



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Minería
Area: Minería

(Programa del año 2022)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 06/09/2022 19:49:18)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
TECNOLOGIA DE EXPLOSIVOS	T.UNIV.EXP.MIN.	14/13	2022	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
TORRES MORALES, GUILLERMO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
GIUBERGIA, ANDREA ALEJANDRA	Prof. Colaborador	P.Adj Exc	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
4 Hs	3 Hs	Hs	1 Hs	4 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoría con prácticas de aula y campo	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
08/08/2022	18/11/2022	15	60

IV - Fundamentación

El uso de explosivos en la minería es de gran importancia ya que ayuda y facilita el avance y la extracción de minerales. Si bien su utilización es de mucha ayuda, también es un trabajo muy riesgoso en donde muchas veces no se tiene la consciencia del daño que podría provocar el mal uso de estos, por lo tanto, es de suma importancia recalcar la responsabilidad y el cuidado que hay que tener al usarlos, el no tomar consciencia o descuidarse, podría conllevar a daños fatales. El no reconocer los tipos de explosivos, las características de estos, por ejemplo; densidades, velocidades de detonación y presión de detonación podría ocasionar que, al momento de una voladura, no se logre lo esperado, generándose un exceso de detonación o una detonación incompleta, en cualquiera de estos casos el trabajo no tendrá el resultado deseado. En éste curso se busca evitar una errada manipulación y utilización de explosivos industriales utilizados en explotaciones mineras como así también en obras viales.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

- Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades
- Conocer y comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera.
- Conocer y comprender las mezclas explosivas para lograr la mayor eficiencia en la voladura de acuerdo al comportamiento de la roca.
- Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.
- Aplicar los métodos de cálculo, diseño y análisis de las voladuras, así como los criterios para la más adecuada selección de los mismos para las distintas aplicaciones.
- Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos

- g).-Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.
h).- Reglamentación respecto al almacenamiento y transporte de explosivo

VI - Contenidos

TEMA 1: Termodinámica de los explosivos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1. Conocer la evolución de los explosivos a lo largo de la historia, para comprender su concepto y su principio de aplicación civil.
- 1.2. Conocer las propiedades específicas que dan lugar a que una materia sea explosiva.
- 1.3. Comprender el concepto y las propiedades de la detonación como base del régimen de reacción de los explosivos.
- 1.4. Comprender los mecanismos de propagación de la reacción química que se mueve a través del explosivo, que tienen lugar en la detonación y que determinan la constitución y propagación de la detonación o la extinción de ésta.

CONTENIDOS

1.1. HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS

- La pólvora negra. La Nitroglicerina. Los descubrimientos de Nobel: Las dinamitas y los detonadores. Anfos. Explosivos con agua.

1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

- Combustión, deflagración, detonación. Explosiones.
- Obtención de la reacción explosiva. Factores que influyen en los regímenes de descomposición.

1.3. TEORÍA DE LA DETONACIÓN

- Ecuaciones de conservación. La detonación ideal. Modelo propuesto por Melvin Cook & A. Bauer. Desarrollo de la cabeza de detonación.

1.4. INICIACIÓN DE LA DETONACIÓN

Iniciación homogénea por explosión térmica. Iniciación heterogénea por puntos calientes. Iniciación de explosivos heterogéneos. Iniciación por estímulos de baja velocidad. Transición de deflagración a detonación.

1.5 LA ENERGÍA DE LOS EXPLOSIVOS

- Calor de explosión y potencia de los explosivos
- Ciclo termodinámico de la detonación. Trabajo útil.

TEMA 2. Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1. Conocer las propiedades prácticas relacionadas con la valoración energética de los explosivos, su fiabilidad y su seguridad de uso, y los métodos experimentales para su determinación.

CONTENIDOS

2.1. CARACTERÍSTICAS PRÁCTICAS DE LOS EXPLOSIVOS

Características energéticas Potencia; ensayos Poder rompedor; ensayos. Velocidad de detonación, métodos de medida. Características de fiabilidad Sensibilidad a la iniciación. Transmisión de la detonación. Resistencia al agua y a la presión hidrostática. Características de seguridad. Sensibilidad al impacto y a la fricción. Estabilidad térmica. Resistencia al calor bajo confinamiento.

CONTENIDOS

3.1 EXPLOSIVOS INICIADORES

- Propiedades generales
- Fulminato de mercurio
- Azida o nitrato de plomo
- Estifnato de plomo.

