

Investigaciones sobre el control de roca



Brent Slaker

Ingeniero de minas

**División de Investigaciones de Minería de
Pittsburgh**

¿Por qué estudiar el control de roca?

Derrumbes de techos



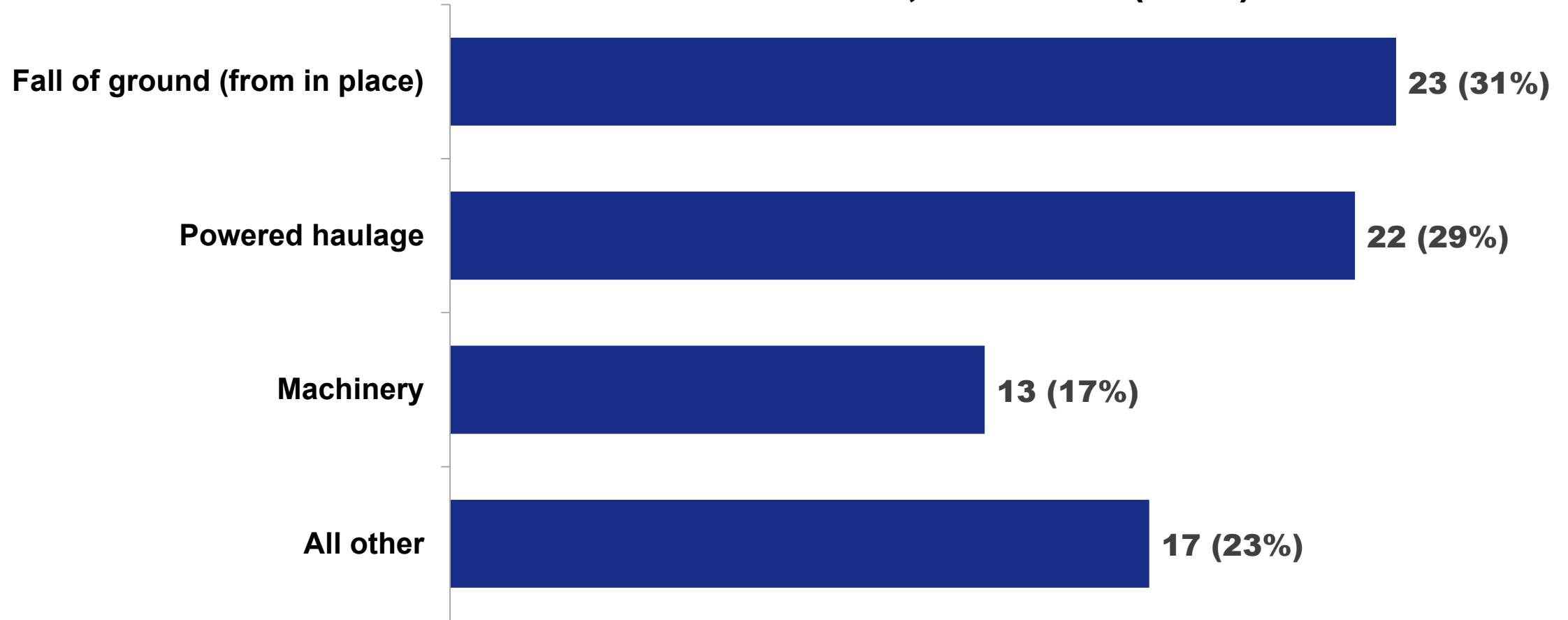
Sismos de carbón

Derrumbes de pilares de seguridad



¿Por qué estudiar el control de roca?

Cantidad y porcentaje de muertes ocupacionales por clase de accidente en ubicaciones de minas subterráneas, 2011-2015 (N=75)

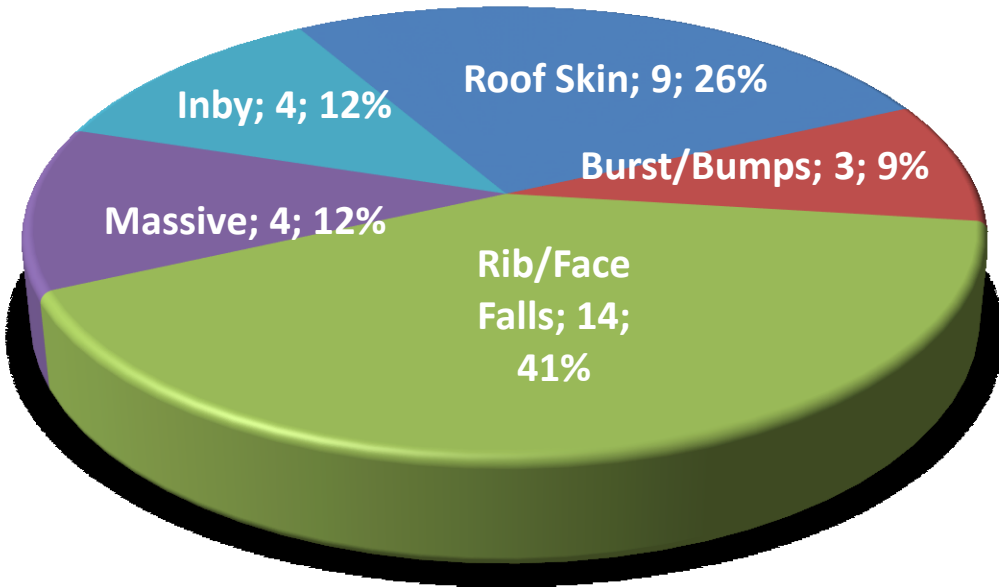


NOTA: “Derrumbes de roca (en el lugar)” incluye las clasificaciones de la MSHA de accidente/lesión/enfermedad por “derrumbe de frente de avance, pilar de seguridad, pared, pared de corte o crestón (en el lugar)” y “derrumbe de techo, parte trasera o super

¿Por qué estudiar el control de roca?

