

Maxam: Estandarización de Servicios y Operaciones

U-Underground Blasting v1.0: **hoja de cálculo para el seguimiento de** **pegas de avance en túneles y galerías**

La ejecución de una voladura en avance en cualquier túnel o galería de mina supone un verdadero y meritorio ejercicio de gestión de información en el manejo de numerosas variables. Desde el departamento de *Servicios y Operaciones* de *Maxam*, se ha elaborado una hoja de cálculo, de ámbito interno, que tiene como objetivo estandarizar y unificar la metodología de gestión, dentro de los proyectos de la compañía, de toda esa información que se deriva de la singularidad de todas y cada una de las voladuras de interior en las que *Maxam* participa. La aplicación ha sido bautizada como: **U-Underground Blasting V1.0**.

Dice el refranero que *una imagen vale más que mil palabras*. La elaboración de una plantilla visual que recoja toda la información que se maneja o se debería manejar en una pega o voladura de un túnel o galería de mina no debería limitarse a los valores puramente teóricos de diseño.

Si fuese así, pecaríamos de inconsistencia a la hora de evaluar los resultados de una pega, que atribuiríamos a un diseño que a veces dista mucho de la realidad. Me explico. Una cosa es dónde deberían ir ubicados los barrenos de acuerdo a un plan de tiro (*DrillPlan*) teórico y otra dónde realmente se han emplazado. No es técnica habitual en voladuras de interior comparar las coordenadas teóricas (sacadas de un *software* de diseño de pegas) con las reales finalmente dispuestas. Es decir, comparar lo que debería haber sido con lo que en realidad es.

En pequeñas galerías con equipos austeros de perforación se entiende, o se podría llegar a entender, habida cuenta de la falta de soluciones prácticas en el estado de la técnica actual (radica aquí sin duda un interesante campo de desarrollo de equipos para cubrir este interesante reto, que bien podría ser motivo de otro artículo).

En grandes galerías con jumbos robotizados (equipos que permiten obtener infinidad de datos o medidas interesantes durante la perforación, y por supuesto, las coordenadas reales de los emboquilles de los barrenos y su dirección y profundidad) no parece demasiado razonable. Sobre todo porque es precisamente la confrontación de esa geometría teórica y real lo que permite evaluar anomalías como una sobre rotura excesiva de la roca por el emplazamiento del cuele anterior, una geología localmente adversa, una falta de eficiencia o de práctica o de erróneo protagonismo (que de

todo ha visto uno en la viña del Señor) del operador del jumbo, etc. Parece poco razonable no confrontar datos que están ahí, disponibles y de fácil acceso dentro del proceso productivo, para evaluar pros y contras de lo que estamos haciendo. Sin embargo, en la práctica habitual, es un hecho.

Por todo ello, y al margen de que debamos realizar una reflexión constructiva sobre si se está o no infrautilizando los avances que la tecnología ha aportado en el campo de la perforación robótica (en mi opinión es obvio que existe la necesidad de aprovechar más y mejor la información que procesan los jumbos robotizados), desde el *Departamento de Servicios y Operaciones* de *Maxam*, hemos querido aportar una herramienta de trabajo simple, y de uso extendido dentro del ámbito ingenieril como son las hojas de cálculo *EXCEL*, que permita a los técnicos de nuestras filiales, gestionar la información afín y relevante de las pegas de interior en las que participamos, trabajando en equipo con nuestros clientes.

Filosofía de trabajo de la aplicación **U-Underground Blasting v1.0**

La gestión de información debe ser fácil, rápida y aportar más de lo que exige su mantenimiento. Solo así podemos contribuir a que una herramienta de gestión lejos de caer en desuso, y/o ser vista como una imposición en la petición continua de datos a las labores de producción (que a menudo dificultan o demoran seriamente esas labores) represente realmente una ayuda para planificar diseños y evaluar resultados.