3.2 EXPLOSIVOS SECUNDARIOS

- La iniciación Mecanismo Nitraciones C, O y N Nitraciones industriales.
- Clasificación de los explosivos secundarios
- Nitroaromáticos Propiedades generales La trinitro. La nitroglicerina y el nitrocelulosa.
- Esteres nítricos. Propiedades generales La pentrita. La nitroglicerina y el nitrocelulosa.
- Nitraminas. Propiedades generales. El hexógeno y el octógeno.

TEMA 3: Explosivos industriales

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1. Conocer la constitución y las propiedades de las diferentes familias de explosivos industriales y su ámbito de aplicación.
- 3.2. Conocer de manera básica los métodos de fabricación de las diferentes familias de explosivos industriales.
- 3.3. Conocer los riesgos asociados al empleo de explosivos en ambientes potencialmente peligrosos, en particular en la minería de carbón.
- 3.4. Conocer la constitución, propiedades, clasificación, métodos específicos de ensayo y modo de empleo de los explosivos para uso en minería de carbón.
- 3.5. Conocer la constitución, propiedades, principio de fabricación y aplicaciones de la pólvora negra.
- 3.6. Conocer los sistemas de carga automatizada de barrenos y su aplicación según la constitución del explosivo.
- 3.7. Conocer la gama de productos comerciales de explosivos industriales existentes en el mercado.
- 3.8. Conocer y valorar los parámetros que deben tenerse en cuenta para seleccionar el explosivo para una determinada aplicación.

CONTENIDOS

3. 1. EXPLOSIVOS CONVENCIONALES

Explosivos gelatinosos Propiedades, aplicaciones

Explosivos pulverulentos Propiedades, aplicaciones

Fabricación de explosivos convencionales

Productos comerciales

3. 2. MEZCLAS NITRATO AMONICO-COMBUSTIBLE

El nitrato amónico. Formas de presentación. Propiedades físicas. Propiedades explosivas.

Sensibilización del nitrato amónico por combustibles

Propiedades de las mezclas Anfo. Contenido en aceite mineral. Influencia del tamaño de grano. Efecto de la humedad. Aplicaciones.

Productos comerciales.

3.3. EXPLOSIVOS ACUOSOS

El problema del agua y el nitrato amónico

Hidrogeles Constitución, tipos y propiedades generales. Sensibilización. Propiedades: potencia, densidad, gases de detonación, propiedades reológicas. Aplicaciones. Fabricación.

Emulsiones. Concepto. Emulsiones "agua en aceite".

Emulsiones con sales. Propiedades' potencia, velocidad de detonación, sensibilidad, resistencia al agua. Aplicaciones.

Fabricación. Mezclas emulsión/Anfo. Anfos Pesados.

- Productos comerciales

3.4 EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD

Mecanismos de inflamación del grisú y el polvo de carbón. Factores que afectan a la inflamabilidad del grisú.

Evolución y tipos de explosivos de seguridad. Explosivos con el inhibidor en la composición. Explosivos de intercambio iónico.

Medidas de seguridad y control de los explosivos ante el grisú y el polvo de carbón. Causas más frecuentes de formación de atmósferas peligrosas de grisú y polvo de carbón. Influencia del sistema de cebado y el calibre de los cartuchos. Ensayos de clasificación. Galerías de pruebas. Condiciones de tiro. Productos comerciales

3.5 PÓLVORA NEGRA

Constitución y tipos. Fabricación. Aplicaciones

3.6 CARGA DE LOS BARRENOS

Carga de explosivos encartuchados manual, neumática. Carga a granel. Explosivos granulares. Explosivos bombeables. Mezclado in situ.

3.7 ELECCIÓN DEL EXPLOSIVO

Criterios de selección humedad de barrenos, diámetro y longitud de barrenos, tipo de roca, fragmentación, forma de carga, toxicidad de los gases, naturaleza de la atmósfera, precio.

TEMA 4: ACCESORIOS DE VOLADURA. SISTEMAS DE INICIACIÓN

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4. 1. Conocer la constitución y comprender el funcionamiento de los detonadores ordinarios, eléctricos, tubo de choque y detonadores electrónicos.
4. 2. Conocer la constitución, características y aplicaciones de la mecha lenta.
4. 3. Conocer los tipos y características de los detonadores eléctricos.
4. 4. Conocer los sistemas de energetización para los detonadores eléctricos y los medios de comprobación de su conexión.

