos de talud de banco sufren una modificación similar. En la **Tabla 1** se resumen los parámetros de diseño empleados en CLC.

La baja dureza de las margas permite realizar su arranque por excavación directa en los primeros 80 m de la corta. A partir de esa profundidad, es necesario el empleo de explosivos. Las prevoladuras en marga requieren consumos específicos bajos, del orden de 0,18 kg/m³ pero facilitan el arranque de la roca incrementándose los rendimientos medios de excavación en un 25%. El explosivo empleado es la nagolita.

El arranque de las rocas paleozoicas se realiza en su totalidad con perforación y voladura,

	Terciario	Paleozoico
Talud general	28°	45°
Talud de banco	50°	75°
Ancho de bermas	4 – 10 m	2 – 5 m
Altura banco final	10 m	10 m
Pendiente Rampas	8%	10%

[TABLA 1].- Parámetros de diseño en CLC.

con consumos específicos que varían entre 0,45 kg/m³ para el *gossan* y 0,56 kg/m³ en el mineral. El explosivo empleado es ANFO pesado.

La energía liberada durante la detonación si se dirige hacia los taludes producirá daños que pueden comprometer su estabilidad. Una forma de minimizar el daño es planificar el arranque de forma que las cargas de mayor nivel energético (voladuras de producción o destroza) se ubiquen a cierta distancia de los taludes finales. La distancia de seguridad será mayor cuanto menor sea la calidad de las rocas que forman el talud. En la franja más cercana se disparan diseños amortiguados (voladuras de contorno). En cierta medida, se sacrifica la pro-

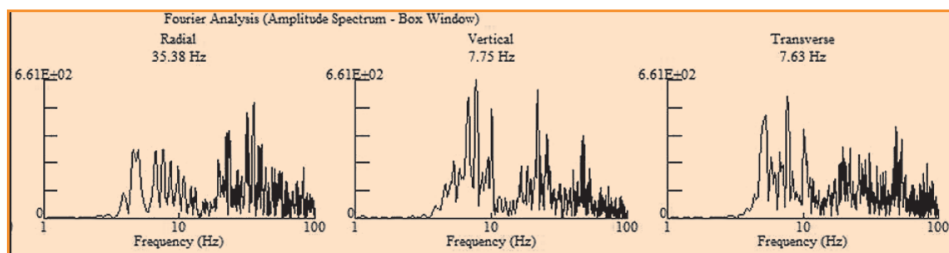
ductividad de las voladuras a cambio de minimizar los daños potenciales, reduciendo el nivel energético y mejorando la distribución de energía en cada uno de los barrenos (**Fig. 3**).

Estas medidas son buenas para prevenir los daños en campo cercano, pero no siempre son suficientes para hacer lo mismo en campo lejano. La detonación de los barrenos en la corta genera trenes de ondas que afectan al talud general. Las ondas de baja frecuencia y gran amplitud son las de mayor potencial de daño en el caso de grandes taludes como los de la corta de *Las Cruces*, que alcanzará más de 200 m de profundidad. Desde el inicio de las voladuras se viene desarrollando un programa de monitorización y control de vibraciones, uno de cuyos objetivos es cuantificar la respuesta de los taludes a las vibraciones producidas por las voladuras.

El 7 de Julio de 2011, se llevó a cabo un registro de vibraciones de una voladura de producción en *Cobre las Cruces* con un sismógrafo *White Multiseis*. La colocación del mismo fue en la zona sud-este a una altura media de la corta). La **Fig. 4** muestra las amplitudes de registro de las voladuras.



[Figura 3].- Aspecto de una voladura de contorno en mineral situada en la zona Este de la corta de Las Cruces. El talud situado por encima de la voladura tiene 150 m, 20 m en roca paleozoica y 130 m en margas del Terciario. Fotos: cortesía de CLC.



Fuente: Blast consult S. L., White Industrial seismology

[Figura 4].- Espectro de amplitudes del registro tomado en una voladura a medio talud. Este análisis ilustra una cantidad de energía significativa en frecuencias bajas, capaces de hacer resonar un talud de gran altura.

Como técnica adicional, el análisis de *onda semilla* es una excelente herramienta para caracterizar la respuesta natural del terreno y diseñar una secuencia de encendido a medida que permita minimizar estos efectos.

B. Minimización de daños y molestias en el entorno

Voladuras en minas cercanas a núcleos poblados o excavaciones urbanas tienden a causar molestias y/o daños en las casas. El objetivo de las voladuras monitorizadas y simuladas con *onda semilla* es disminuir la amplitud de la vibración y hacer que la onda lleve su energía en frecuencias más altas, que no entran en resonancia con las estructuras o lo hacen en menor medida.

Desmante por voladura (Tobira, Andorra)

El primer estudio realizado en la Península Ibérica de *Onda Semilla* se realizó en Andorra la Vella, en el desmante por voladura de la obra de *Tobira*.

Esta obra denominada *Tobira* se encuentra enclavada dentro de casco urbano rodeada de edificaciones de distintas alturas y diferentes procesos constructivos y edades (Fig. 5). La metodología de excavación empleada fue diseñada para no dañar sus cimentaciones y elementos estructurales. En lo referente a la calidad de construcción de estas estructuras nos encontrábamos desde un edificio con paredes de carga realizadas con enladrillado y cuya cimentación estaba sobre un granito de más de 3500 kg de resistencia a compresión simple. El principal problema asociado a este edificio se encontraba en que los límites de excavación limitaban adyacentemente a este edificio, lo cual, condicionaba mucho las tolerancias de vibraciones que podría soportar.

Para el resto de estructuras, los condicionantes eran parecidos pero se mitigaban con la distancia pues se pasaba desde una distancia de 0 hasta 12 metros del edificio más lejano y afectado por los lindes de excavación. Otro de los edificios a controlar con bastante



[Figura 5].- Imágenes de la obra de Tobira y su emplazamiento a pocos metros de edificios residenciales y de servicios.

rigurosidad era el de la televisión andorrana por el impacto mediático negativo para la empresa que realiza los trabajos, pues los trabajos de excavación podrían llegar a suponer la afectación de su estructura.

Una vez delimitados algunos de los condicionantes de esta obra a nivel de enclave, se pueden resumir de modo somero cuáles fueron las técnicas de excavación empleadas hasta llegar a la excavación por voladuras realizadas con detonadores electrónicos, por qué se decide actuar con explosivos en un enclave tan complicado y cuáles fueron sus resultados.

Excavación con medios mecánicos: se planificaron los trabajos de excavación con medios mecánicos sólo como ayuda a la prefracturación creada con distintas técnicas. Esto era muy importante porque actuar con maquinaria pesada de excavación mecánica sin ayuda de una prefracturación podría dar

lugar a la fatiga estructural de los edificios lindantes. Todo ello unido además a las limitaciones por normativa de contaminación acústica, exigen que la metodología de excavación sea por prefracturación del material y que la excavación mecánica sea sólo como ayuda a esta prefracturación.

Para poder dimensionar la obra a nivel cuantitativo y tener claro el volumen de afectación, hay que entender que se trata de 8700 m³ de excavación en suelo urbano de granito de calidad muy alta y cuyo sostenimiento de taludes verticales y adyacentes a las edificaciones limítrofes no es fácil; y cumpliendo además todas las prescripciones de normativas medioambientales y control de vibraciones.

Técnicas utilizadas de prefracturación

a) *Precorte* alrededor de todo el perímetro de excavación, este precorte además de ayudarnos como plano de amortiguación del frente de onda también sirve como plano de debilidad de excavación necesario para estar siempre dentro del perímetro de excavación de la parcela.

b) *Cemento expansivo*: con el objetivo de crear frentes de excavación cuya apertura del frente sea de una altura suficiente para poder trabajar con cemento expansivo, la experiencia dice que debe ser como mínimo de 2 metros y como máximo 20 metros. Es muy importante comprender que la malla de perforación es pequeña y el diámetro de perforación también. Cuando se superan los 15 metros de profundidad comienzan a aparecer desvíos, lo que ocasiona pérdida de eficiencia de este producto y por consiguiente de rentabilidad de esta técnica. En esta obra, más de 3.500 m³ fueron excavados con esta técnica con resultados muy buenos.

Una vez excavado el 70 % de la obra, y situados 2 m por debajo del nivel freático, el cemento expansivo comienza a no dar los resultados esperados, por lo que se plantea la posibilidad de continuar la obra con explosivos; y la empresa *UNITAS*, con una experiencia de más de 20 años de excavación con voladuras dentro de entornos urbanos y que conoce las últimas tendencias en control de vibraciones, decide realizar un estudio de *onda semilla* para obtener el tiempo de desfase justo entre detonadores e intentar controlar los frentes de ondas generados por la secuencia de voladura, lo cual nos llevaría a conseguir generar impulsos de ondas que se destruyeran y, de esta manera, minimizar las vibraciones que llegarían a las estructuras a proteger.

Para el estudio de *onda semilla* se realizaron 2 perforaciones aisladas de 3 m de pro-



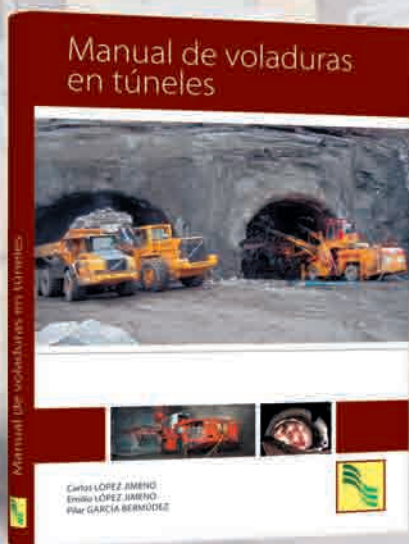
**Especialistas
en explosivos
y fragmentación
de roca**



BLAST CONSULT, S.L.

CENTRAL
C/ José Fentanes, 42. 28035 Madrid.
Teléfono/Fax: +34 913 768 596
e-mail: blast-consult@blast-consult.com

DELEGACIÓN SUR
C/Vidrio, 14 - Ático. 41003 Sevilla
www.blast-consult.com



La excavación de túneles con perforación y voladura es una de las técnicas aún más utilizadas. A pesar de catalogarse como una de las técnicas convencionales, es innegable que ha experimentado mejoras tecnológicas, que la hacen competitiva –y en ocasiones imprescindible– frente a la excavación mecánica, sustituyendo a ésta o complementándola.

Entre las innovaciones tecnológicas cabe destacar los avances en perforación, tanto por el uso de potentes martillos hidráulicos como por la automatización de las operaciones mediante el empleo de los llamados jumbos robotizados. Con las últimas generaciones de equipos se ha conseguido trabajar con menos máquinas y personal alcanzando altas productividades, haciendo los trabajos más confortables y

seguros, permitiendo mayores precisiones en la perforación, menores sobreexcavaciones, etc.

