

Ejecución de una galería como alternativa de acceso al *Museo Minero de Escucha*

La empresa *Canavial, S.L.*, especialista en obras subterráneas, túneles, minería y canteras, es la encargada de ejecutar la galería de salida de emergencia del *Museo Minero de Escucha* (Teruel) para la UTE Escucha (Copasa-Civis Global). Se trata de un plano inclinado de 303 m de longitud, con una inclinación de 11° y una sección libre de excavación de 22,5 m (20,36 m de sección útil interior) excavado mediante perforación y voladura y que conecta las antiguas labores de la mina de carbón *Se Verá* –acondicionadas ahora como Museo Minero– con el exterior mediante la galería citada, con capacidad para el paso de vehículos. El plazo de ejecución es de ocho meses. En este artículo se describe el proceso constructivo llevado a cabo.

El *Museo Minero de Escucha* se inauguró en julio de 2002, recibiendo anualmente unos 30.000 visitantes, principalmente grupos de escolares durante el periodo lectivo y familias en los fines de semana. Las instalaciones del Museo Minero se localizan dentro de la mina *Se Verá*, explotada entre 1942-1968 por la *E.N. Calvo Sotelo*. Desde el momento del abandono fue utilizado como pozo de ventilación del Pozo *El Pilar*.

El Museo, ha aprovechado íntegramente las labores antiguas para su exposición al público. Dichas labores estaban diseñadas y concebidas para su objetivo principal relacionado con el desarrollo de la extracción de carbón. El nuevo uso que se le da a dichas labores para visita al público requiere acondicionar las mismas para dotarlas de la máxima seguridad. La corporación municipal de Escucha, entiende como prioritaria la realización de una labor de acceso alternativa. Esto se justifica debido a que, si bien existen dos planos de acceso a las labores del museo, se tienen dos grandes inconvenientes:

- Los dos planos se juntan en el interior, existiendo tan solo una salida a la calle.
- El plano auxiliar que durante la actividad minera se utilizaba como ventilación, tiene escasa sección para ser utilizado como labor alternativa al plano principal, con lo cual solo existe una salida, con ciertas garantías, que consiste en un plano con una pendiente de 39°.

Se proponía, por tanto, realizar una labor de sección adecuada, que permitiera proporcionar al Museo un acceso seguro, para dotarlo de todos los servicios necesarios en cumplimiento con la normativa legal existente, en particular con la museística, y además contemplando la posibilidad de entrada de vehículos en el caso de que sea necesaria una evacuación urgente.

Palabras clave: ACCESO, AVANCE, CALE, EMBOQUILLE, EXCAVACIÓN, EXPLOSIVO, FRENTE, GALERÍA, JUMBO, PLANO INCLINADO, SECCIÓN, SOSTENIMIENTO.

 **Dirección Técnica de**
CANAVIAL, S.L.

En este marco, y aprovechando la financiación del *plan Miner*, la corporación municipal de Escucha, otorga en 2011 a la UTE *Copasa - Civis Global*, el contrato para la ejecución de la nueva galería de salida de emergencia, y que está siendo ejecutada por su filial *Canavial, S.L.*, especialista en obras subterráneas, túneles y minería.

Las obras de excavación se iniciaron en otoño de pasado año, y se espera que se fina-

lice su ejecución a finales de junio de este año. Hasta primeros de mayo se ha excavado aproximadamente el 75% de la galería, quedando pendiente el otro 25% y el cale de la galería de emergencia con la estructura minera utilizada como museo.

Descripción de la galería en plano inclinado

El descampado del polígono industrial de Escucha es el escenario de las obras en el punto de emboquille del túnel de salida de emergencia del Museo Minero. Desde el pasado otoño operarios de *Canavial* están trabajando en la excavación de una galería de grandes dimensiones, que es el túnel de salida emergencia o alternativo de acceso al Museo Minero. Las dimensiones de la sección excavada son de 5 metros de alto por 4,5 de ancho.