Por tanto, la filosofía de trabajo de la aplicación **U-Underground Blasting v1.0** tiene como principal objetivo facilitar la gestión de la información que se genera en torno a una pega de interior, mediante un uso sencillo de

Palabras clave: AVANCE, BARRENO, CALCULO, CARGA, EXPLOSIVO, FRENTE, GALERÍA, ROCA, TIRO, TÚNEL, VOLADURA.

 **Jorge LÓPEZ RODRÍGUEZ, Ing. de Minas.**
Dpto. de Servicios y Operaciones de
MAXAM Civil Explosivos.

una herramienta ampliamente conocida como lo es la hoja de cálculo *EXCEL*.

Descripción de la aplicación

En el caso que nos ocupa, los diseños de voladura en túneles o galerías, la experiencia me ha ayudado a proponer esta hoja de cálculo como herramienta para:

- Rellenar fácil y rápidamente la ficha correspondiente a cada pega, mediante menús desplegables desde los que se seleccionan los tipos de explosivos, tipos de roca, tipo de cuele de diseño, tipos de detonadores, etc.
- Importar con facilidad lo que considero como *re póker* de imágenes asociadas a una pega de interior desde la propia ficha *Excel* (seleccionando la imagen almacenada en cualquier carpeta del disco duro o unidad de memoria:
 - o Detalle Esquema de tiro teórico.
 - o Panorámica del frente previo al disparo.
 - o Detalle del diseño del cuele (parte esencial de la voladura).
 - o Detalle del cuele previo al disparo.
 - o Detalle de la pila de escombros una vez disparado y ventilado el frente.
- Acceder a información útil asociada a la pega como:
 - o Carga instantánea máxima operante – *CIMO- (Maximun Instantaneous Charge- MIC*, en inglés) de la pega en función de la carga por barreno de las diferentes zonas que vayamos seleccionando, y la distribución de retardos en los detonadores que decidamos. El cálculo se realiza automáticamente.
 - o Registros de vibraciones asociados al disparo.
 - o Predicción mediante métodos probabilísticos de la vibración que se gene-

- o Posibilidad de anotaciones de tiempos de comienzo y final de las diferentes fases del ciclo de excavación, para tener referentes históricos que permitan valorar mejoras desde un punto de vista económico (tiempo es dinero, y en las operaciones cíclicas más aun), cuando se introducen cambios en el diseño de las voladuras.

Únicamente se pueden modificar las celdas de introducción de datos, representadas con fondo naranja siguiendo el criterio universal que tiene por convenio asignado *Microsoft* para el formato de celdas de introducción de datos. La clarificación y unificación de criterios en este sentido siempre ayuda al entendimiento rápido de una hoja de cálculo (solo nos preocuparemos de rellenar las celdas naranjas, permaneciendo el resto de celdas protegidas).

Únicamente las celdas naranjas cuyas *etiquetas descriptivas* son leyendas con texto en amarillo son obligatorias para el correcto funcionamiento de la aplicación. El resto de celdas naranjas son modificables/rellenables pero no afectan al funcionamiento de la aplicación.

Se reserva esta zona, ubicada en la parte superior izquierda de la ficha (ver *Fig.0*), para introducir:

- Fecha y hora del disparo de la pega.
- Fecha y hora del disparo de la pega previamente disparada.
- Campos que identifican:
 - Quién firma la información recopilada.
 - *Código interno definido* (cualquiera con un máximo de 16 caracteres alfanuméricos) para identificar unívocamente la voladura (etiqueta *Blasting ID.*)
 - Código que informe sobre el plan de tiro empleado.
 - Campos que definan la ubicación de la voladura (pueden ser coordenadas UTM o puntos kilométricos).
- Datos generales del proyecto y cliente.

En la **Fig. 1** se detallan los campos de la *zona 1*. Obsérvese que solamente los campos de fecha-hora de la voladura en curso (*CURRENT BLAST*) y de la voladura previa (*PREVIOUS BLAST*) serían obligatorios.