Otro ámbito de mejora es el de los explosivos y accesorios de iniciación. Actualmente, se dispone de explosivos más seguros en su fabricación y manipulación, e incluso más económicos, lo que unido a los sistemas mecanizados de carga de los barrenos conducen a unos rendimientos más elevados y a una reducción de los daños inducidos en la roca circundante. Por otro lado, se cuenta con nuevos accesorios de iniciación, que facilitan un mayor aprovechamiento de la energía que desarrolla el explosivo, un mayor control de las vibraciones generadas y, también, unos mejores perfiles de excavación.

En esta publicación se hace una descripción de algunos de estos avances, reflejando el estado del arte y las principales mejoras introducidas en esta técnica de excavación. La obra incluye los siguientes capítulos: la excavación de túneles con perforación y voladura; diseño y ejecución de cueles; voladuras de contorno; diseño de voladuras en túneles; explosivos y accesorios de voladura; sistemas mecanizados de carga de explosivos; vibraciones producidas por voladuras en la excavación de túneles y normas de seguridad en túneles.

Manual de Voladuras en Túneles

Autores: **Carlos LÓPEZ JIMENO, Emilio LÓPEZ JIMENO, Pilar GARCÍA BERMUDEZ.**

Nº de páginas **352.**

Precio: **52 €** (IVA y gastos de envío incluidos).

Si desea consultar el catálogo completo de publicaciones visite: www.entornografico.com

TARJETA DE PEDIDO

Datos personales

NIF / DNI: _____ NOMBRE: _____
EMPRESA / ORGANISMO: _____
DIRECCIÓN: _____
CIUDAD: _____ PROVINCIA: _____ CP: _____
TELÉFONO: _____ Firma: _____
FAX: _____
E-mail: _____

Forma de pago

- ☐ Adjunto cheque a nombre de ENTORNO GRÁFICO, S.L.
☐ Transferencia a: Caixa 2100/4447/94/0200039665
☐ Domiciliación Bancaria

Titular C/C _____

Código Cuenta Corriente			
Entidad	Oficina	D.C.	Número de cuenta

Pedido de publicaciones

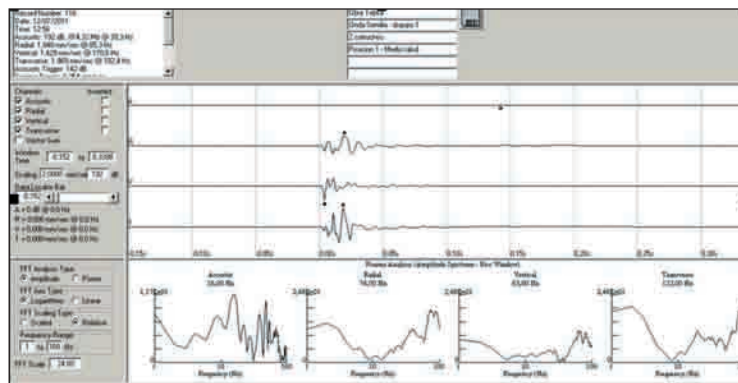
TÍTULO	Nº DE EJEMPLARES	IMPORTE
MANUAL DE VOLADURAS EN TÚNELES		

Remitir a su comodidad por Fax o Correo a:
Entorno Gráfico, S. L. • P. I. Las Nieves. C/ Plasencia 1-17, nave 29 • E-28935 MÓSTOLES (Madrid)
Tel.: 91 616 95 20* • Fax: 91 616 97 88 • E-mail: ingepres@entornografico.com



Detalle de la obra de Tobira y lateral muy cercano a otras edificaciones.

[Figura 6].- Registro sismográfico de onda semilla en la obra de Tobira



fundidad y en roca lo más sana posible. Estas perforaciones fueron realizadas con diámetro de perforación de 51 mm. El 12 de julio de 2011 fueron cargadas con 2,5 cartuchos de goma de 32 mm, la primera, y 3 cartuchos la segunda, y sobreconfinadas con un retacado de arena. Los registros de estas 2 voladuras se muestran en la **Fig. 6**, y figuran como semilla 1 y semilla 2.

Con el fin de tener un contraste de voladuras de producción con métodos convencionales utilizando detonadores no eléctricos se realiza una primera voladura control con detonadores *Nonel*. Para esta voladura de control se realiza una malla de perforación de 1,15 x 1,15 m y una altura de banco de 2,5 metros, diámetro de perforación 51mm, carga operante de 2,6 kg por voladura y un consumo específico cercano a 0,2 kg/m³. Este consumo específico puede parecer bastante bajo, pero hay que tener en cuenta que lo que se busca es pre fracturación y control de proyecciones al estar dentro de entorno urbano.

Tras estos registros, **Blast Consult, S.L.** analizó los datos con los *software* preparados para obtener el tiempo de retardo entre tiro y tiro y cotejarlos con las voladuras que al día siguiente se realizarían con detonadores electrónicos. El resultado del análisis que se modelizó mediante *software Alpha Blast* dio un tiempo de retardo de 23 mm/s.

El día 13 de julio del 2011 se realizaron un total de 6 voladuras de control con la misma malla de perforación y carga operante, las cuales fueron cotejadas con las obtenidas el día anterior y cuyos resultados fueron muy satisfactorios.

Equipo empleado

Para estos estudios, se utilizó el sismógrafo *White Miniseis*, fabricado por *White Industrial Seismology, Inc.* Es un instrumento robusto de aluminio con un tamaño reducido que incluye dos sensores autónomos, uno para captar las vibraciones y el otro para captar las ondas aéreas. Su memoria permite almacenar un máximo de 340 registros (**Fig. 7**).

Su amplio rango de captación de frecuen-

cias, de 2 a 500 Hz, lo hace ideal para el estudio de *onda elemental*. Su *avanzado software* permite analizar de manera rápida y sencilla cada registro sismográfico teniendo en cuenta la normativa española de vibración (*UNE 22.381*) así como analizar la *transformada de Fourier*.

El *software Alpha Blast* es compatible con las lecturas de este fabricante y realiza simulaciones, define el tiempo de retardo idóneo para una voladura determinada teniendo en cuenta la amplitud y la frecuencia de la onda semilla, de modo que se pueda realizar una voladura con un control exhaustivo de la vibración.

A partir de una base de datos creada con los registros captados (**Tabla II**), la nueva versión *Alpha-Blast V11* permite crear simulaciones de vibraciones de voladuras, con una predicción muy exacta de las amplitudes generadas. Incluye la función de generar un análisis de regresión estadística a partir de intervalos de con-



[Figura 7].- Sismógrafo White Miniseis registrando en la obra Tobira.

Fecha	Sismografo White	Sismografo Instantel (junto a televisión andorra)	Observaciones
12 Julio 2011 - 12:56 h	1,969 mm/s (T) - 102,4 Hz (a medio talud)	1,08 mm/ (T) - 73 Hz	Tiro onda semilla - 460 g
12 Julio 2011 - 15:53h	1,715 mm/s (V) - 102,4 Hz (cabeza talud)	1,97 mm/s (T) - 64 Hz	Tiro Onda Semilla - 570 g
12 Julio 2011 - 16:24 h	1,302 mm/s (V) - 102,4 Hz (cabeza talud)	1,4 mm/s (T) - 100 Hz	Vol producción Nonel 690 g/barreno
13 Julio 2011 - 11:52 h	2,127 mm/s (V) - 102,4 Hz cabeza de talud	1,46 mm/s (T) - 100 Hz	Vol electrónica prod - 690 g/barreno
13 Julio 2011 - 12:25 h	1,461 mm/s (V) - 102,4 Hz (cabeza talud)	NO REGISTRA <0,45 mm/s	Vol electrónica producción - 690 g/barreno
13 Julio 2011 - 13:05 h	1,683 mm/s (R) - 64 Hz (cabeza talud)	2,6 mm/s (T) - 100 Hz	Vol electrónica producción - 690 g/barreno
13 Julio 2011 - 15:50 h	1,8 mm/s (V) - 170 Hz (cabeza de talud)	NO REGISTRA <0,45 mm/s	Vol electrónica producción - 690 g/barreno
13 Julio 2011 - 16:24h	1,651 mm/s (R) - 102,4 Hz (medio talud)	2,86 mm/s (V) - 85 Hz	Vol electrónica producción - 690 g/barreno

[TABLA II].- Algunas de las mediciones en la estructura anexa a la obra (TV Andorra). En algunos casos, la destrucción de ondas fue total, no registrándose vibraciones por encima del mínimo de sensibilidad del sismógrafo (0,45 mm/s).

fianza personalizado y la posibilidad de filtrar los datos que se analizan. También es capaz de crear una simulación a partir de un diseño donde se nos muestra la disposición de los barrenos así como la vibración generada durante la detonación de cada uno de ellos.



BLAST CONSULT, S.L.

José Fentanes, 42

28035 Madrid

Tel/Fax: 913 768 596

E-m: blast-consult@blast-consult.com

Web: www.blast-consult.com

Ingeniería en Túneles y Obras Subterráneas



Fue hace 15 años cuando un grupo de profesionales relacionados con la *Ingeniería de Túneles* decidieron editar un **Manual sobre Túneles y Obras Subterráneas**, que tuvo una magnífica aceptación, reimprimiéndose en varias ocasiones.

La obra que aquí se presenta es una revisión y adaptación a la tecnología actual, y sigue pretendiendo recoger de una manera global, sistemática y, en detalle, toda la temática relacionada con los túneles y otras obras subterráneas. El número de capítulos se ha ampliado notablemente, pasando de los 32 originales a los 54 actuales, así como el número de autores especialistas, que ha pasado de los 26 en la primera edición a más de 50 en la actual. Obviamente el contenido se ha extendido en el número de páginas, que ha obligado a publicar el Manual en dos tomos.

Los capítulos coincidentes con los de la primera edición se han revisado y actualizado en profundidad, pues ha habido una gran evolución tecnológica en los años transcurridos.

Autores: **Carlos López Jimeno et al.**

Nº de Págs.: 1.800.

Precio: 175 € (IVA + gastos de envío incluidos).

La *excavación de túneles con perforación y voladura* es una de las técnicas aún más utilizadas, y cuyas innovaciones tecnológicas han tenido avances muy importantes en los últimos años.

En esta publicación se hace una descripción de algunos de estos avances, reflejando el estado del arte y las principales mejoras introducidas en esta técnica de excavación. La obra incluye los siguientes capítulos: la excavación de túneles con perforación y voladura; diseño y ejecución de cueles; voladuras de contorno; diseño de voladuras en túneles; explosivos y accesorios de voladura; sistemas mecanizados de carga de explosivos; vibraciones producidas por voladuras en la excavación de túneles, y normas de seguridad en túneles.

Autores: **Carlos López Jimeno, Emilio López Jimeno y Pilar García Bermúdez.**

Nº de Págs.: 352.

Precio: 52 € (IVA + gastos de envío incluidos).