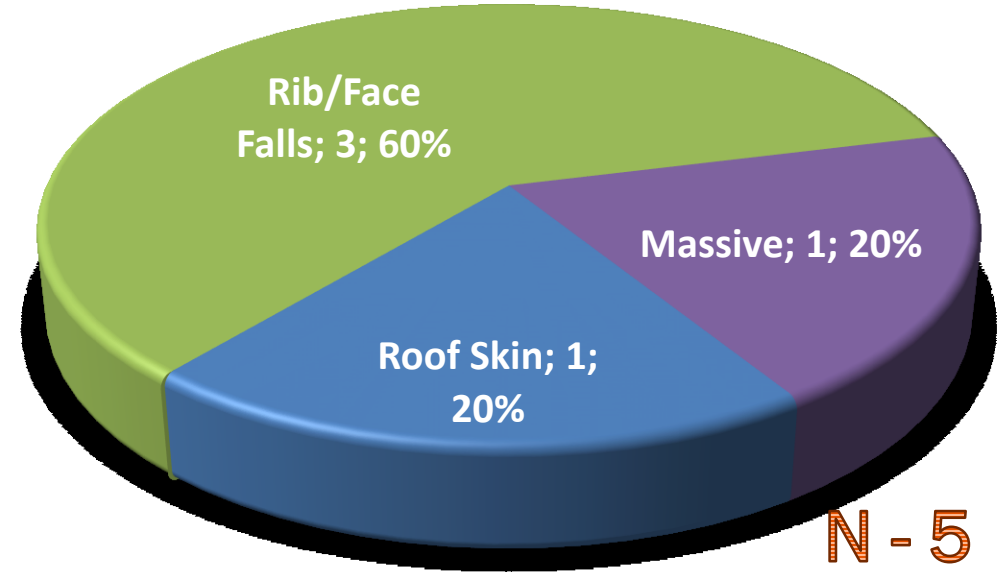
CAUSAS DE MUERTES POR DERRUMBES DE ROCA 2008-2017

Minas de carbón, subterráneas



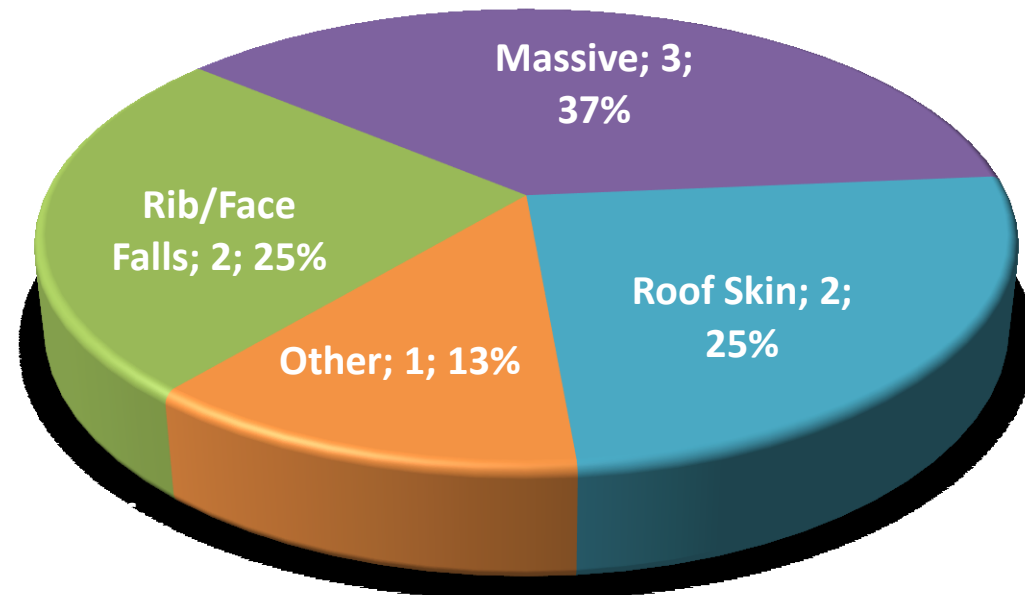
N - 34

Minas de roca, subterráneas



N - 5

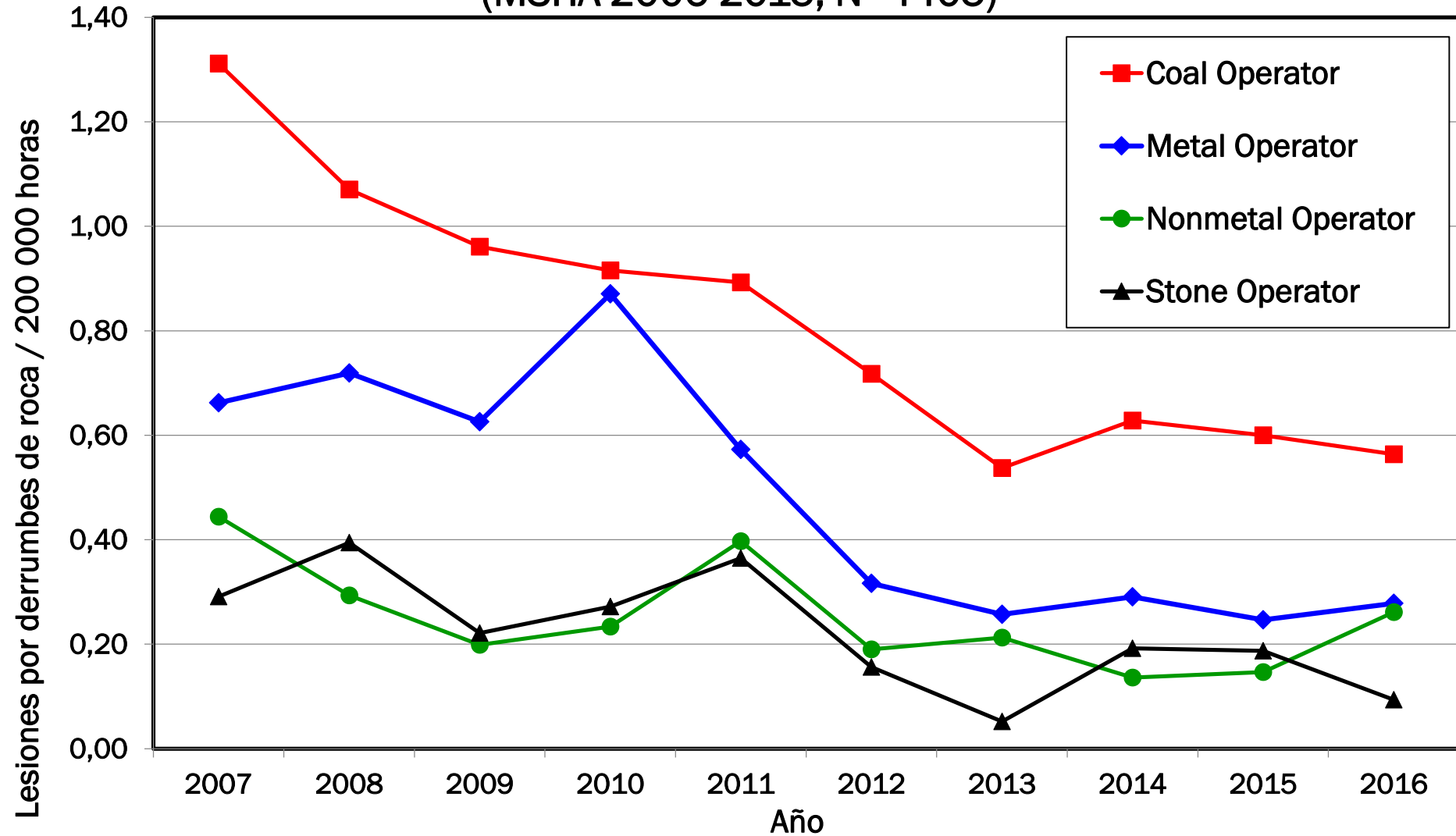
Minas metalúrgicas/no metalúrgicas, subterráneas