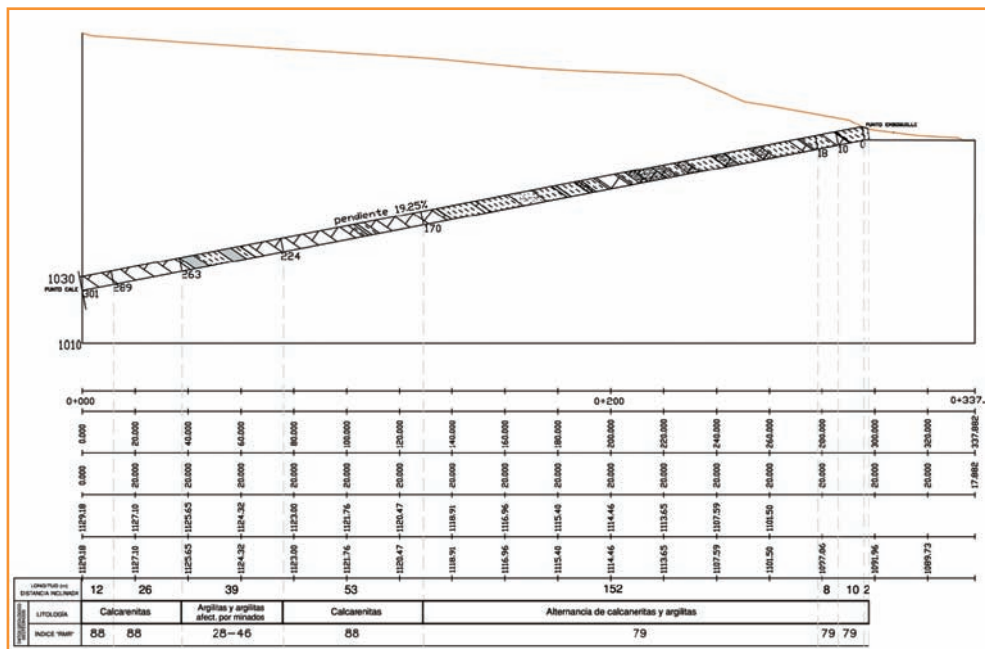
La labor de galería en plano inclinado tiene un total de 303 m, con una pendiente de 11°, de los cuales 10 m corresponden a galería en falso plano y 293 m a la labor en plano inclinado de mina. La sección interior libre del plano inclinado es de 20,36 m², calculando una sección teórica de excavación de 22,50 m².

El emboquille de entrada del plano inclinado en su lado exterior se halla a la cota 1.084 msnm. El cale a la estructura en estéril del Museo a la cota 1.030 msnm, tendrá una sección ligeramente mayor a la de la totalidad del plano para permitir el giro de un vehículo en su interior para cambiar el sentido de la marcha, siendo ésta de 25,25 m², correspondiendo a una anchura de 6 m y 3,5 m de altura libre.

Para la preparación del frente de emboquille del plano inclinado, se ha ejecutado la excavación a cielo abierto en trinchera. El plano presenta una zona de



Emplazamiento de la galería de acceso (emboquille y cale proyectado).



■ Perfil geotécnico de la galería.

falso túnel, que corresponde a la primera zona desde la boca exterior de 10,0 m de longitud. La labor dispone de una visera de 2 m de longitud en horizontal.

Método de excavación

La ejecución de la galería en plano inclinado se ha realizado mediante método convencional de perforación y voladura, abordándose desde la boca exterior. Antes de comenzar la excavación del plano, se ha ejecutado su emboquille, ejecutando los primeros metros del túnel bajo la protección de un paraguas zunchado.

Previamente a la excavación del túnel en mina, se ha ejecutado a cielo abierto la excavación del emboquille y realizado el plano artificial de emboquille.

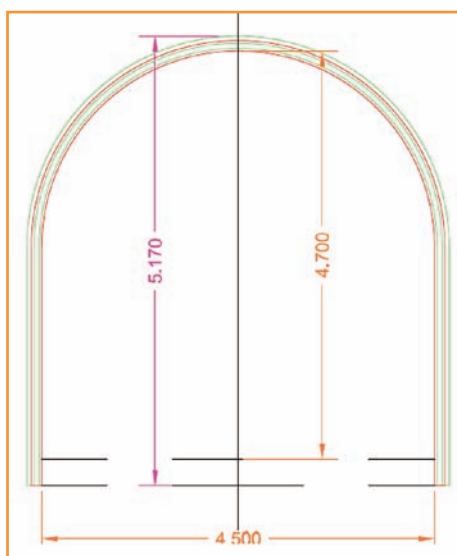
La ejecución de la excavación y sostenimiento de la galería en plano inclinado se ha realizado de acuerdo a procesos cíclicos siguiendo el método convencional. Los ciclos de trabajo seguidos en cada etapa de ejecución han sido los siguientes.