[Figura 0]. Panorámica de la ficha realizada con la aplicación Excel U-Underground Blasting v1.0, impresa en formato A4, correspondiente a una pega de interior. Se han marcado las distintas zonas “temáticas” relevantes de la ficha-hoja.

The image displays the MAXAM software interface, which is used for environmental impact assessment. The interface is divided into several zones, each containing different data entry and calculation modules. The zones are labeled as follows:

- Zona 1:** GENERAL BLASTING DATA, UNIT DETAILS
- Zona 2:** OBJECTIVE BLASTING & DRILLING SUMMARY
- Zona 3:** PICTURES VIEW
- Zona 4:** CHARGES & PRODS & EXHAUST
- Zona 5:** CONTAMINANT CON
- Zona 6:** RE-PROCESSOR DASH
- Zona 7:** ROOM SELECTION
- Zona 8:** FINA RICYCLES & COST DETAIL
- Zona 9:** VIBRATION MONITORING
- Zona 10:** FINA RICYCLES & COST DETAIL

The interface includes various data entry fields, tables, and a site plan diagram. A clock is visible in the bottom right corner.

GENERAL BLAST DETAILS				GENERAL PROJECT DETAILS			
CURRENT BLAST	Hours	Minutes	Date	SIGNED BY:	CLIENT:		
PREVIOUS BLAST				J. LOPEZ RODRIGUEZ	PROJECT		CLIENTE01
Maxam Drill Plan_Code				BLASTING ID.:	EXCAVATION TYPE:		MINING WORKS
BLAST DESCRIPTION					TOTAL BLAST VOLUME		MORE THAN 1,000,000 M3
					TOTAL EXPLOSIVES QT.		
BLAST LOCATION	X1 Y1 Z1				PROJECT DEADLINE		
	X2 Y2 Z2				SITE (Country)		RUSSIA
	K.M				MAXAM SUBSIDIARY		MAXAMRUSSIA

■ [Figura 1].- Campos generales de la pega y del proyecto/cliente en la Zona 1.

[Figura 2].- Campos de la zona 2 resumen de los datos relevantes de la voladura.

EXECUTIVE BLASTING & DRILLING SUMMARY

TOTAL EXPLOSIVES POWDER FACTOR	351.8 kg	351.6 kg
	2.93 kg/m ³	3.07 Kg/m ³

DESIGN	REAL
CROSS SECTION	80.0 m ²
BLAST VOLUME	120.0 m ³ 114.0 m ³

POWDER FACTOR	977 g/t	1024 g/t
	357.3 m	357.1 m
TOTAL DRILL RUN	3.06 mm/m ³	3.13 mm/m ³

SPECIFIC DRILL	CHARGED	EMP TIES
DIAMETER	43 mm	76 mm
	64 holes	4 holes

N° HOLES	DRILLED	4.0 m
	ACHIEVED	3.8 m
	%	95%



ROCK TYPE	Eyolite
DENSITY	3.0 g/cm ³
UCS (MPa)	250 MPa

TYPE OF GUT		
LARGE HOLES CUT	M I C	WHEN?
	WHEN?	MATCHES TO
37.2 kg	7,000 ms	RHONEL LP N° 78

Los campos de esta zona, que se actualizan automáticamente (ninguna celda naranja) resumen de una manera breve y concisa:

- Los datos de consumos específicos de perforación y voladura, metros perforados, número de barrenos cargados y vacíos, área de la sección, etc.
- Resumen del avance real alcanzado.
- Croquis o esquema que resume avances dispares en una u otra zona del frente.
- Tipo de roca en la pega.
- Carga Máxima Operante asociada a la pega y retardo en la secuenciación de la voladura en la que se produce.

En la **Fig. 2** se detallan los campos de la zona 2. El usuario no debe rellenar ninguno de estos campos. Se actualizan automáticamente.