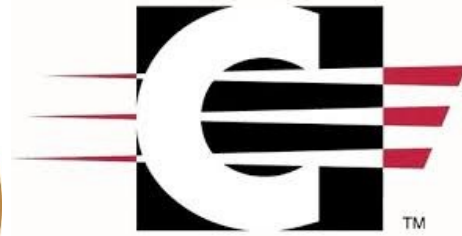
N - 8

¿Por qué estudiar el control de roca?

Comparación de diez años de tasas de lesiones no mortales por derrumbes de roca (2-6), por materia prima (MSHA 2006-2015, N=4405)



¿Por qué estudiar el control de roca?



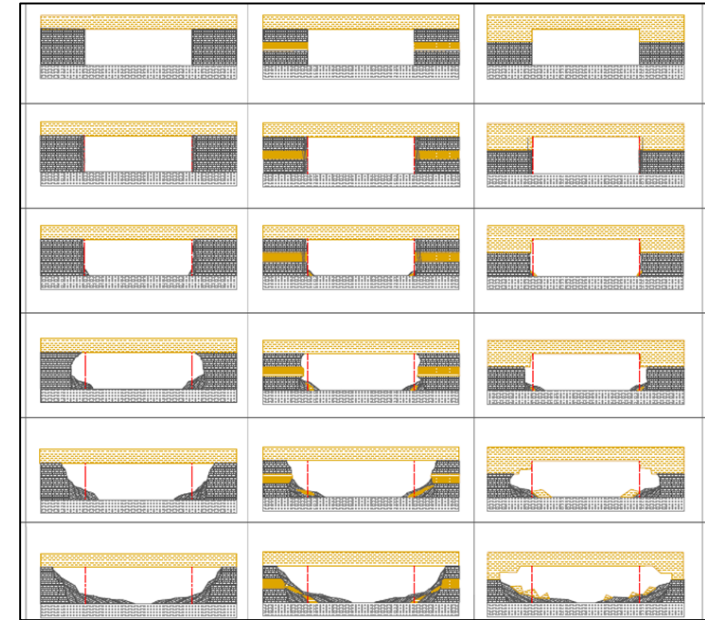
¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Metodología de diseño para el control de pilares de seguridad en minas de carbón

Objetivos de las investigaciones: Desarrollar una metodología de diseño de ingeniería para lograr mayor estabilidad en los pilares de seguridad en las minas de carbón subterráneas.

Enfoque:

- Desarrollar una escala de calificación para los pilares de seguridad de carbón.
- Estudiar los mecanismos de deformación de los pilares de seguridad de carbón y la interacción entre estos pilares y sus soportes.
- Desarrollar una técnica verificada de modelado numérico.
- Crear una herramienta para diseñar y analizar los soportes de los pilares primarios.



¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Metodología de diseño para el control de pilares de seguridad en minas de carbón

Logros del proyecto:

- Visitas y evaluación del sitio en las minas en Pensilvania, Ohio, Virginia, Virginia Occidental, Kentucky, Indiana e Illinois.
- Se desarrolló el procedimiento inicial para la calificación de los pilares de seguridad de carbón.
- Se estableció el modelado por computadora de las fallas del carbón

Se pueden obtener resultados usando herramientas que están fácilmente disponibles



Martillo Schmidt (esclerómetro)



Cinta medidora



Martillo para piedra



Cinzel



Brújula de geólogo

Rendimiento de pilares de seguridad

Site Rating	Safe Coal	Coal with Inclusion Parting	Not Rating Criteria
0	[Diagram]	[Diagram]	None
1	[Diagram]	[Diagram]	None
2	[Diagram]	[Diagram]	None
3	[Diagram]	[Diagram]	None
4	[Diagram]	[Diagram]	None
5	[Diagram]	[Diagram]	None

Coal unit characterization

Coal unit	Face cleat	Blatt cleat	Seams	Schmidt hammer
1	spacing, strike	spacing, strike	per cent, for UCS	
2	spacing, strike	spacing, strike	per cent, for UCS	

Note that, coal and rock characterization tables are only for units of thickness 6-in or more.