Excavación y Sostenimiento

El sistema de excavación ha debido adaptarse a las propiedades del terreno. Una de las principales dificultades encontradas ha sido el del cambio continuo del terreno, que ha obligado a la utilización de voladuras, para el avance que ha sido de unos 3,25 m/día de media. La perforación de los taladros del frente se ha ejecutado mediante un jumbo *Mini-matic Tamrock* de dos brazos; y para la carga del explosivo (*Goma 2 Eco* de *Maxam* y detonadores eléctricos para el inicio de la voladura) se han utilizado las típicas vainas de perfil omega para agilizar la voladura.

Es de destacar que las voladuras han sido controladas en todo momento, para lo que se ha dispuesto en obra de dos sismógrafos para el registro de las ondas aéreas producidas por las detonaciones.

Desde el punto de vista geológico, los terrenos de la Cuenca Minera Central donde se ubican las labores subterráneas y las que en concreto nos ocupan, pertenecen a la Rama Externa ó *Aragonesa de la Cordillera Ibérica*, en cuanto a la estratigrafía se sitúan en el Cretácico tramo Aptiense-Albiense y constituyen una sucesión alternativa de calizas, margas, arenas y arcillas entre las que se encuentran lignitos y yesos. Por debajo de las capas de carbón discurren la mayor parte de las labores de estructura de la mina *Pozo Pilar* y *Se Verá*.



■ Sección tipo del plano inclinado.



■ Ejecución del paraguas de micropilotes mediante jumbo en el emboquille.



■ Gunitado del talud frontal del emboquille.

La serie estratigráfica que aflora en el entorno del área de trabajo comprende formaciones que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, en concreto la *Formación Escucha*. Se trata de la serie basal y está constituida por micaesquistos grafitosos negros, cuarcitas grises y esquistos cuarcíticos.

Los materiales atravesados han presentado litologías tipo roca, de calidad variable en función de las zonas, con calidades geomecánicas de roca entre medias y buenas.

No se han detectado niveles freáticos importantes en los sondeos realizados para la caracterización de la traza del plano; si bien durante la excavación de la galería se han encontrado aportes significativos de aguas procedentes de acuíferos colgados, por lo que se ha dispuesto en la obra de dos bombas de achique *Flygt* para el desagüe.

El avance se ha excavado y sostenido de una sola vez mediante la colocación de cerchas metálicas o bulones junto a una capa de sellado de hormigón proyectado con fibras metálicas de acero, según el tipo de sostenimiento aplicado atendiendo al tipo de terreno atravesado. La parte inferior de la sección se ha cerrado con una solera resistente de hormigón.

En general, cuando el terreno era de buena calidad, la excavación se ha desarrollado con voladuras (mediante jumbo de perforación).

Excavación



■ **Explanada Exterior donde se disponen los equipos y material auxiliar.**

■ **Vista del frente inicial en el emboquille de la galería.**

En situaciones de terreno blando o de poca resistencia, se han empleado medios mecánicos (retroexcavadora **Doosan DX-60** y martillo hidráulico).

La longitud de los pases de excavación ha dependido de la calidad del terreno, variando entre 4 m para los terrenos de mejor calidad y 1,5 m para los de peores características geotécnicas (terrenos menos compactos) o en el emboquille.

Simultáneamente a la excavación, se han desarrollado las labores de desescombrado, para lo que se ha utilizado una pala cargadora **Doosan DL-300**, de 18 t y 2,7 m³ de capacidad de cuchara, para la carga del material volado sobre los camiones.

Una vez finalizado el pase de excavación, se coloca el sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones, cerchas) con ayuda de plataformas elevadoras. El ciclo finaliza con el replanteo del siguiente pase de excavación.

Para el gunitado del frente, paredes y revestimiento se ha empleado un robot de gunitado **Putzmeister PM-407**, una gunita de 400 kg/m³, y como aditivo **Sigunita L22R** de *Sika*.