En los campos de esta *zona*, se introducen:

- La sección del túnel o galería (m^2).
- La longitud perforada de la pega (m).
- El avance real estimado (m).
- Un criterio definido por el usuario de cuál es el porcentaje de avance considerado como aceptable, y el límite por debajo del cual de debe actuar en el diseño para mejorar el avance.
- Croquis o esquema en donde se puede anotar distintos avances dispares en una u otra zona del frente.

En la **Fig. 3** se detallan los campos de la zona 3.

En los campos de esta *zona*, se introducen:

- Tipo de cuele empleado. Puede seleccionarse entre las siguientes opciones:
 - o Cuele cilíndrico (con barrenos de expansión de mayor diámetro).
 - o Cuele quemado (con barrenos vacíos de igual diámetro que los cargados).

o Cuele en V.

o Cuele en abanico.

- Número de barrenos cargados, diámetro y longitud.
- Número de barrenos vacíos, diámetro y longitud.
- El visor de imagen permite importar una imagen del esquema del cuele y del aspecto del cuele real perforado en esa pega.

En la **Fig. 4** se detallan los campos mencionados.

Zona 5: Visor de imágenes

En la **zona 5**, que podemos denominar como visor de imágenes, podemos asociar a cada pega 4 imágenes relevantes, 3 de las cuales ya se han citado en este artículo:

- Imagen del plan de tiro teórico.
- Aspecto del frente previo al disparo.
- Aspecto de la pila de voladura una vez ventilado el frente.
- Aspecto de la fragmentación tomando como referencia la caja de los camiones de desescombro.

En la **Fig. 5** se detalla el aspecto después de importar dos imágenes diferentes (pila de voladura, a la izda. y plan de tiro a la dcha.). Las imágenes que se ven en el visor de imágenes, se pueden intercambiar con un simple *click* de ratón en el botón de selección correspondiente.

Zona 6: Selección de los explosivos y configuración de carga

La **zona 6** representa una de las partes esenciales de esta aplicación, porque es la que permite seleccionar fácilmente a través de menús desplegables:

- El tipo de cebo.
- El tipo/s de explosivos a emplear.
- La configuración de la carga por barreno.
- El tipo de retacado.

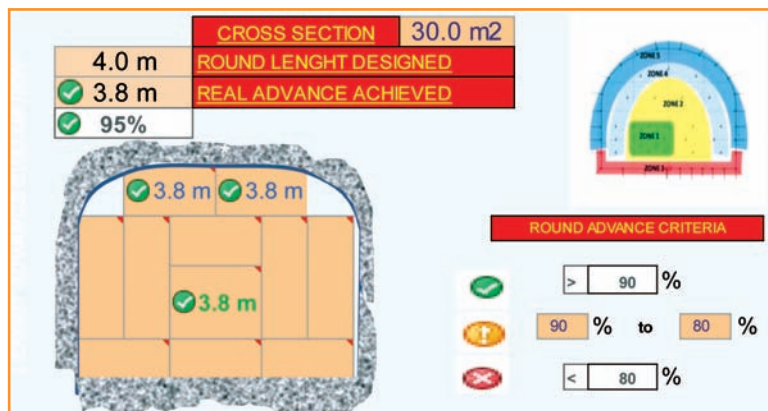
El resultado de la selección de carga afectará lógicamente a los consumos específicos de la pega, tanto por barreno, con la carga total y densidad de carga lineal (kg/cm), como por zona, como en el global de la voladura.

En la **Fig. 6** se muestra la selección de los explosivos a emplear y la configuración de la carga.