Geometría de los pilares de seguridad

MINE NAME: _____
 SITE #: _____
 Date: _____

General Data

Entry Height (ft)	Pillar size (ft)
Entry width (ft)	Overburden
Entry Access (deg)	Date issued
W/OZ Access (deg)	

Ground water conditions

• Dry/ Damp/ light drip/ Heavy drip/ Seeping

Rib Profile

Average block size: _____
 Previously cleaned up: Yes / No

Coal Brightness

COAL CODE	Brightness
Bright	40%
Bright	40%
Bright	10% - 40%
Dull	<10% Bright

Geologic Assemblies

Draw Slim	Yes / No
Seamless / Shale Channel	Yes / No
Clay Vein	Yes / No
Slip / Slacks	Yes / No
Parting	Yes / No

Roof Material Type / Strength: _____
 Floor Material Type/Strength: _____

Stone unit characterization

Stone unit	Discontinuity spacing	Discontinuity strike	Discontinuity strength	Discontinuity samples collected	Schmidt hammer
1	0 - 4 ft	0 - 3 ft	Strong - 7 slices		
	4 ft - 24 ft	30 - 30 ft	Medium - 4-7 slices		
	2.5 ft - 8 ft	>30 ft	Weak - 1-3 slices		
	> 2 ft		Discontinuity		

Mark the Stone unit's number on the rib profile

Other remarks of bedrock/bedrock

Other Remarks: _____

Propiedades de la estratificación

¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Procedimientos de diseño para el control de roca en galerías de acceso



Objetivo de las investigaciones:

Desarrollar procedimientos de diseño de ingeniería para mejorar el control de roca en la excavación de las galerías de acceso de tajo largo.

Enfoque: Recoger datos de campo, monitorear las galerías de acceso de tajo largo y hacer pruebas de laboratorio.

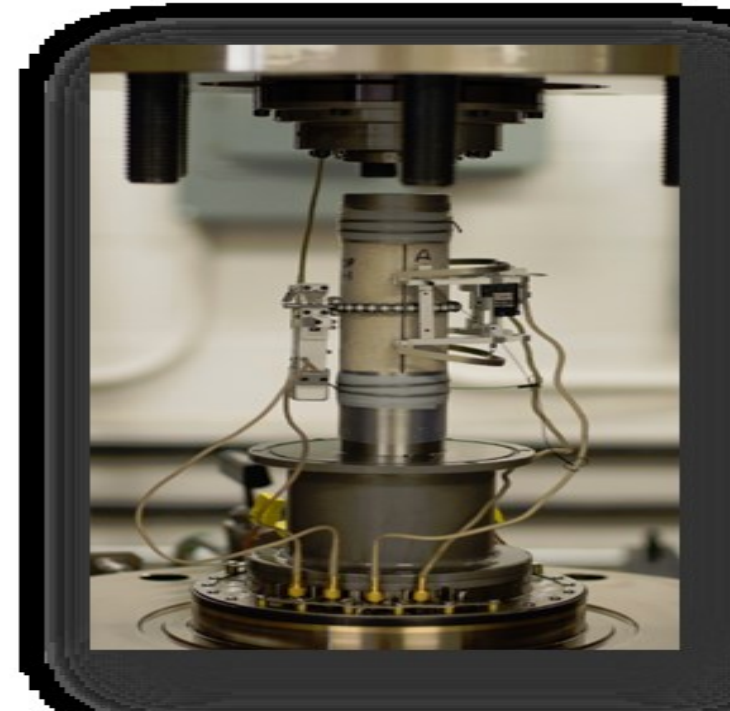
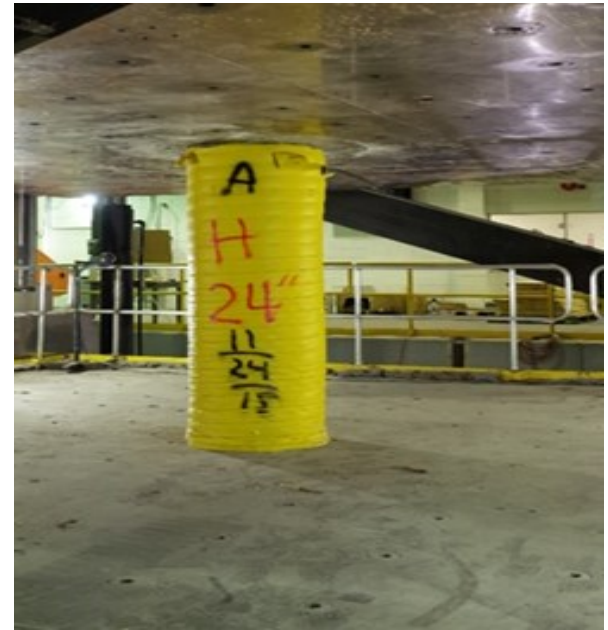
- Cuantificar la interacción entre la roca y los soportes
- Identificar los parámetros críticos
- Desarrollar y probar procedimientos de diseño prácticos

¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Procedimientos de diseño para el control de roca en galerías de acceso

Logros del proyecto:

- Estudios en el campo en las minas de tajo largo de Virginia Occidental, Virginia y Pensilvania.
- Se usaron los resultados a fin de crear procedimientos de análisis para evaluar la carga de las galerías de acceso y el rendimiento de los soportes en condiciones cambiantes.
- Se están haciendo estudios paramétricos para crear procedimientos de diseño.



¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Diseño de pilares en minas de roca subterráneas en condiciones difíciles

Objetivo de las investigaciones: Ampliar nuestros conocimientos sobre la estabilidad de los pilares en condiciones más difíciles y menos entendidas mediante la recolección de datos, sitios con instrumentación detallada y modelado numérico.

Enfoque:

- Crear una base de datos de caliza subterránea
- Equipar las minas con instrumentos e identificar los factores que afectan la estabilidad de los pilares
- Desarrollar los criterios para el diseño de los pilares en las minas de varios niveles y con filones inclinados.