El presente *Manual de Ventilación de Minas y Obras Subterráneas* constituye una reedición del publicado por AITEMIN en 1988, cuyo autor fue Vicente Luque Cabal con la colaboración principal de Luis Noval García. Para esa primera edición se había contado con el patrocinio del Ministerio de Industria y Energía a través de la Comisión de Seguridad Minera, y con la colaboración de HUNOSA y del Instituto Geológico y Minero de España.

El tiempo transcurrido hizo necesaria su actualización tanto en lo relativo a su contenido como al aspecto formal, profundizando en los temas tecnológicos y de ingeniería, eliminando las referencias reglamentarias y los proyectos-tipo y convirtiendo el texto en un moderno manual útil para el ingeniero de explotación y para el personal implicado en las instalaciones de ventilación mineras y de obras subterráneas.

El coordinador y coautor de esta nueva versión del Manual de Ventilación de Minas y Obras subterráneas ha sido: José Carrasco Galán, Catedrático del Área de Explotación de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Autores: **José Carrasco Galán et al.**

Nº de Págs.: 450.

Precio: 60 € (IVA + gastos de envío incluidos).

Si desea consultar el catálogo completo de publicaciones visite: www.entornografico.com

Tarjeta de pedido

Datos personales

NIF/DNI: _____ NOMBRE: _____ EMPRESA/ORGANISMO: _____
DIRECCIÓN: _____ CIUDAD: _____ PROVINCIA: _____ C.P.: _____
TELÉFONO: _____ FAX: _____ E-MAIL: _____

Forma de pago

☐ Adjunto cheque a nombre de ENTORNO GRÁFICO, S.L. ☐ Transferencia a: Caixa 2100/4447/94/0200039665

☐ Domiciliación bancaria. Titular C/C: _____ Código Cuenta Corriente: _____
Entidad Oficina D.C. Número de cuenta

Pedido de publicaciones

	Nº de ejemplares	Importe
☐ Manual de túneles y obras subterráneas (volúmenes I y II)	_____	_____
☐ Manual de voladuras en túneles	_____	_____
☐ Manual de ventilación de minas y obras subterráneas	_____	_____
Total	_____	_____

Firma: _____

Irimac presenta su gama de equipos de lavado de ruedas de camión

Desde hace unos años, se ha venido observando una mayor sensibilización ambiental por parte de todos los agentes involucrados en obras de movimiento de tierras. Tanto la propia administración como las empresas privadas responsables de la ejecución de los trabajos, han valorado muy positivamente las ventajas que les han aportado los equipos de lavado de ruedas suministrados por Irimac. Estos equipos han pasado de ser percibidos únicamente como una obligación impuesta por la administración, a convertirse en una solución rentable económicamente por la empresa adjudicataria de las obras.

Cada vez es más frecuente ver los equipos de lavado de ruedas de camión en instalaciones de distinta naturaleza. Algunos ejemplos de usuarios de lavarruedas son los siguientes: túneles, tanto de carreteras como ferroviarios; canteras; vertederos; plantas de reciclaje; puertos; centrales térmicas; cementeras; y en general, cualquier obra o industria con un elevado tráfico de camiones.

Atrás quedan imágenes tan vistas como: operarios lavando manualmente con una manguera los camiones al salir a la vía pública, o ineficaces balsas de lavado de ruedas por inmersión. Ambos sistemas de lavado de ruedas han quedado prácticamente en desuso, debido en el primero de los casos al elevado coste de personal así como al retraso en la salida de los camiones, mientras que la ineficacia en el lavado ha hecho desaparecer el segundo de los sistemas.

Hoy en día, se ha demostrado que los sistemas automáticos de lavado de ruedas es la solución mas ventajosa para la limpieza de chasis y ruedas de camión.

Un diseño para cada necesidad

Irimac distribuye en España y Portugal la gama de productos de la firma *Whellwash, L.T.D.*, empresa con más de 25 años de experiencia en el diseño y fabricación en exclusiva de equipos de lavado de ruedas. Así dispone de equipos para pequeño tráfico de camiones, como equipos diseñados para las más exigentes condiciones de suciedad y tráfico elevado.

Drive Through, Spinner, Rhino Compact, Rhino Multi o Powerwash son los nombres comerciales de los equipos suministrados por Irimac, si bien, al



Marcos A. FERNÁNDEZ DÍAZ,
Ing. de Minas. Gerente de **IRIMAC, S.L.**

ser fabricantes, es posible desarrollar soluciones a medida para cada caso particular.

Funcionamiento de un equipo de lavado de ruedas

El equipo está compuesto por dos elementos bien diferenciados (**Fig. 1**):

- Plataforma de lavado
- Tanques de decantación

Plataforma de lavado. Se trata de un elemento de paso a través del cual circulan los camiones a velocidad lenta y en el cual se lanza agua a presión sobre las ruedas y el chasis, provocando la limpieza de estos. El diseño especial de las rejillas de paso favorece la disgregación del material arcilloso pegado a las ruedas. Dispone de un sistema de autolavado y pantallas laterales para la máxima retención de agua, ya que el sistema trabaja en circuito cerrado.

La suciedad eliminada del camión se recoge en un tanque situado en la plataforma, en forma de lodos, los cuales se bombean a los

tanques de decantación, para su decantación y eliminación.

El principal condicionante para el diseño de la plataforma de lavado es la tipología y suciedad de los materiales adheridos a las ruedas. Así se dispone de plataformas de lavado de 4, 6, 8, y 12 m de longitud como estándar, si bien, bajo demanda, se fabrican en distintas longitudes.

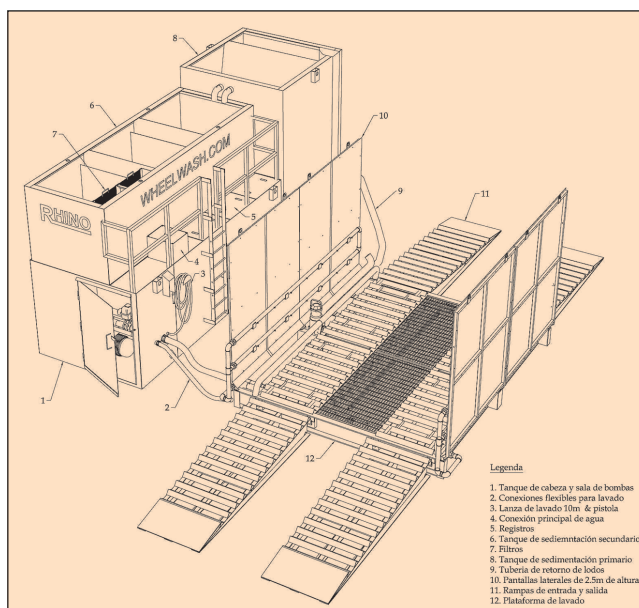
También se ha de tener en cuenta el tipo de camión que va a utilizar el equipo, bien sean volquetes, articulados o tipo lagarto, las características de esta plataforma varían para adaptarse a las condiciones específicas de uso.

A diferencia de otros equipos en los que las boquillas están integradas en el chasis del equipo, con los inconvenientes que esto ocasiona, sobre todo de cara al mantenimiento; el equipo que se propone dispone de una red de agua independiente totalmente exterior (y accesible).

La plataforma de lavado dispone de 10 barras con boquillas atomizadoras, 4 en los laterales de la plataforma (2 en cada lateral) para limpieza exterior de los neumáticos; 2 bajo cada línea de rodadura para limpieza de la huella de los neumáticos, y 2 más en el centro para limpieza de los bajos (**Figs. 2, 3 y 4**)

Por otra parte existen distintas boquillas convenientemente distribuidas en la plataforma para autolimpieza de la misma.

Tanques de decantación. Su diseño es fundamental para el correcto funcionamiento del lavarruedas, ya que sin una clarificación adecuada de los lodos, el equipo disminuirá



[Figura 1] .- Esquema de un equipo tipo de lavado de ruedas de camión.

[Figura 2] .- Boquillas inferiores para lavado de bajos de camión



[Figs. 3 y 4] .- Boquillas laterales para lavado de ruedas, y boquillas para autolimpieza de la plataforma.

considerablemente su rendimiento en el lavado de los camiones.

Irimac presta especial atención al diseño y dimensionamiento de estos tanques. Dispuestos en cascada, generalmente el proceso de decantación consta de tres tanques: primario, secundario, y tanque de cabeza ó de agua limpia. En ellos se van eliminando los barros gradualmente, alimentando el último de ellos al grupo de bombeo:

- **Tanque primario:** Recibe los lodos de la plataforma de lavado a través de una bomba de lodos. En este tanque se realiza una primera sedimentación de las partículas más gruesas.
- **Tanque secundario:** Subdividido a su vez en tres tanques en los que están dispuestas unas lamelas para favorecer la decantación de las partículas de menor tamaño.
- **Tanque de cabeza:** A través de una unidad de filtración el agua pasa por rebose al tanque de cabeza (agua limpia) para alimentar a la bomba centrífuga de lavado, la cual está dispuesta en una sala de bombas anexa al tanque de cabeza.

Asimismo, el equipo está dotado de una *válvula automática* para llenado de los tanques, de modo que cuando el agua alcanza el nivel mínimo en el tanque de cabeza, permite la entrada de agua de red.

Sala de Bombas. El equipo dispone de una sala de bombas calefactada, a fin de evitar condensaciones en el interior de la misma, así como en el cuadro eléctrico de control. El sistema calefactor está controlado por un termostato interior a la sala de bombas.

Asimismo, dispone de iluminación interior y amplitud de espacio para facilitar las labores de mantenimiento. Todos los elementos de control, así como las bombas quedan perfectamente protegidos dentro de la sala de bombas (Fig. 5).

Extracción de Lodos. Todos los tanques disponen de válvulas del vaciado manual para la extracción de lodos. Estos lodos se descargarán directamente a un contenedor facilitado por el cliente.

Ciclo de lavado. Cuando el camión accede a la plataforma de lavado, un sensor inductivo detecta la presencia de este y activa la bomba de lavado principal. Una vez finalizado el ciclo de lavado del camión, se inicia un segundo ci-



[Fig. 5] .- Detalle sala de bombas.

clo de lavado, pero ahora se trata de un ciclo de autolimpieza de la plataforma de lavado.

Tanto los lodos recogidos del camión, como los propios de la autolimpieza son enviados mediante una bomba sumergible a los tanques de decantación, en los cuales se produce la clarificación del agua, dejándola en unos valores óptimos para iniciar un nuevo ciclo de lavado.

Aditivos químicos. No se recomienda el uso de bombas dosificadoras, ya que al estar trabajando en un circuito cerrado, estaríamos saturando de floculante el agua de los tanques.