Hay que destacar que hasta el momento en la excavación de la galería, no se ha cortado ninguna capa de carbón ni huecos de minados anteriores.

Una vez finalizada la obra de túnel se procederá al hormigonado del suelo de la galería en plano inclinado. Se hormigonará un muro-zapata hasta una altura de 30 cm, llegando a formar parte del propio revestimiento estructural del túnel, al estar con armadura de malla electrosoldada de acero en cuadrícula de 150x150 mm y 4 mm de diámetro, con fijación soldada a cerchas.

Secciones tipo de sostenimiento

En cada pase los técnicos de la obra han valorado el **RMR** de los materiales atravesados y, en función de éste, han asignado un sostenimiento de los definidos en proyecto.

Se han establecido cuatro secciones de sostenimiento para dicha labor, en función de

las características geomecánicas del terreno: **S1, S2, S3 y S4**, cuyas características se especifican en el **Cuadro I**.

Para el sostenimiento en avance se utiliza: chapa Bernold, para el ensamblaje y armado del hormigón, cerchas metálicas de perfil TH 21, hormigón proyectado con fibras de acero a razón de 25 kg/m³, y bulones de acero corrugado de 2,5 m de longitud y 25 mm Ø. Para el emboquille y cale se ha previsto sostenimiento pesado mediante cerchas HEB-140 cada metro y chapa Bernold. El talud frontal del emboquille ha sido tratado con hormigón proyectado en capas sucesivas hasta completar 15 cm de espesor, mallazo electrosoldado tras la primera de hormigón proyectado, y cuinetas de guarda para reconducir el agua a los puntos de corriente natural.

También se han previsto y realizado tratamientos especiales en zonas de terrenos concretos de mala calidad, como: refuerzos de sostenimiento, inestabilidad del frente mediante hormigón proyectado, saneo de techo, etc.

Para el cale de la galería con la estructura en estéril de la mina, se ha previsto un giro en horizontal para direccionar ésta perpendicular-

mente al hastial del cale, la disminución en altura de la labor para evitar desnivel en los techos del cale, y aumento del ancho útil de la labor hasta 6 m, para poder realizar el cambio de sentido de los vehículos que circulen. Asimismo el avance de la excavación en la proximidad del cale se realizará mediante la ejecución de voladuras en dos etapas, a fin de evitar daños en la labor del Museo a calar.

El tratamiento propuesto para el cale es el de excavación con sostenimiento rígido tipo Bernold pesado, y paraguas de presostenimiento del avance del túnel mediante micropilotes.

Auscultación y medición de labores

Para controlar los movimientos en el túnel durante las fases de construcción y poder asegurar su adecuación a las hipótesis y modelos de cálculo adoptados en el Proyecto, se han instalado instrumentos y sistemas de auscultación que en cada momento informen de las reacciones del terreno y los sostenimientos. El seguimiento comprende el control geométrico y topográfico, la comprobación de las secciones transversales, gálibos y soleras.

GALERIA EN PLANO INCLINADO		SOSTENIMIENTO PROYECTADAS		SECCIONES DE
SECCION TIPO	CRITERIO GENERAL DE APLICACIÓN	EXCAVACION	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO	
S1	Tramos de falso plano, emboquille de la boca exterior y zona de cale	Pase de excavacion 1m Perforacion y voladura	Gunitado: 6cm en capa de sellado + 14 cm (con fibras) en capa de refuerzo. Cerchas HEB140 cada 1,1m con chapa bernold	
S2	RMR entre 88 y 55 (alternancia Calcarenita y Argilita)	Pase de excavacion 2 a 4 m Perforacion y voladura	Gunitado: 5cm en capa de sellado + 14 cm (con fibras) en capa de refuerzo. Cerchas TH21 cada 1,5m.	
S3	RMR superior a 88 (calcarenita)	Pase de excavacion 3 a 5m Perforacion y voladura	Gunitado: 5cm en capa de sellado + 15 cm (con fibras) en capa de refuerzo. Bulones de acero corrugado diam.25mm y L=2,5m en malla de 1,5x1,5m	
S4	RMR Inferior a 28 (alternancia Argilita y Argilita afectada por minados)	Pase de excavacion 1m Perforacion y voladura	Gunitado: 6cm en capa de sellado + 14 cm (con fibras) en capa de refuerzo. Cerchas HEB140 cada 1,1m con chapa bernold	