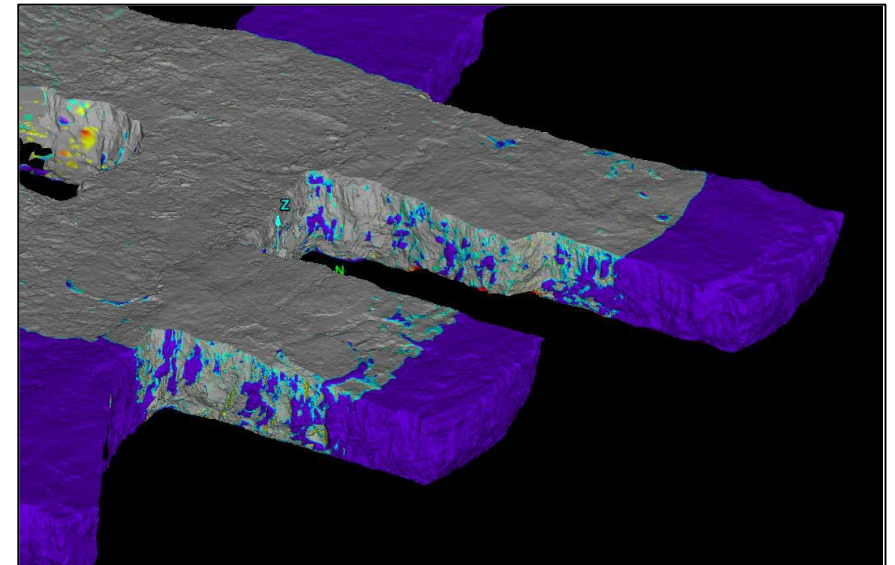
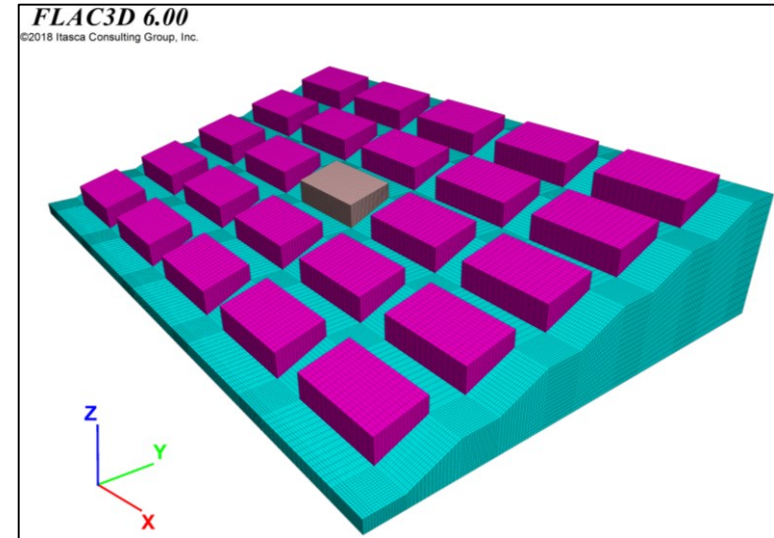


¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Diseño de pilares en minas de roca subterráneas en condiciones difíciles

Logros del proyecto:

- Sitio para el estudio en el campo en el área central de Pensilvania, Tennessee y Ohio con monitoreo sísmico, de estrés y desplazamiento.
- Los resultados se presentaron en el seminario anual sobre seguridad de las rocas en las minas de roca subterráneas.
- Base de datos abarcadora para determinar el estado del sector y los riesgos para la salud que implican estas minas.



¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

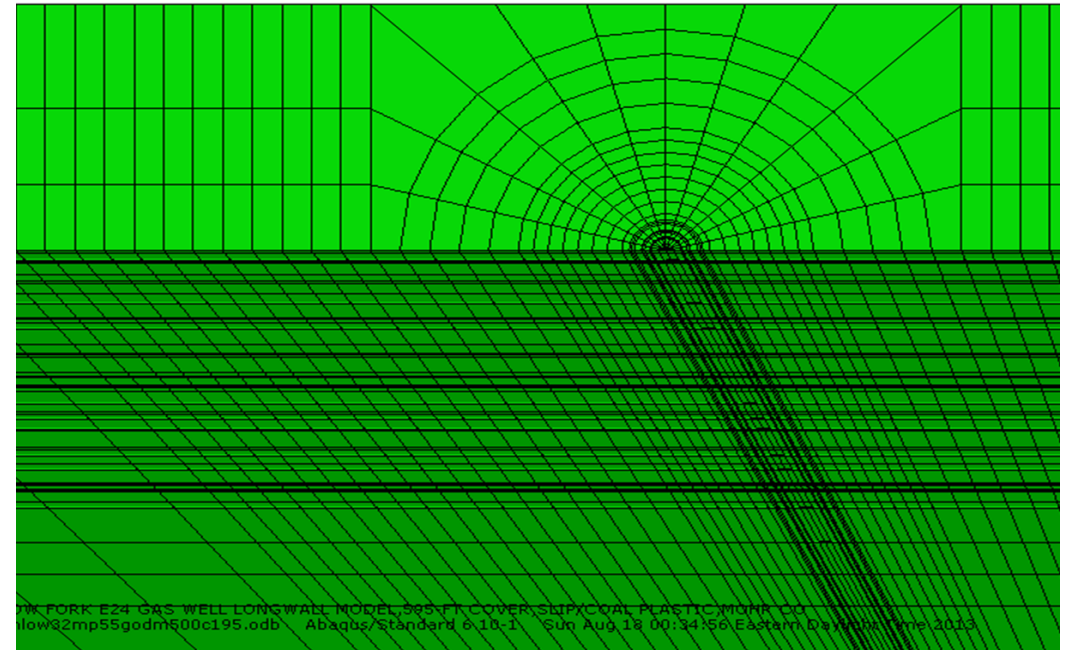
Evaluación de estabilidad de pozos de gas natural activos en pilares de refuerzo de tajo largo

Objetivo de las investigaciones: Desarrollar procedimientos de diseño de ingeniería para reducir la falla de las tuberías de revestimiento en los pozos de gas, lo que podría desencadenar la entrada catastrófica de gas.

MODELO 3D DE POZO DE GAS EN UN PILAR DE REFUERZO DE TAJO LARGO

Enfoque:

- Evaluar y cuantificar las deformaciones bajo la superficie
- Identificar los parámetros críticos que afectan las deformaciones bajo la superficie del manto de recubrimiento
- Evaluar si los parámetros de la norma PA DEP de pilares de pozos de gas de 1957 son adecuados o deficientes.