Modelos disponibles

Drive Through; Un sistema de bajo mantenimiento

Simplicidad en sí mismo. El modelo **Drive Through Bath** no requiere de instalación eléctrica y proporciona excelentes niveles de efectividad. Este sistema robusto y de bajo mantenimiento, patentado (Nº Patente 2239848) ha sido parte integral de los sistema de *Wheelwash* desde hace cerca de 20 años (Figs. 6 y 7).

Sus características son:

- 10m, 13m o 20m de longitud de la plataforma de lavado para diferentes condiciones.
- Construcción robusta en acero y sin partes móviles lo que confiere a este producto la máxima fiabilidad.
- Las rejillas de acero anguladas en las rampas y en la sección interna han sido puestas a prueba en el mercado probando su efectividad en la limpieza de la suciedad de las ruedas.
- 2 pares de rampas inclinadas de 5m como estándar, plataforma de lavado enterrada como opción.
- Tramos de Rejilla desmontables para una fácil limpieza
- Puede funcionar por medio de conexión a agua de red, por medio de cisternas, o opcionalmente mediante un tanque de 7.000 l.



[Fig. 6].- Lavarruedas Modelo Drive Through.



[Fig. 7] .- Drive Through para aplicaciones especiales.

• Pantallas laterales de protección que aseguran retención de agua máxima.

• Pueden añadirse secciones horizontales de rampa o secciones móviles para ser usados por vehículos articulados.

• Sistema de bloqueo en las rampas para una rápida instalación y desmontaje.

Spinner: Para emplazamientos con arcillas difíciles

Perfecto para sitios en donde los vehículos rígidos tengan poco espacio, ya que el modelo *Spinner* no requiere de energía y es el diseño más efectivo en el mercado para eliminar las arcillas complicadas (Figs. 8 y 9).

Sus características son:

- Funciona mediante el movimiento de las propias ruedas del camión, La fuerza centrífuga elimina las partículas.
- Funciona con arcillas de difícil limpieza incluso entre las ruedas de tracción traseras.
- La bomba mecánica del sistema en húmedo no requiere de energía.
- La barra de 3" situada entre los 4 rodillos produce una precisa distribución del peso, evitando el balanceo y produciendo un funcionamiento suave en el rodamiento.



[Figs. 8 y 9].- Lavarruedas modelo Spinner y aplicación.



[Figs. 10 y 11].- **Rhino Compact. Montaje sobre superficie (arriba); tanque enterrado (abajo).**

- Marco opcional disponible para el montaje de la unidad enterrada.
- Puede ser usado para mejorar el funcionamiento de un sistema de lavado existente.
- Freno y cojinetes de alta calidad y de marca reconocida.
- Marco construido en acero de alta calidad para dar rigidez al conjunto.
- Alta efectividad de diseño de aspersión en los sistemas húmedos.
- Sistema de frenos hidráulicos.

Rhino Compact: Sistema de lavado de ruedas para tráfico ligero

Algunas veces menos es más. Este sistema (Figs. 10 y 11) de bajo coste está diseñado para sitios con tráfico ligero, pero manteniendo las características de robustez y versatilidad del **Rhino Multi**. Sus características son:

- Plataforma de lavado de 4 m con una alto rendimiento en las configuraciones de aspersión, Posibilidad de plataformas de lavado de mayor longitud según las necesidades del cliente.
- Bomba de 9.4 kW como estándar o de 21 kW como opción.
- Solo es necesario un generador de 30kva en las opciones estándar.
- 15,000 l de volumen de recirculación como estándar; es posible aumentar este volumen o simplemente utilizar los tanques del modelo **Rhino Multi** de 35,000 l si fuera necesario.
- Pantallas laterales de 2,5m –las de mayor altura en un sistema estándar en todo el mundo–, maximizando de esta manera la retención de agua. También existe como opción el galvanizado de las mismas.
- Las unidades móviles pueden ser reubicadas en su nuevo emplazamiento en un solo día.
- Fácil limpieza del tanque de decantación.
- La plataforma de lavado puede ser montada enterrada o en superficie sin necesidad de realizar ningún tipo de excavación.



[Figuras 12 y 13].- **Detalle Rueda antes de lavado (arriba); y tras el paso por el lavavueles (abajo).**

- Puede ser utilizado en combinación con sus propias balsas de decantación
- El modelo **Rhino Compact** es totalmente ajustable y programable con el fin de ajustarse a los sitios más cambiantes.
- Todos los elementos de aspersión son totalmente desmontables como estándar, somos la única compañía en el mercado que dispone de esta característica esencial.
- Tanques cubiertos por seguridad y con pasamanos opcional
- Plataforma de 380 mm de altura que proporciona una suave entrada adecuada a la mayoría de los tipos de vehículo.

Rhino Multi: Record de ventas

Este versátil equipo (Figs. 12 y 13), líder del mercado, puede ser modificado a sus necesidades. Reconocido como un completo todo terreno, el modelo **Rhino Multi** ha probado estar a la altura en efectividad para la mayoría de las condiciones. Sus características son:

- Plataforma de lavado en 4 m o 6 m.
- Bomba de lavado en 22 kW o 30 kW. Combinada con una multitud de configuraciones de boquillas la bomba de 30 kW posee una presión superior a cualquier otra unidad estándar presente en el mercado, dando una presión de hasta 6,5 bar
- 35,000 litros de capacidad en su modelo estándar, disponiendo de mejoras adicionales con el fin de mejorar su funcionamiento y su fácil vaciado. Sistema de 3 tanques de decantación disponible.
- La plataforma de lavado puede ser montada enterrada o en superficie sin necesidad de realizar ningún tipo de excavación.
- Las unidades móviles pueden ser reubicadas en su nuevo emplazamiento en un solo día.
- Pantallas laterales de 2.5m – las de mayor altura en un sistema estándar en todo el mundo, maximizando de esta manera la retención



[Figuras 14 y 15].- **Detalles del modelo de lavavueles Powerwash.**

de agua. También existe como opción el galvanizado de las mismas.

- Puede ser utilizado en combinación con sus propias balsas de decantación
- El modelo **Rhino Multi** es totalmente ajustable y programable con el fin de ajustarse a los sitios más cambiantes.
- Todos los elementos de aspersión son totalmente desmontables como estándar, somos la única compañía en el mercado que dispone de esta característica esencial.
- Escalera Integrada para una total accesibilidad a los tanques.
- 10 m de manguera de lavado alimentada por medio de la bomba principal
- Plataforma de 380 mm de altura que proporciona una suave entrada adecuada a la mayoría de los tipos de vehículo.

Powerwash: el equipo de lavado de ruedas de mayores prestaciones del mercado

El modelo **Powerwash** (Figs. 14 y 15) ha sido construido bajo las especificaciones de nuestros clientes para dar solución al lavado de ruedas de camión en las condiciones más desfavorables.

Los 12 m de plataforma de lavado permiten 4 rotaciones completas de los neumáticos a través de zona de limpieza, lo que lo convierte en el equipo estándar más eficaz del mercado. Está formado por la plataforma de lavado y los tanques de decantación, puede tratar hasta 1.000 vehículos por día.

Sus características son:

- Plataforma de lavado estándar de 9 m ó 12 m. Posibilidad de construir en otras dimensiones.
- Bomba de lavado estándar de 22 kW ó 30 kW, si bien se puede instalar como opción una bomba de hasta 50 kW.
- Más de 200 boquillas de pulverización.
- 3 tanques de sedimentación de lodos con un total de 52.000 litros de agua en recircula-

ción, lo que permite una clarificación adecuada de los lodos. También pueden utilizarse balsas de lodos existentes.

- Posibilidad de montaje de la plataforma de lavado sobre superficie (sin obra civil) o embebida en el terreno.
- Pantallas laterales de 2,5 m de altura para garantizar la máxima recuperación del agua empleada en la limpieza.
- Plataforma de lavado diseñada para el paso de dumperes articulados de más de 30 t.
- Programable para ajustarse a condiciones de trabajo variables.
- Bomba de lodos para favorecer el reciclaje de los mismos.
- Pistola de lavado a presión con 20 m de manguera.
- Rampas de acceso para montaje sobre superficie, favoreciendo el paso de cualquier tipo de camión.
- Sala de bombas calefactada.
- Opcionalmente puede galvanizarse toda la plataforma de lavado.

Mercado de Alquiler

Debido al elevado número de consultas recibidas para el suministro de unidades en alquiler, *Irimac*, en colaboración con *Wheelwash* ha desarrollado un equipo diseñado específicamente para el mercado de alquiler. Tras varios meses de desarrollo, y basándose en un equipo existente de probada fiabilidad, se ha sacado al mercado un nuevo equipo bajo el nombre comercial de **Rhino Compact**. Se trata de una evolución del modelo *Rhino*, adaptado a las nuevas condiciones de trabajo. Así se han tenido en cuenta en su diseño, factores tan importantes como facilidad de montaje, movilidad, fiabilidad y bajo mantenimiento. Y todo ello se ha conseguido a un precio muy competitivo, lo cual hace que cualquier empresa pueda permitirse un equipo de lavado de ruedas, incluso para obras de corta duración.

Nuestro equipo de mantenimiento garantiza un servicio 24h y un periodo de intervención en un plazo máximo de 24 horas en cualquier punto del territorio nacional.

¿Por qué alquilar un equipo de lavado de ruedas?

La mayoría de los proyectos de ejecución de obra civil, como túneles, carreteras, vertederos, etc., incluyen en sus especificaciones técnicas de licitación la obligatoriedad de instalar un equipo de lavado de ruedas. El alquiler de un equipo lavarruedas puede ser, en muchos casos, la solución óptima al problema medioambiental y de tráfico que pueden ocasionar un mal estado de las carreteras provocado por la salida de los camiones de la obra. Evite un deterioro innecesario de la imagen de su empresa, así como importantes sanciones económicas.

Irimac puede suministrarle en alquiler, en el caso más desfavorable, un equipo lavarruedas en un plazo máximo de dos semanas.

Algunas de las principales ventajas del alquiler de equipos lavarruedas son las siguientes:

- Se evitan costes de almacenamiento una vez finalizado su uso.
- Evita grandes inversiones y, por consiguiente, un aumento de su capital inmovilizado.
- Le permite conocer el coste antes de iniciar la obra.
- Ventajas fiscales, deducción del importe del alquiler en el impuesto de sociedades.
- Dispondrá de la Maquinaria más moderna y adecuada para cada tipo de trabajo.
- Garantías de seguridad en el trabajo al disponer de maquinaria que cumple con todas las normativas vigentes.
- Ahorra preocupaciones provocadas por el mantenimiento y reparación de averías, pues éstas serán atendidas por nuestro equipo de mecánicos altamente cualificados.

Todo ello con tarifas flexibles adaptadas a las necesidades del cliente, y cumpliendo con la normativa de seguridad industrial. ●



IRIMAC, S.L.

Cimadevilla, 1 • 33820 Grado (Asturias)

Tel: 984 107 007 • Fax: 984 109 007.