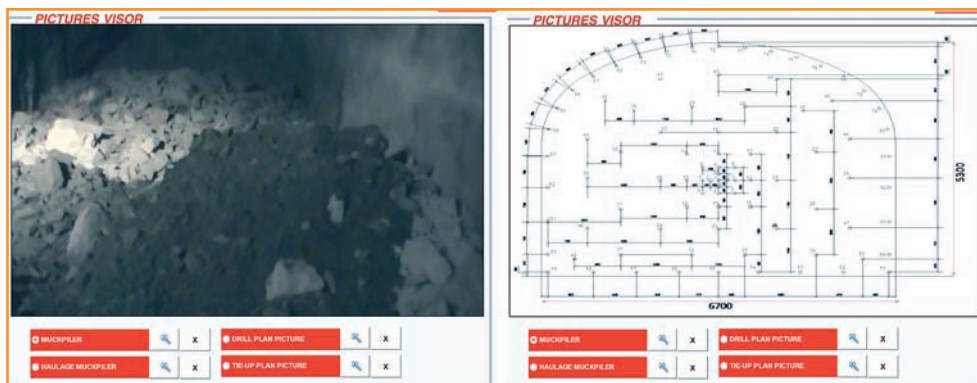
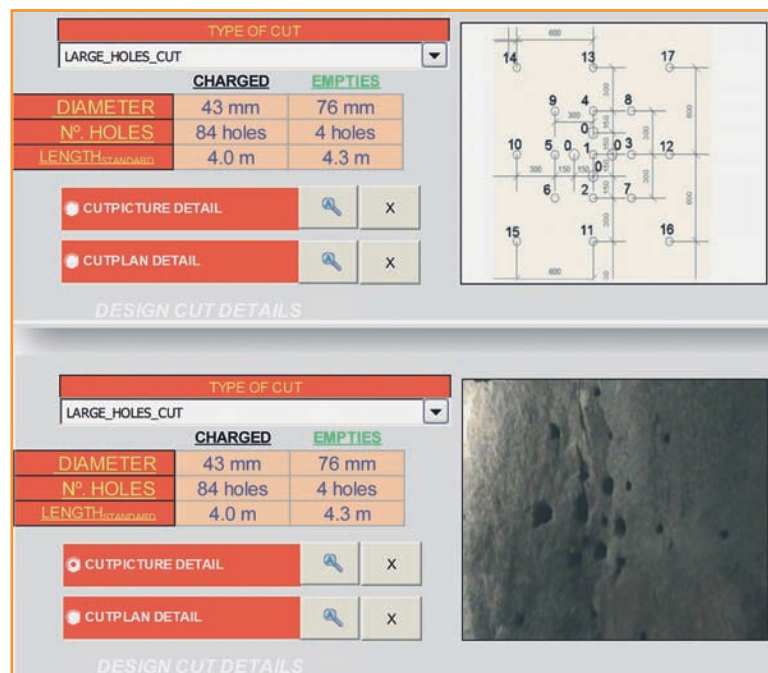
Zona 7: Selección de los detonadores empleados en la pega

La **zona 7**, al igual que la 6, resulta esencial ya que en ella se hace la elección de los detonadores requeridos para la secuenciación de la pega. Se deben seleccionar:

[Figura 3].-
Campos de la zona 3 resumen el avance real alcanzado.



[Figura 4].-
Detalle del número de barrenos perforados y la geometría del cuele.



[Figura 5].- **Detalle del visor de imágenes en el que se pueden importar hasta cuatro imágenes asociadas a la pega.**

- Los números de los detonadores (los retardos aparecen automáticamente).
- El metraje de dichos detonadores.
- Su distribución por zonas (cuele, destroza, zapateras, contorno, etc.).

Como resultado de la selección, irán apareciendo las cargas instantáneas asociadas a cada tiempo de retardo (columna dcha.) y la

carga máxima instantánea (CIMO) de toda la pega en la cabecera de la columna derecha al cuadro de la **Fig. 7**.

Zonas 8, 9 y 10: Selección del tipo de Roca, resultado de las medidas vibrográficas y cálculo y estimación de ciclos y costes asociados a la pega

En las **Figs. 8, 9 y 10** se muestran las zonas