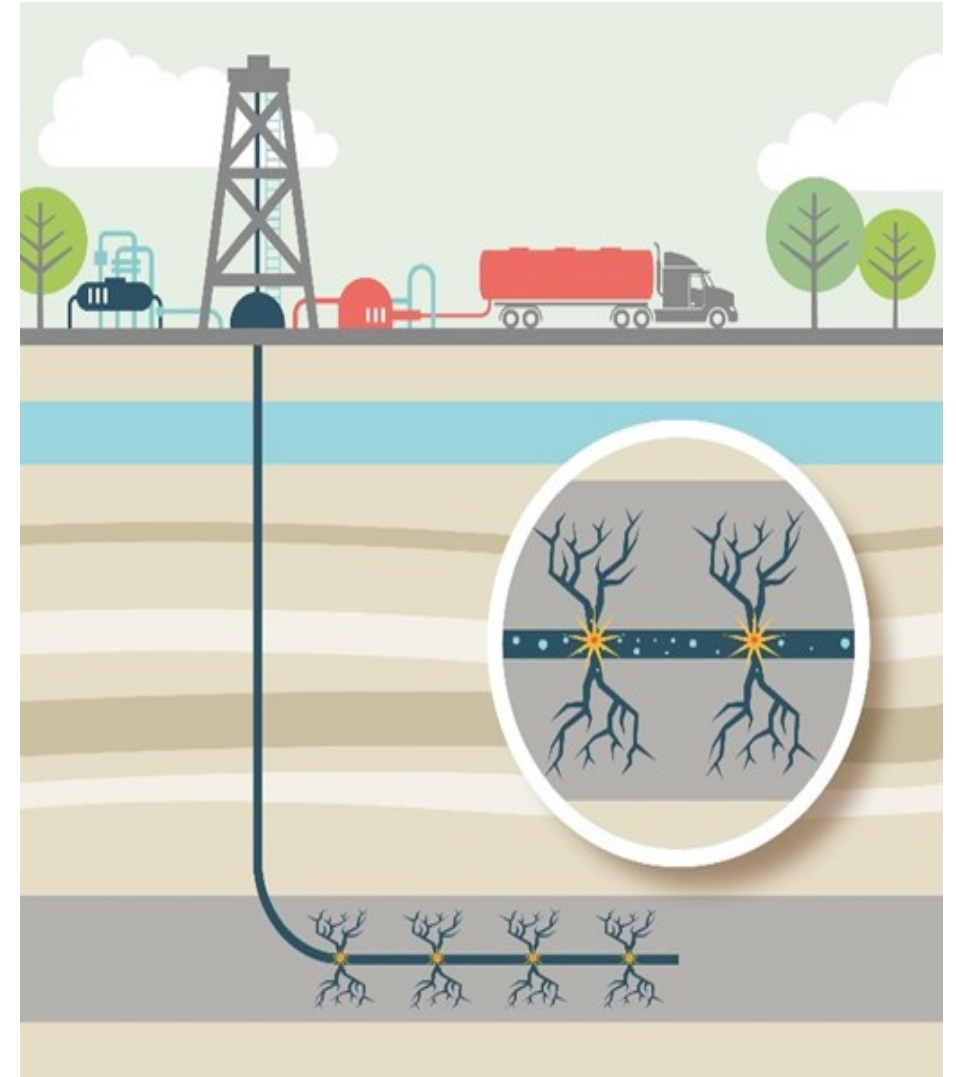


¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Evaluación de estabilidad de pozos de gas natural activos en pilares de refuerzo de tajo largo

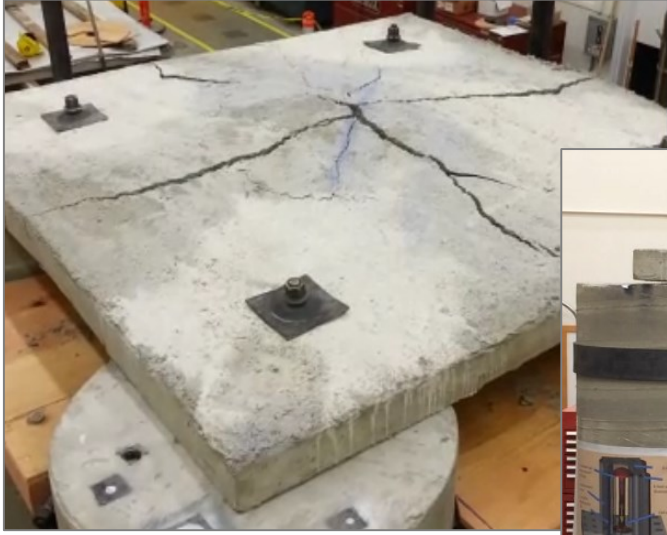
Logros del proyecto:

- Se instalaron dos sitios en el campo, uno a poca profundidad (<500 pies) y otro a gran profundidad (>900 pies) del manto de recubrimiento.
- Los sitios incluyen instrumentos en el nivel del filón y de perforación.
- Se midió la subsidencia de la superficie antes y después de la extracción.
- Se crearon los modelos FLAC3D iniciales que representan los sitios.



¿Qué investigaciones estamos haciendo actualmente?

Proyectos anteriores e investigaciones en Spokane

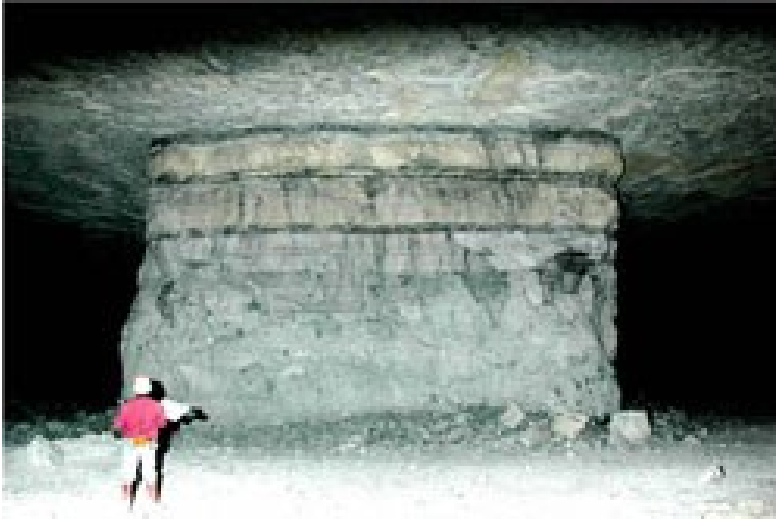


- Debilidad de techos
- Seguridad en minas metalúrgicas profundas
- Diseño de extracción en retirada
- Soporte de techos de minas de carbón
- Optimización de las detonaciones
- Diseño y composición del relleno
- Condiciones peligrosas en las minas de roca subterráneas
- Diseño de tajos largos, han sido muchos
- Sistemas de sostenimiento del macizo rocoso débil en minas metalúrgicas
- Monitoreo sísmico para la seguridad en las minas de carbón
- Mallas de techos
- Creación del sistema de análisis de datos de inspección de minas (MIDAS)



¿De qué manera han tenido impacto nuestros esfuerzos?