E-mail: irimac@irimac.es • Web: www.irimac.es

IRIMAC

Alquiler y venta de equipos de lavado de ruedas de camión



**C/ Cimadevilla, 1
33820 Grado - Asturias
Tfno.: 984 107 007
E-mail: irimac@irimac.es**

www.lavarruedas.com

Organizada por ADIF y Geocontrol

Jornada sobre Caracterización del Terreno

Al acto asistieron más de 100 personas, fundamentalmente técnicos de ADIF y otras administraciones y su apertura corrió a cargo de **M^a Luisa Domínguez González**, Directora de Estudios y proyectos de ADIF, que resaltó los importantes esfuerzos que ha realizado este organismo en los últimos años para mejorar el nivel de los estudios geotécnicos y presentó a los ponentes.

- ❖ **Luis Serrano Martín**, Jefe del Gabinete de Geología y Geotecnia de ADIF.
- ❖ **Profesor Richard Bieniawski von Preial**, Presidente de Bieniawski Design Enterprises, USA.
- ❖ **Benjamín Celada Tamames**, Director de Geocontrol.
- ❖ **Pedro Varona Eraso**, Director de Itasca Consultores.

La jornada se cerró con un coloquio, moderado por **Juan Carlos Monge Martín**, Director de Estudios de ADIF.

Resumen de las ponencias

• DESAFÍOS QUE PRESENTA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TERRENOS

Luis Serrano Martín inició su presentación refiriéndose a la puesta en marcha del **Gabinete de Geología y Geotecnia**, en el año 2006; que fue creado para contribuir a elevar el nivel de los estudios geotécnicos y remediar algunos problemas importantes que se habían presentado, en relación con la caracterización del terreno, durante la construcción de las líneas de alta velocidad.

Los objetivos del **Gabinete de Geología y Geotecnia** se concretaron en potenciar los es-

El pasado 29 de junio de 2011 la **Dirección de Estudios y Proyectos de ADIF**, con la colaboración de **Geocontrol**, organizó una jornada sobre la **Caracterización Geotécnica del Terreno**, que tuvo lugar en el **Aula Magna del Centro de Formación de ADIF**, en el **Paseo de las Delicias de Madrid**.



**Dpto. Técnico de
GEOCONTROL, S.A.**



Luis Serrano (Gabinete Geología y Geotecnia) durante su exposición.

tudios geológico-geotécnicos en la fase de proyecto, apoyar las actuaciones de los Directores de Obras durante la fase de construcción y reforzar el seguimiento geotécnico de los túneles, especialmente los urbanos.

Tras presentar las actuaciones del **Gabine-**

te, desde su creación, se centró en los retos que suponen el cumplimiento de la Orden del Ministerio de Fomento FOM/3317/2010 en lo referente a los proyectos de líneas ferroviarias.

También dedicó una mención especial a las actividades relacionadas con los Estudios Geológico-Geotécnicos y los Estudios Hidro-Geológicos.

Finalizó su detallada y precisa exposición, comentando algunos aspectos relevantes de la caracterización del terreno; tanto en la fase de proyecto como de construcción de las obras.

Finalmente concluyó que, para una correcta evaluación del comportamiento de las discontinuidades en un túnel, es importante considerar condiciones de rigidez normal constante. Por último, indicó que los principales avances en relación con los modelos constitutivos y de cálculo son: métodos geoestadísticos para generar modelos 3D de fracturación; macizo rocoso sintético (SRM); **ELFEM**, combinación de FEM (método de elementos finitos) y DEM (elementos distintivos); y el método **X-FEM** de modelos de elementos finitos extendidos.

Estos métodos, puntualizó, permitirán la evaluación de los efectos de las fracturas en la roca matriz y de la deformación de las discontinuidades.

• ERRORES EN LA APLICACIÓN DE LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS Y SU CORRECCIÓN

El **Profesor Bieniawski** inició su presentación enfatizando la idea de que las cosas que más problemas ocasionan son aquellas que creemos conocer bien y que, en realidad, desconocemos.



Los ponentes de la jornada, junto a los directores de Estudios y Proyectos de ADIF (centro): Juan C. Monge y M^a Luisa Domínguez.



Vista de los asistentes a la jornada sobre caracterización de Terrenos en el Aula Magna del Centro de Formación en Madrid.



El Prof. Bieniawski resaltó la utilización correcta de las clasificaciones geomecánicas.



Benjamín Celada expuso el método para caracterizar rocas sensibles al agua.



Pero Varona resaltó la ventaja de una correcta caracterización del terreno.

Indicó que muchos de los problemas que han ocurrido durante la construcción de túneles se han producido por haber seguido de forma rutinaria las prácticas habituales sin valorar correctamente la calidad de los macizos rocosos y estimando erróneamente su *resistencia* y *deformabilidad*; que es la esencia de la Mecánica de Rocas.

El núcleo de su presentación se centró en comentar los cinco errores más importantes en la utilización de las clasificaciones geomecánicas, insistiendo en que se debe ser muy cuidadoso en la cuantificación de los parámetros que se emplean para la aplicación de las clasificaciones geomecánicas y en que la caracterización del terreno debe hacerse utilizando dos clasificaciones diferentes, para poder contrastar los resultados.

Aplicó la misma idea a la utilización de los criterios de rotura; poniendo especial énfasis en resaltar el peligro que puede suponer la utilización a la ligera de programas comerciales para calcular el criterio de resistencia del terreno, sin tener en cuenta sus limitaciones.

Finalmente, matizó que el objetivo de su presentación había sido el de estimular el diálogo sobre los aspectos básicos de la caracterización del terreno, resaltar las herramientas de que disponen los Ingenieros y Geólogos; recomendando revisar cuidadosamente las hipótesis asumidas y la metodología aplicada en cada caso.

• CARACTERIZACIÓN DE LAS ROCAS SENSIBLES AL AGUA

Benjamín Celada inició su presentación relatando diversas experiencias sobre construcción de túneles en terrenos sensibles al agua, remarcando que en muchos casos los problemas surgidos se resolvieron muy positivamente; aunque en otros como ha sido el *Túnel de Archidona* su construcción ha sido extremadamente difícil.

En todos los casos se trata de la construc-

ción de túneles en terrenos de resistencia media/baja, con valores de $\sigma_{ca} \approx 40$ MPa, que al aumentar su contenido en humedad pueden llegar a perder más del 90% de su resistencia.

Basándose en datos de la creta excavada en el *Túnel del Canal de la Mancha*, de las margas del Mioceno de Burgos del *Túnel de San Formero* y de los conglomerados excavados en el *Túnel de Sorbas*, se propone la siguiente ley para estimar la evolución de la resistencia a compresión simple con la humedad:

$$\sigma_{ciw} = \sigma_{ciseca} \cdot 10^{\frac{-\omega}{8}}$$

donde:

σ_{ciw} = resistencia a compresión simple con un % de humedad ω .

σ_{ciseca} = resistencia a compresión simple con un % de humedad $\omega = 0$.

ω = % de humedad que contiene la muestra.

En la parte central de su exposición Benjamín Celada presentó una nueva metodología para caracterizar los terrenos sensibles al agua, en los que deben construirse obras subterráneas, que consta de las siguientes etapas:

I.- Obtención de muestras del terreno, tarea que debe realizarse utilizando baterías sacatestigos de triple camisa.

II.- Determinación de la humedad natural del terreno, que debe hacerse con fragmentos del núcleo central de los testigos obtenidos.

III.- Estimación de la resistencia real del terreno según su contenido en humedad, que debe realizarse aplicando la correlación propuesta de σ_{ciw} con σ_{ciseca} y H .

Celada finalizó su presentación con una aplicación de la metodología propuesta al tramo próximo al emboquille Este del *Túnel de Archidona*.

• TENDENCIAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS

Pedro Varona comenzó su presentación recordando que cuanto mejor sea la caracterización del macizo rocoso menos problemática será la construcción de una obra subterránea y su coste será menor.

Resaltó que la *caracterización del terreno* no se puede limitar a determinar el valor medio de los parámetros que representan el comportamiento tenso-deformacional del terreno; si no que es preciso tener en cuenta su distribución estadística, lo cual supone realizar algún tipo de análisis probabilístico.

Destacó que los aspectos que deben ser estudiados para caracterizar un terreno son:

- La resistencia a compresión simple.
- Las discontinuidades existentes en el terreno.
- La deformabilidad del terreno.
- El estado tensional natural.

Dentro de los distintos sistemas que existen para clasificar los terrenos, Varona resaltó las ventajas del *Gedofical Strength Index (GSI)*, por el tratamiento que hace este sistema de las discontinuidades; sobre todo si se aplican los criterios de *Mc Cai*, para hacer más objetiva la determinación del GSI.

El texto completo de estas cuatro ponencias será publicado próximamente en *Ingeopres*.





Ejecución mediante cemento demoledor Cras® de Kayati

Demolición de bloques de rocas en un entorno urbano del Bages

Los habitantes de una masía en la localidad catalana de Mura, en la comarca del Bages, han visto cómo se han podido demoler dos bancadas sin que los ruidos, vibraciones, proyección de objetos, y trámites administrativos unidos a otros tipos de demolición —explosivos, martillos neumáticos— hayan turbado más de lo imprescindible la paz de un marco más propicio para el relax que para la turbación.

El proyecto de demolición en el que ha colaborado Kayati a través del **Cras** ha consistido en la demolición de dos rocas de dimensiones diferentes, próximas a la edificación. La obra se ha realizado en invierno, con temperaturas en el lugar de la obra que han oscilado entre los 12° de máxima y los 2° de mínima.

La temperatura es una variante fundamental a la hora de elegir qué tipo de cemento demoledor se ha de usar en un proyecto para garantizar el mejor resultado posible. Kayati ofrece una variedad de cemento demoledor, el **Cras Universal** (verde), válido para todas las estaciones del año siempre y cuando el diámetro de barreno sea inferior a 50mm.

Este producto supone gran ventaja respec-

El uso de agentes demoledores en entornos habitados es uno de los campos de acción típicos del Cras®, el cemento demoledor fabricado por la firma alavesa KAYATI S.L. Es una elección de acierto seguro cuando se trata de demoler sin molestar, algo de lo que han podido beneficiarse los habitantes de una masía en la localidad catalana de Mura.



to a los competidores, ya que éstos utilizan productos diferentes para cada estación —es decir, hasta cuatro tipos diferentes—, lo que supone, entre otras ventajas, un 75 % de ahorro en material inmovilizado.

En la presente obra se realizaron dos tipos de perforación: en la piedra más grande se practicaron perforaciones de diámetro 30

mm, con desplazamientos entre cada perforación de 30 cm. Se dio una profundidad de sólo 60 cm pese a que la piedra tenía aproximadamente 1,20 m de grosor.