■ **[CUADRO I].- Secciones tipo de sostenimiento establecidas en proyecto.**

Excavación



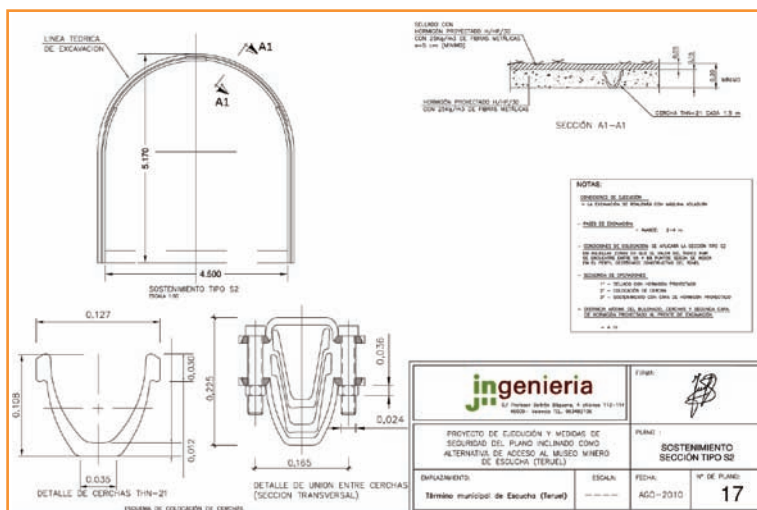
Excavación mecánica mediante retroexcavadora y martillo en frentes más débiles.



Vista de la sección libre de la galería excavada y revestida.



Estructura en estéril de la antigua mina donde se ha instalado el Museo minero.



Sección de sostenimiento tipo S2.



Gunitado de las paredes de la galería tras el desescombro y colocación de cercha.

Cada 25 m de túnel se instala una sección de medición y control de convergencias, con tres puntos de medición en el avance (clave y hastiales). Se miden también asientos, con un punto de medición en clave de túnel.

Ejecución con voladuras

Las naturaleza de los materiales a excavar obliga a la realización de voladuras en la ejecución del plano inclinado. En situaciones de terreno blando o de poca resistencia, se han empleado medios mecánicos (retroexcavadoras).

Considerando un pase medio de excavación por voladura de 2 m, se necesitarán en cifras aproximadas las siguientes cantidades de explosivo: *Goma 2 ECO* de 26, 32 y 40 mm de Ø para carga de barrenos en avance, unos 10.300 kg; 9.937 kg de nagolita; 4732 detonadores eléctricos y 9.100 ml de cordón detonante.

Ventilación de la galería

Dada la longitud relativa del plano inclinado a excavar El esquema de ventilación adoptado para la construcción de la galería es el de ven-

tilación soplante, para lo cual se utiliza un ventilador *Conau* de 33 kW de potencia y tubería de lona de 1.000 mm de diámetro.

Otras instalaciones auxiliares

Para el suministro eléctrico a la obra se dispone de un generador eléctrico de 800 KVA a una tensión de 400 V, situado en la explanada exterior.

Se dispone además en el interior del túnel de una luminaria estanca con protección IP68 para la iluminación de la galería, así como de cuadros eléctricos para la regulación y control de la energía eléctrica necesaria para los equipos e instalaciones.

Agradecimientos

Agradecer al *Excmo. Ayuntamiento de Escucha* y, en especial, al concejal *D. Ramón Malpica Marcos*; y a la dirección de Obra: *José Miguel Aranda, Juan José Navarrete, y Emilio Nieto*, las facilidades prestadas para la preparación de este artículo. ❖



Material de la sección excavado por la voladura.

CANAVIAL, S.L.

Carretera de Madrid, 150 (km 5)
36318 Vigo (Pontevedra)
☎: 986 481 100 • Fax: 986 481 101



Centro:

Pinar Somosaguas, 89-bis Ed. Foro
28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid)
Tel: 913 510 124

E-mail: canavial@canavial.eu
Web: www.canavial.eu