Programas informáticos creados por NIOSH

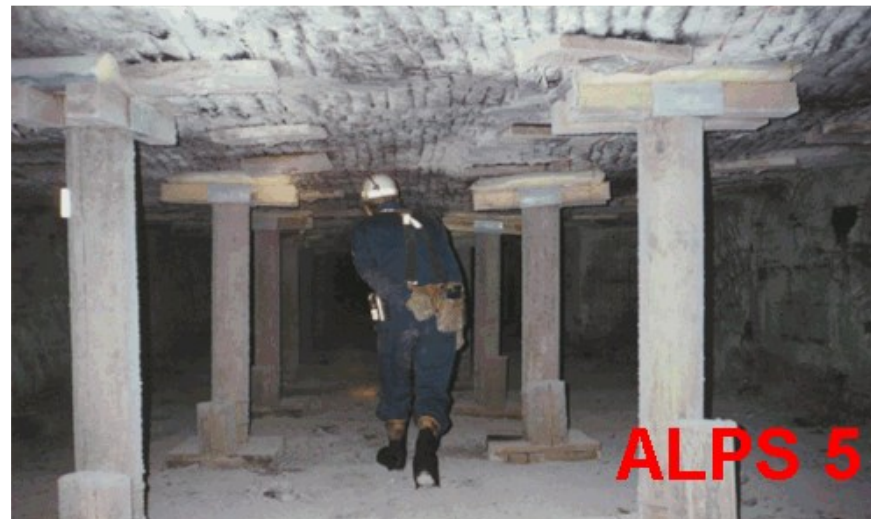


S-Pillar

ALPS



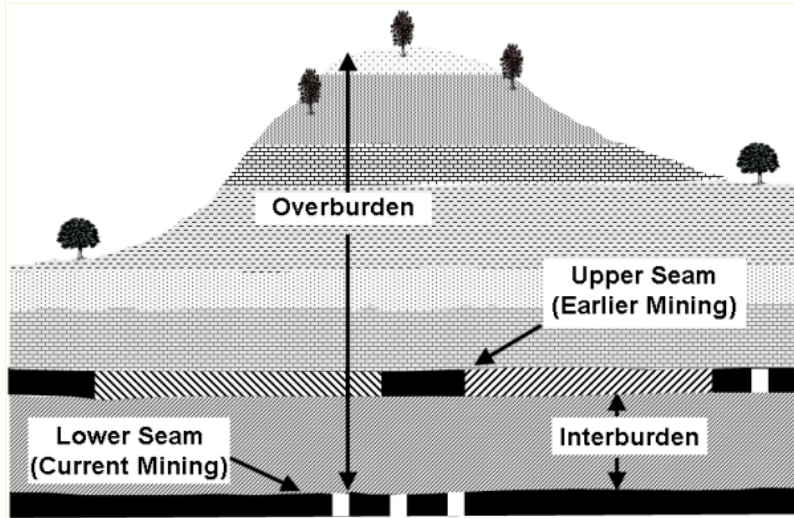
ARMPS



ALPS 5

¿De qué manera han tenido impacto nuestros esfuerzos?

Programas informáticos creados por NIOSH



AMSS

CMRR

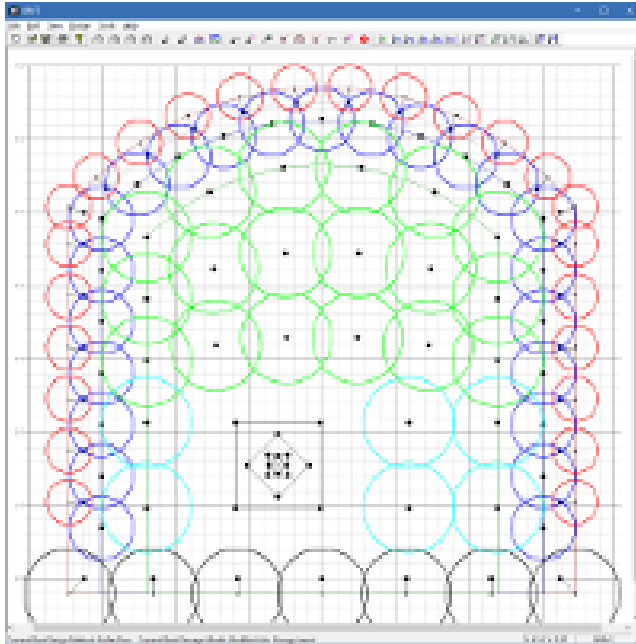


AHSM



¿De qué manera han tenido impacto nuestros esfuerzos?