Pese a perforarse solo la mitad de la roca, y como se puede apreciar en las imágenes, la rotura llegó casi hasta el 1,20 m a las 48 horas de la aplicación del **Cras**. Los dueños de la masía, algo escépticos sobre las propiedades del **Cras**, terminaron convencidos de la bondad del producto. *Al final vas a tener razón y estos polvos funcionan*, comentaban al responsable de Kayati en la obra, entre sorprendidos y aliviados al comprobar cómo el **Cras** había realizado la labor que se le había encomendado.



KAYATI, S.L.

Magdalena, 14 - 5º B•

01008 Vitoria (Alava)

☎: 945 135 626 • Fax: 945 130 592

E-mail: kayati@kayati.com

Web: www.kayati.com





Esté presente en el sector todo el año

De periodicidad mensual, **INGEOPRES** es una revista técnica sobre actualidad y tecnología de ingeniería civil, hidráulica, urbana, geológico-minera y medio ambiental, distribuida entre más de 30.000 empresas de construcción, minería y sectores relacionados.

Anúnciese en el *Directorio de Ingeopres* por < 50 €/mes

DIRECTORIO (revista)

• Módulo simple color / Precio Tarifa (85 x 50 mm) / Precio PROMOCIÓN / 1 año	895 € / año 550 € / año
• Módulo doble color / Precio Tarifa (85 x 105 mm) / Precio PROMOCIÓN / 1 año	1.255 € / año 780 € / año



Entorno Grafico, S.L.

P. I. Las Nieves. C/ Plasencia, 1-17 - nave 29
E-28935 MÓSTOLES (Madrid)
Tel.: 91 616 95 20* • Fax: 91 616 97 88
E-mail: ingeopres@entornografico.com

www.ingeopres.com

Directorio *Ingeopres*

Terex Finlay

Lanzamiento de un nuevo grupo móvil de cribado 863, de tipo compacto

La nueva **Terex Finlay® 863** es una criba pesada muy versátil y adaptable diseñada y construida para trabajar en canteras, minería, construcción y demolición, tratamiento de suelos, reciclado, arena, grava, carbón, y las aplicaciones donde el espacio total del área es un bien escaso.

La caja de cribado de tipo inclinado y configuración modular tiene una superficie de cribado de 2755mm x 1200mm (3,30 m²) en la bandeja superior e iguales dimensiones en la bandeja inferior. Dependiendo de la aplicación de trabajo de la máquina, el ángulo de caja de la criba puede ajustarse hidráulicamente entre 14° - 18°. La bandeja superior de cribado se puede equipar con una variedad de medios de detección, incluyendo: las púas, barras Bofor, chapas perforadas y malla. La bandeja inferior se puede equipar con mallas tipo dedo o en cascada.

La unidad equipa de serie una cinta de alimentación de alto rendimiento de 1000 mm de anchura, y accionamiento hidráulico mediante engranajes, y se ha probado su rendimiento y versatilidad en el exigente y variado entorno de trabajo. La tolva tiene una capacidad de serie de 5 m³.

La máquina está equipada con tres cintas de descarga, de plegado

hidráulico, que permite una capacidad de almacenamiento máxima y beneficios asociados a la rápida puesta en funcionamiento del grupo de cribado.

Para el accionamiento el grupo utiliza un motor *Deutz 2011* refrigerado por aire, de 49 kW (66Hp) de potencia. Las orugas de tipo pesado, y la opcional unidad de control remoto por radio, hace que la movilidad en el sitio sea muy fácil.

Una característica clave adicional de la máquina es el levantamiento hidráulico del extremo de descarga de la caja de cribado para proporcionar un espacio adicional para el mantenimiento de la criba y cinta transportadora.

El grupo móvil tiene una capacidad de cribado de hasta 250 t/h y puede ser alimentado, bien por una trituradora móvil o una excavadora.

Este grupo totalmente autónomo, puede ser plegado hidráulicamente y listo para ser transportado en menos de 30 minutos por lo que es la máquina ideal para los contratos de cribado de material.

TEREX E&M ESPAÑA, S.L.U
Marie Curie, 19 - Ed. Autocampo
28521 Rivas-Vaciamadrid (Madrid)
☎: 902 330 600 • Fax: 917 136 101
E-m: terex@terexspain.com
Web: www.terexspain.com



Terex Finlay ha lanzado recientemente una nueva criba móvil sobre orugas de tipo pesado y compacto para procesado de hasta 250 t/h.

Michelin

X Works® el nuevo neumático para camión a todo riesgo

El dispositivo de garantía puesto en marcha por Michelin gira en torno al completamente nuevo neumático X[®] Works[™]. Este neumático mixto, destinado a un uso urbano y de carretera, para un servicio en obras y en canteras, alia robustez y resistencia. Michelin añade una garantía contra daños accidentales para dotar de mayor fuerza a su oferta. Esta garantía será efectiva en España y Portugal hasta finales de 2011.

Cuando los neumáticos se utilizan alternativamente en carretera y fuera de ellas, el riesgo de daños accidentales aumenta considerablemente. Prestando servicio en obras, canteras y carreteras, los neumáticos soportan las condiciones de uso más exigentes. El terreno multiplica las agresiones: rodadas, piedras, ferrallas, o escombros.

La nueva gama de neumáti-



cos **MichelinX[®] Works[™] 13 R 22.5** está diseñada precisamente para limitar el riesgo de inmovilización del vehículo. Carcasa, goma, flancos, escultura, etc. Todo está pensado para reforzar la solidez.

MICHELIN ESPAÑA Y PORTUGAL, S.A.
Avda de los Encuarteres, 19
28760 Tres Cantos (Madrid)
☎: 914 105 000 • Fax: 914 105 288
Web: www.michelin.es

Doosan

Nuevos modelos conformes con Stage IIIB sobre emisiones de motores

En septiembre de 2011, Doosan ICE presentará los primeros dúmperes articulados de la nueva generación, evento que marcará el comienzo de una serie de presentaciones de productos, incluida la nueva generación de excavadoras y cargadoras de ruedas, que cumplen los requisitos de la normativa Stage IIIB sobre emisiones de motores de la UE.

Doosan ha procurado durante la fase de desarrollo de los dúmperes articulados, excavadoras y cargadoras de ruedas, combinar la tecnología de los motores Stage IIIB con funciones y mejoras avanzadas que garanticen un aumento del rendimiento y una mayor rentabilidad. Fruto de esto, todas las máquinas nuevas ofrecen:

- Aumento de productividad.
- Fiabilidad excepcional.



- Mayor eficiencia de combustible.
- Comodidad y seguridad superiores para el operador.
- Mayor durabilidad y vida útil.
- Mayor facilidad de mantenimiento.

CENTROCAR
Avda Lyon, 1 y 3- P.I. Ródano
19200 Azuqueca Henares (Guadalajara)
☎: 949 277 063 • Fax: 949 266 278
Web: www.centrocar.es

Caterpillar

Nuevas motoniveladoras de la Serie M2 con motores más potentes y limpios

Los nuevos modelos de motoniveladora de Caterpillar, el **140M2** y **160M2**, junto con sus homólogos de tracción en todas las ruedas (**AWD**), el **140M2 AWD** y **160M2 AWD**, están equipados con motores de combustión limpia de bajo consumo que cumplen con las normativas de emisiones Fase IIIB de la UE. Los nuevos modelos también proporcionan mayor valor para el cliente al reducirse los costes de operación y mejorar la productividad, la comodidad del operador y el mantenimiento. Los modelos de la **serie M 2** siguen mejorando la calidad establecido por la **serie M** original y están diseñados para una amplia gama de tareas: trabajo de hoja pesada, mantenimiento de carreteras, ripado, y acabado de precisión.

Todos los modelos de la **serie M 2** utilizan el motor **Cat® C9.3 ACERT™** con potencia variable (**VHP**) y disponen de un rango de potencia variable neta más amplio que sus predecesores de la serie **M**. Los modelos **140M2** y **160M2** disponen de rangos de potencias que oscilan entre 144 kW y 181 kW y entre 159 kW y 196 kW, respectivamente. Las potencias netas calculadas para el **140M2 AWD** y el **160M2 AWD** son de 151 kW a 181 kW y de 166 kW a 196 kW, respectivamente.

Como parte esencial de diseño

de la **serie M 2** se encuentra el sistema de control **Cat**, que utiliza dos palancas tipo *joysticks* electrónicas para proporcionar un control completo y preciso de la máquina. El sistema de control reduce alrededor de un 80% los movimientos de manos y muñecas en comparación con los controles de motoniveladoras convencionales. Como resultado, se mejora la comodidad y la eficacia del operador. El diseño intuitivo ayuda tanto a los operadores con experiencia como a los novatos a que sean más productivos.

Las nuevas motoniveladoras también disponen de ajuste vertical electrónico de los módulos de control de la palanca tipo *joystick*. La espaciosa cabina de la nueva serie, con aire acondicionado estándar, utiliza puertas en ángulo y una luneta trasera inclinada patentada para proporcionar una visibilidad excelente al talón y al pie de la hoja vertedera y al ripper.

A mediados de 2011, los modelos de la **serie M 2** ofrecerán el nuevo sistema de control de nivelación de pendiente transversal **Cat**.



BARLOWORLD FINANZAUTO

Avda. de Madrid, 43
28500 Arganda del Rey (Madrid)

Tel: 901 13 00 13

Web: www.barloworld.finanzauto.es



Las motoniveladoras **Cat®** de la **serie M 2** proporcionan valor con más potencia de motores más limpios, mayor comodidad del operador y beneficios de productividad.

Bobcat

miniexcavadora de 2,6 t con giro de voladizo cero



La fiabilidad de la nueva miniexcavadora **Bobcat E26** reduce los costes operativos a lo largo de su vida útil.

Bobcat ha lanzado la nueva miniexcavadora **E26** de 2,6 toneladas con giro de voladizo cero para atender al segmento del mercado de 2-3 toneladas. Ofrece todas las ventajas de la nueva **serie E** de excavadoras de **Bobcat** presentada a lo largo de los últimos 18 meses: alta fiabilidad, comodidad excepcional para el operador, funcionamiento suave del grupo de trabajo y un rendimiento hidráulico superior. Además, la **E26** ofrece mayor estabilidad, un peso operativo optimizado para los trabajos de remolque, niveles bajos de ruidos y vibraciones, complementado con nuevas características y tecnologías que aún no están disponibles en muchas miniexcavadoras del mercado.

A la alta fiabilidad de la nueva miniexcavadora contribuyen el diseño de caja de 4 placas para el grupo de trabajo, las cubiertas de gran resistencia **DCPD** y las conexiones hidráulicas de tipo *cierre rápido*. El diseño de caja de 4 placas reduce el peso del grupo de trabajo y junto con el peso añadido en la parte trasera de la excavadora ha permitido desplazar el centro de gravedad hacia la parte trasera de la máquina aumentando la estabilidad.

Las principales especificaciones de **E26** son:

- Motor: **Kubota / D1105-E2B-BCZ-2**.