Programas informáticos creados por NIOSH

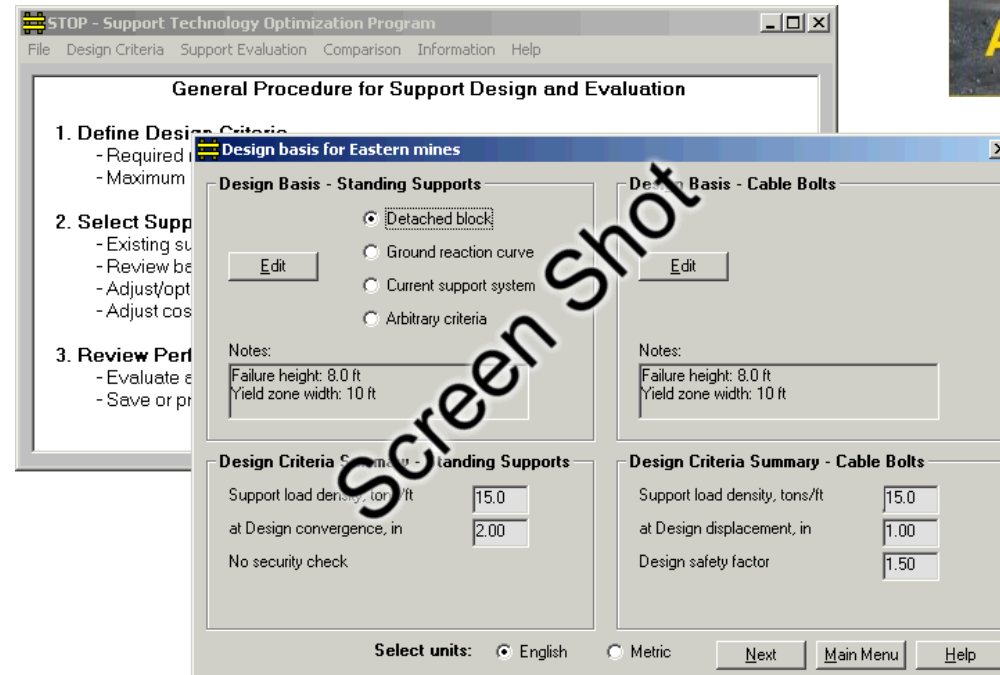


Drift

Stop



ARMPS-HWM



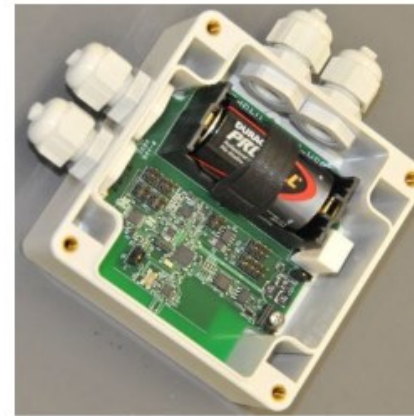
¿De qué manera han tenido impacto nuestros esfuerzos?

NIOSH elaboró directrices y recomendaciones y produjo otros productos de impacto

- Seminario sobre seguridad de las rocas: transmisión de conocimientos y soluciones operacionales
- Diseños de pernos de anclaje
- Diseño de galerías de acceso y estrategias de sostenimiento
- Recomendaciones de diseño para los pilares de anchurón y pilar para el laboreo en retirada
- Diseños sísmicos para la minería de carbón y metal
- Directrices para el relleno de minas metalúrgicas
- Recomendaciones de sistemas de sostenimiento para las minas metalúrgicas profundas
- Desarrollo y comercialización del sistema de registro de datos MIDAS
- Talleres y sesiones de capacitación en el sector

MIDAS Components (Miniature Data Acquisition System)

Datalogger



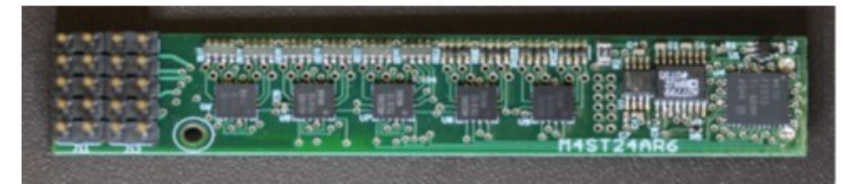
Interface



Amplifier



Strain Gauge Digitizer



Otros esfuerzos para mejorar el control de roca

Contratos de NIOSH para el desarrollo de la capacidad respecto del control de roca mediante anuncios a nivel de agencia

¿Por qué se necesitan?

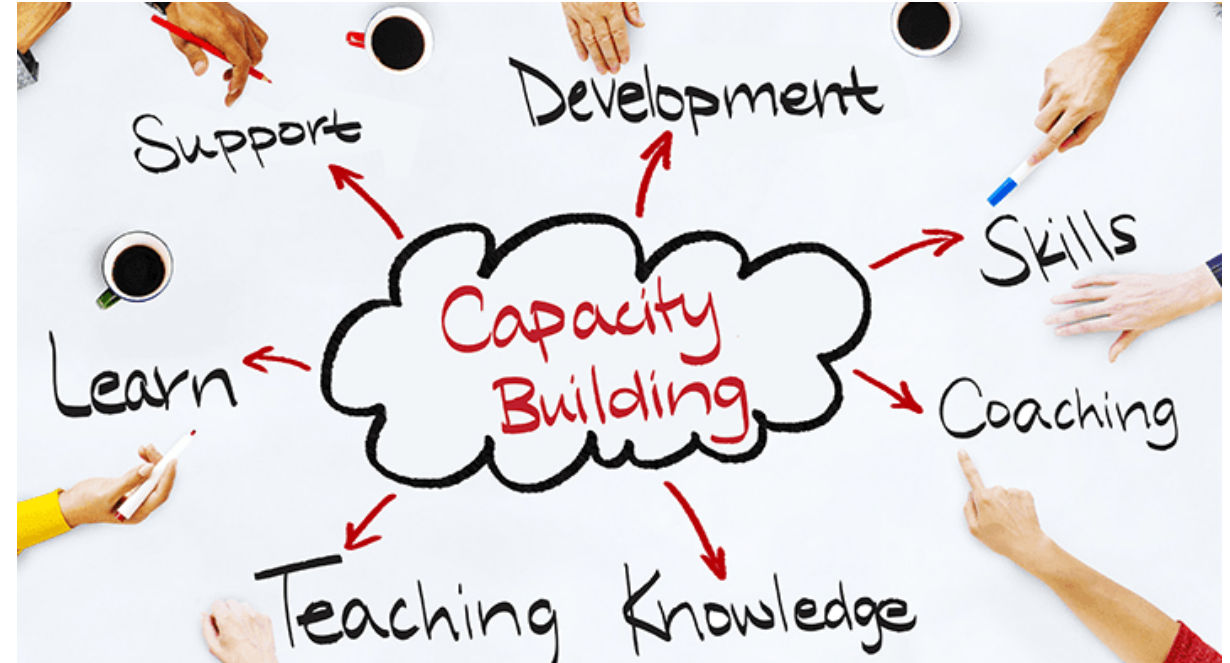
- La cantidad de expertos en este sector ha visto rápidas reducciones en los últimos 10 años
- No hay otro lugar disponible

¿Qué estamos haciendo actualmente?

- Contratos universitarios de minería para ampliar la cantidad de expertos en el control de roca
- 5 presentes, 8 anteriores

¿De qué manera hemos tenido un impacto?

- Hemos preparado a 45 expertos a nivel de grado y a 9 expertos con disertación o tesis pendiente
- Hemos ayudado a 3 profesores universitarios a obtener su titularidad
- Estamos dando apoyo a 11 estudiantes y a 6 profesores encaminados hacia la titularidad



Gracias por su atención

¿¿Tiene preguntas??



Programa de Minería de NIOSH

www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/mineria.html