- Potencia máxima a 2400 r/min: 15,5 kW
- Peso operativo, orugas de goma y cucharón de 500 mm (con cabina cerrada): 2565 kg (2695 kg)
- Profundidad máxima de excavación (brazo largo): 2582 mm (2890 mm).
- Altura máxima de descarga (brazo largo): 3057 mm (3239 mm).
- Alcance máximo a nivel del suelo (brazo largo): 4553 mm (4966 mm)
- Fuerza de excavación en brazo estándar (brazo largo): 15,8 kN (13,2 kN).
- Fuerza de excavación en cucharón: 22,2 kN
- Velocidad de desplazamiento máxima: 2,4 km/h - 4,6 km/h
- Caudal hidráulico auxiliar: 48,0 l/min
- Ancho de oruga: 300 mm
- Anchura total de las orugas: 1500 mm
- Dimensiones de transporte (altura x ancho x largo): 2412 x 1515 x 4326 mm.

DOOSAN BOBCAT EMEA

167, Dreve Richelle
1410 Waterloo (Bélgica)

Tel: 32 3716811 • Fax: 32 3716900

Web: www.bobcat.eu





CEMENTO EXPANSIVO





OFICINAS / OFFICES ☎ (34) 945 135 626 - 📠 (34) 945 130 592
FÁBRICA / FACTORY Pol. Industrial San José de los Llanos, Calle A, nº5, Pabellón 1
 01230 NANCLARES DE LA OCA (ALAVA) - ESPAÑA / SPAIN
DIRECCIÓN POSTAL / P.O. BOX Apartado de correos 1631 - 01080 VITORIA
 GASTEIZ - ESPAÑA / SPAIN
 kayati@kayati.com / www.kayati.com

geotechnical software suite

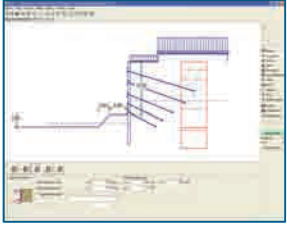
GEO5

Paquete Integrado de software para análisis geotécnico basado en métodos analíticos y elementos finitos (MEF)

Solicite información en:
marketing@finesoftware.es

Venta, Soporte y Formación en:
www.finesoftware.es

Tel: 91.747.5254








SEGEDA

Especialistas en equipos y repuestos de perforación





Polig. «Los Caños», C/ Guadiana, 49. 06300 Zafra (Badajoz) Spain.
 Tel.: +34 924 563 031 • segeda@segeda.com • www.segeda.com



GOSAG

Allgaier-Group



DESARENADORES DE BENTONITA

Nuestras plantas pueden trabajar con todo tipo de instalaciones de desarenado.

Modelos:

- Simple ciclonado: Aconsejados para terrenos poco arenosos o con arenas poco finas. Caudal de 40 - 400 m³/h.
- Doble ciclonado: Necesarios para terrenos arenosos o con mucha arenas finas. Caudal de 40 - 250 m³/h.
- Mixtos: Primera etapa de ciclonado completa y segunda etapa parcial.

Las plantas con un solo cicloneo tratan 100% del caudal nominal. Las plantas con doble cicloneo pueden tratar, si es necesario, el 150% del caudal nominal dependiendo del contenido de arenas finas y silts.

ROBUSTEZ Y FACILIDAD DE MANEJO

- Los equipos pueden ser transportados mediante trailer.
- Conexiones necesarias: 2 tubos para la pulpa + 1 cable eléctrico.
- Accesorios para comprobación: muestras, presión, etc.
- Mantenimiento mínimo.

**FABRICACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA
 CUALIFICADA DESDE MADRID Y/O ASTURIAS.**

Madrid. C/ Téllez, 24, oficina 4 A. 28007 MADRID. Tel.: (34) 91 577 62 77. Fax: (34) 91 575 74 95.
 E-mail: comercial@gosag.com. www.gosag.com.
 Con delegaciones en Andalucía y Asturias.









EQUIPO DE PROSPECCIONES, S.A.
www.equipodeprospecciones.com

- Proyectos de Túneles Interurbanos y Obras Subterráneas Urbanas
- Ingeniería del terreno e Informes Geotécnicos
- Estudios de aprovechamiento de materiales
- Asistencia Geotécnica a Direcciones de Obra

Oficina y Laboratorio:
 Pasaje Bisbal, 6 - 3º
 28028 - MADRID
 Tf.: 91.356.63.01
 Fax: 91.713.13.90
 e-mail: epsa@ciccp.es

Delegación Sevilla:
 c/Virgen de Lujan, 51 - 7º I
 41011 - SEVILLA




APLICACIONES ESPECIALES DE INGENIERÍA CIVIL, S.A. - PERFORACIONES ESPECIALES Y DIRIGIDAS, S.L.

SOLUCIONES EFICACES A TRABAJOS ESPECIALES

- PERFORACIÓN HORIZONTAL Y DIRIGIDA
- PERFORACIÓN EN ROCA
- ENTERRADORAS DE CABLES Y TUBERIAS
- ZANJADORAS DE SECCIÓN REDUCIDA
- HINCAS VERTICALES Y HORIZONTALES
- CHIMENEAS DE VENTILACIÓN EN ROCA
- COLOCACIÓN DE CANALETAS PREFABRICADAS

C/ Merindad de Montija, 18 - Nave 9 A.
 Polígono Industrial Villalonguejar
 Apartado 547. 09001 BURGOS
 Tel.: 947 298 695 - Fax: 947 298 615
 E-mail: comercial@aples.net

Más información en nuestra web www.aples.net











**MOVIMIENTOS DE TIERRA
 PERFORACIÓN Y VOLADURA
 SERVICIOS DE MINERÍA**

91 644 96 30 • 664 20 11 96
movitex@movitex.es • www.movitex.es

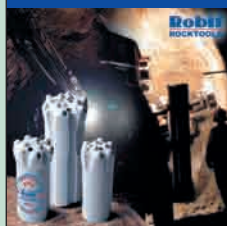
S G SUMINISTROS GUILLEMET

LA CORUÑA desde 1983
Teléfonos: 981 915 747 - 981 915 746
Fax: 981 915 748

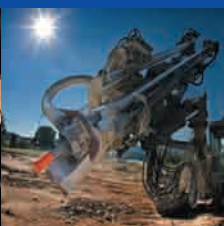
comercial@suministrosguillemet.com www.suministrosguillemet.com

Accesorios y Maquinaria de Obras Públicas y Minería

- Punteros • Dientes de pala • Equipos de aires
- Varillaje integral y extensible • Bocas de perforación
- Mallas y rodillos • Cemento expansivo



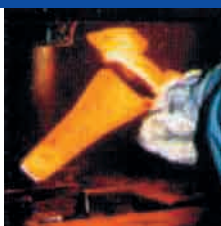
Robit
ROCKTOOLS



Brunner
Lay



BBG



ROCA



ROCKEATER
The Steel with Bite



HARDOX
WEARPARTS

EXPO.MATEC
PABELLÓN 9
STAND G04A

20 Años ofreciendo servicio mopycsa

MAQUINARIA PARA OBRAS PÚBLICAS Y CONSTRUCCIÓN, S.A.

Oficina Central: Méndez Alvaro, 8-10. 28045 Madrid
Tels.: 91 467 03 11 - Fax: 91 527 72 68

E-mail: mopycsa@mopycsa.com - Web: www.mopycsa.com



- Equipos de perforación para cimentaciones.
- Equipos de inyección y Jet Grouting.
- Servicio de Asistencia Técnica.
- Alquiler y venta de maquinaria.
- Grúas para Cimentaciones.
- Herramientas especiales.
- Varillaje, Tubos, etc.
- Equipos y accesorios para Geotermia.

soilmec
Drilling and Foundation Equipment

DRILLMEC
Drilling Technology

ATC

EuroCrane

JEAN LUTZ

Link-Belt

Industrias Juferma, s.a.

Materiales para sondeos

- Coronas y Calibradores MD
- Tubos testigo - Baterías
- Varillaje
- Tubos de revestimiento
- Tomamuestras inalteradas
- Manguitos y Machos de pesca
- Accesorios de perforación



JUFERMA DIAMOND

- Coronas y Calibradores de diamante
- Impregnadas - Inserción



P.I. Los Calahorros, IV.
C/ Adelfa, nº 17- 19. Cta. Fuenlabrada a Moraleja, Km. 4,200.
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tel: (+34) 91 690 43 78 - Fax: (+34) 91 606 20 13
www.juferma.com - admon@juferma.com

Siempre un paso
por delante



**SUMINISTROS TÉCNICOS
DE PERFORACIÓN**

Más de 10 años
a su servicio

www.sutevar.com

- Martillos y cabezas de rotación hidráulicos.
- Accesorios de perforación Sistema O.D.
- Equipos de perforación para cimentaciones.
- Útiles de perforación de roca.
- Equipos de inyección y jet grouting.
- Plantas de cemento.
- Martillos en fondo y tallantes.
- Bombas de agua para barrido.
- Sistemas especiales de perforación.
- Servicio de Asistencia Técnica.
- Recambios.
- Alquiler y venta de maquinaria.



Geología Medio Ambiente Hidrogeología Geotecnia



Cambrils
Paseo La Salle 9, 1r 1a
43850 Cambrils, Tarragona
Tel. +34 977 368 089
Fax. +34 977 368 046
info@geomediterranea.com

Barcelona
Av. Josep Tarradellas, 91 - 95
08029 Barcelona
Tel. +34 93 363 43 99
Fax. +34 93 363 43 97
barcelona@geomediterranea.com

**NUEVOS
SERVICIOS**

PENETRACIÓN ESTÁTICA
Y PIEZÓCONO CPT/CPTU

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

ESTUDIOS IMPACTO
PAISAJÍSTICO

www.geomediterranea.com



OCSA
PROSPECCIONES Y ESTUDIOS, S. L.

Isabel Clara Eugenia, 50 - Bajo A
28050 MADRID
Tel.: 91 750 09 04
Fax: 91 750 08 99
E-mail: ocsa@ocsa-geofisica.com
Web: www.ocsa-geofisica.com

Prospección Geofísica para:

- Geotecnia
- Geotermia
- Hidrogeología
- Minería
- Medio Ambiente
- Arqueología

Información detallada y ejemplos en la
Página Web: www.ocsa-geofisica.com



GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

- ESTUDIOS Y CARTOGRAFÍA
- PELIGROSIDAD Y RIESGO
- HIDROGEOLOGÍA
- SUELOS Y ROCAS
- TALUDES Y TERRAPLENES
- CIMENTACIONES
- EXCAVABILIDAD
- MATERIALES



OBRAS SUBTERRÁNEAS

- TÚNELES
- MÉTODOS CONSTRUCTIVOS
- SOSTENIMIENTOS
- SUBSIDENCIAS
- TUNELADORAS
- EMBOQUILLES
- REHABILITACIÓN DE TÚNELES
- ASESORÍA EN OBRA
- INSTRUMENTACIÓN

Subterra
INGENIERÍA

Vallehermoso, 30.
28015 Madrid, España.
T./ +34 91 5340530
F./ +34 91 5331475
info@subterra-ing.com
www.subterra-ing.com



Laboratorio geotecnia

Acreditaciones:

GTLb+c1+c2+c3
EHCB+c2
Grupo 1 (Org. Cuenca)

Mecánica de suelos.
Mecánica de rocas.
Ensayos de Áridos.
Análisis de Aguas.
Ensayos de Hormigón.

CEPASA Ensayos Geotécnicos, S.A.

C/Nicolás Copérnico 12 - Pol. Ind. CODEÍN
28945 FUENLABRADA (Madrid) Tel: 91 606 88 54 Fax: 91 609 88 55
E-mail: info@cepasaensayos.com Web: www.cepasaensayos.com



TOM

La nueva generación de tubería de PVC orientado

- La solución más eficaz para conducción de agua a presión
- Elevados rendimientos de instalación
- Presiones nominales de 12.5, 16, 20 y 25 atm
- Diámetros nominales de 90 a 630 mm



Duero, 34
28840 Mejorada del Campo (Madrid) España
Tel.: 902 106 174
Fax: 902 106 273
www.molecor.com
canalizaciones@molecor.com



Todo en perforación



Oficinas y almacén:
AV. Mancaño, 2 Nave 15
28700 S.S. Reyes (Madrid)
Tel.: 91 653 48 01 Fax: 91 623 80 61
Mail: administracion@dalpersi.com
Delegación Norte:
Tel.: 635 41 30 09 Fax: 98 539 41 49
Mail: agil@dalpersi.com

Accesorios de perforación
Sostenimiento
Cortadores para TBM
Suministros para túnel
Picas para rozadora y cimentación
Tubería ventilación flexible y ventiladores
Accesorios y equipos para cimentación
Equipos y accesorios forestales
Accesorios para realización de sondeos

dalpersi.com



ALQUILER, VENTA Y REPARACIÓN

C/Bronce 28
28510 Campo Real (Madrid)
Tels.: +34 91 876 51 81 / +34 91 876 51 14
Fax: 901 707 808
acmaquinaria@acmaquinaria.com

Suministro de materiales
de perforación y
venta de repuestos

Especialistas en
Eurodrill, Klemm, Beretta,...

Maquinaria de
Perforación

Micropilotes

Anclajes

Geotecnia

Inyección

Jet Grouting



SERVICIO TÉCNICO
OFICIAL



Siempre un paso por delante



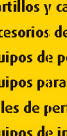
SUMINISTROS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN

Más de 10 años a su servicio

www.sutevar.com

- Martillos y cabezas de rotación hidráulicos.
- Accesorios de perforación Sistema O.D.
- Equipos de perforación para cimentaciones.
- Equipos para Geotermia.
- Útiles de perforación de roca.
- Equipos de inyección y jet grouting.
- Plantas de cemento.
- Martillos en fondo y tallantes.
- Bombas de agua para barrido.
- Sistemas especiales de perforación.
- Servicio de Asistencia Técnica.
- Recambios originales.
- Alquiler y venta de maquinaria.

Av. Castilla, 32, nave 62. 28830 San Fernando de Henares (Madrid). Tel. 91 677 20 77. Fax 91 678 07 35












Especialistas en tratamientos de suelos

- Compacción Dinámica
- Columnas de Grava
- Sustitución Dinámica
- Columnas de Modulo Controlado
- Menard Vaccum

MENARD ESPAÑA S.A.
C/ Melchor Fernández
Almagro 23 - 28029 Madrid - Es
Tel : 0034 913 239 524
Fax : 0034 913 141 507
comercial@menard.es
www.menard.es



menARD



SIKA, S.A.
Ctra. Fuencarral, 72
28100 Alcobendas (Madrid)
Tel.: (91) 662 18 18
Fax: (91) 662 19 38

**Especialista en productos y sistemas para
la estanqueidad en obras hidráulicas**

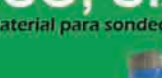
- * Revestimientos de resinas epoxi.
- * Sistemas de impermeabilización.
- * Productos para protección frente a ataques químicos, abrasión y erosión.
- * Aditivos para hormigones impermeables y duraderos.

TECSO, S.A.

Fabricación de material para sondeos



- Tomamuestras
- Tubos testigo
- Coronas de diamante, metal duro y carbotech
- Varillajes y Revestimiento
- Wireline
- Penetrómetro
- Equipos de salvamento
- Arcos de elevación y cabezas de inyección
- Accesorios



C/ Carpinteros nº 4 • 28500 Arganda del Rey (Madrid) ESPAÑA

Tel.: +34 91.870.15.47 • E-mail: comercial@tecsa.com • www.tecsa.com

Perforación de sondeos

Instrumentación de terrenos

Micropilotes

Sondeos mediambientales

Estudios Geotécnicos

Geotermia

Sondeos para agua

C/ San Sebastián, 8
 28280 El Escorial (Madrid)
 Tel. 91 890 87 39
 Fax 91 890 23 80
 info@alensa.es
 www.alensa.es



MESUREX
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL S.L.

INSTRUMENTACIÓN PARA TÚNELES, PRESAS, PUENTES, MINAS, EDIFICIOS Y OBRA CIVIL EN GENERAL

- ☐ Proyectos de Instrumentación, Control y Adquisición de Datos.
- ☐ Disponemos de una amplia selección de equipos:
 - Piezómetros.
 - Extensómetros
 - Fisurómetros.
 - Medidores de junta.
 - Tensiómetros.
 - Clinómetros.
 - Péndulos.
 - Celdas de carga.
 - Nivel de agua.
 - Packers.
 - Sensores y cable de Fibra Óptica.
 - Termómetros.
 - Unidades de Lectura y Registro.
 - Sistemas de Adquisición de Datos.
 - Accesorios.

C/ Maria Curie, 4 D-10 - P.T. Andalucía. 29590 Málaga • Tel.: 902 354 081 - Fax: 952 020 385
E-mail: info@mesurex.com • www.mesurex.com

- Maquinaria para Movimiento de Tierras, Construcción y Minería
 - Equipos para pavimentación y compactación
 - Equipos para vertederos • Martillos hidráulicos
 - Repuestos, Accesorios y Servicio Post-venta



Tel.: 901 13 00 13
www.barloworld.finanzauto.es

**Barloworld
Finanzauto**



[illegible]

**Su excavadora nueva.
Mientras la necesite.**

Atención al cliente:

902 200 780

www.liebherr.com

**LIEBHERR
ALQUILER**



■ **Instalaciones para tratamientos de áridos**

- Tolvas / Alimentadores
- Transportadores de banda
- Clasificadores / Cribas
- Recuperadores de finos
 - Decantadores
 - Hydrociclón
 - Clarificadores

■ **Residuos**

- Alimentación
- Clasificación

■ **Proyectos completos con ingeniería propia**

Polígono Malpica, calle E, nº 70
50016 ZARAGOZA (España)
Tel. 976 57 11 12 / Fax 976 57 07 77

www.tusa.es • e-mail: tusa@tusa.es



Índice de anunciantes

EMPRESA	Pág.
A.C. MAQUINARIA	48
ALENSA	49
APLES, S.A.	23 y 46
ATLAS COPCO, S.A.E.	9
BARLOWORLD FINANZAUTO	49
BLAST CONSULT	33
CEPASA ENSAYOS GEOTECNICOS, S.A.	48
DALPER	27 y 48
EQUIPO DE PROSPECCIONES, S.A.	46
GEOCONSULT	46
GEOCONTROL, S.A.	49
GOSAG	46
INDUSTRIAS JUFERMA	11 y 47
INGEOSOLUM	46
INSERSA	5
IRIMAC	39
KAYATI, S.L.	46
LIEBHERR ALQUILER	50

EMPRESA	Pág.
MAXAM	Portada y Ctpda. Ext.
MEDITERRANIA DE GEOSERVEIS	47
MENARD ESPAÑA, S.A.	49
MESUREX, S.L.	49
MOLECOR	48
MOPYCSA	47
MOVITEX	46
OCSA PROSPECCIONES Y ESTUDIOS, S.L.	48
SANDVIK ESPAÑOLA, S.A.	Ctpda. Int. 1ª
SEGEDA	46
SIKA, S.A.	49
SUBTERRA INGENIERIA	48
SÜD-CHEMIE	15
SUMINISTROS GUILLEMET	47
SUTEVAR, S.L.	29, 47 y 49
TECSO, S.A.	19 y 49
TUSA	50

Ingeopres

estrena nueva web



www.ingeopres.com

Con el objetivo de informar sobre la actualidad, metodologías y tecnologías en ingeniería y obra civil, hidráulica, urbana, minería, geología, energía y medio ambiente, la revista **IngeoPres** nació en 1992 aunando por primera vez las investigaciones llevadas a cabo en organismos como universidades o centros tecnológicos además de las aplicaciones prácticas y mejoras tecnológicas de las empresas. Ahora, 20 años después, el equipo de **IngeoPres** da un paso más y presentará su nueva página Web, un espacio renovado, un espacio completamente reformado y actualizado en forma y contenido.

La nueva página Web ofrece la revista en formato digital para su descarga directa, además, la sección de noticias ahora ofrece fotografías y vídeos informativos que hacen más completa la comunicación.

Otra de las grandes novedades es el archivo de números publicados con anterioridad, en el que se pueden encontrar artículos gratuitos de cada revista así como los sumarios de todos los números. Se incluirá también el servicio de e-mailing para la difusión de ofertas comerciales a los miles de contactos que forman parte de la base de datos.

La revista **IngeoPres** llega a miles de lectores tanto en organismos investigadores como en empresas de todos los ámbitos de la obra civil. Por todo esto, el equipo trabaja diariamente para mantenerse como la mejor vía de comunicación y difusión internacional en habla hispana.



Shaping the world you live in

¿Nos imaginamos la vida actual sin telefonía móvil y sin ordenadores? Difícil. ¿Qué los hace posibles? El transformar en aplicaciones prácticas las posibilidades que nos ofrecen los recursos naturales. ¿Cómo conseguir esos recursos? La energía expansiva que aportan los productos explosivos es la que ayuda a extraer de la mina el cobre de la batería de un teléfono móvil o el oro del chip de un ordenador. Sin estos materiales nuestras vidas no serían tal y como son.

Desde su fundación por Alfred Nobel, hace casi 140 años, MAXAM está en el origen y bienestar del mundo que nos rodea, colaborando con su desarrollo sostenible para conseguir el progreso y crecimiento de todos los que vivimos en él.

maxam

Civil Explosives • Outdoors • Defence • Chem • Energy

Avda. del Partenón, 16. Campo de las Naciones 28042 Madrid
Tel.: (34) 91 722 01 00. e-mail: general@maxam.net www.maxam.net