4. 5. Conocer los riesgos existentes en la voladura eléctrica y las precauciones a adoptar.
4. 6. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación eléctrica.
4. 7. Conocer los sistemas de conexión y retardo de voladuras mediante tubo de choque. Sistema Nonel.
4. 8. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante iniciación por tubo de choque.
4. 9. Conocer la constitución, características y aplicaciones del cordón detonante y de los sistemas de conexión y retardo aplicados con el mismo.
4. 10. Aplicar esquemas de secuenciación de voladuras mediante cordón detonante.
4. 11. Conocer la constitución y modo de empleo de los multiplicadores de onda, Booster.

CONTENIDOS.

4. 1. DETONADORES ORDINARIOS Y MECHA LENTA

Detonadores ordinarios. Descripción. Funcionamiento. Mechas de seguridad. Mecha lenta Constitución, características, tipos, aplicaciones. Ejemplos de voladuras con detonador ordinario y mecha.

4. 2. DETONADORES ELÉCTRICOS

Descripción. Características eléctricas. Tipos y clasificación. Conexión de los detonadores eléctricos. Sistemas de energización pilas, explosores dinamoeléctricos, explosores de condensador. Aparatos de comprobación.

Riesgos y precauciones en las voladuras eléctricas comentes errantes, líneas de transporte de energía eléctrica, electricidad estática, tormentas, energía de radiofrecuencia. Ejemplos de voladuras con iniciación eléctrica.

4. 3. DETONADORES NO ELÉCTRICOS. SISTEMA NONEL DE INICIACIÓN.

Detonadores no eléctricos: Constitución y funcionamiento. Tipos de detonadores y sistemas de conexión Ejemplos de voladuras iniciadas con detonadores no eléctricos.

4. 4. CORDÓN DETONANTE: Constitución, características y tipos. Sistemas de conexión y retardo. Ejemplos de voladuras iniciadas con cordón detonante.

4. 4. DETONADORES ELECTRÓNICOS

Constitución y funcionamiento. Tipos de detonadores y sistemas de conexión. Ejemplos de voladuras iniciadas con detonadores no electrónicos.

Multiplicadores, Boosters. Concepto y constitución. Criterios de utilización. Multiplicadores temporizados.

TEMA 5: MECANISMOS DE ROTURA DE LAS ROCAS

OBJETIVOS ESPECIFICOS

5. 1. Comprender el mecanismo de la interacción del explosivo y la roca.
5. 2. La resistencia de las rocas.
5. 3 Acción de la onda de choque sobre la roca en inmediaciones del barreno. Interacción con la cara libre.
- 5.4. Efecto de los gases de la explosión.
- 5.4. Rotura y arranque de la roca. Fragmentación.

CONTENIDOS.

Trituración de la roca. Agrietamiento radial. Reflexión de la onda de choque.

Extensión y apertura de las grietas radiales. Fracturación por liberación de carga. Fracturación por Cizallamiento. Rotura por flexión. Rotura por colisión.

TEMA 6 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LAS VOLADURAS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1. Conocer los tipos de ondas sísmicas producidas en las voladuras
- 6.2. Conocer el funcionamiento de los equipos de medida de vibraciones y su utilización práctica
- 6.3. Comprender el concepto de carga cooperante
- 6.4. Aplicar las leyes de propagación de las vibraciones
- 6.5 Aplicar los criterios de prevención de daños según la estructura a proteger y la frecuencia de la vibración. Aplicar la norma UNE sobre vibraciones.
- 6.6 Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de vibraciones.
- 6.7 Conocer las magnitudes características de las ondas explosivas en el aire y los efectos de éstas sobre personas y estructuras en función de su presión máxima.
6. 8. Conocer las causas que influyen en la producción de onda aérea en las voladuras.
8. 9. Conocer las técnicas de diseño y ejecución de voladuras tendentes a limitar la producción de onda aérea.
- 8.10. Conocer las causas que provocan el lanzamiento incontrolado de roca en las voladuras.
- 8.11 Conocer las técnicas de diseño de voladuras tendentes a limitar las proyecciones.
- 6.12. Conocer las medidas de seguridad durante el disparo para evitar daños por proyecciones.

6. 13. VIBRACIONES

Tipos de ondas sísmicas. Medición de vibraciones Sismógrafos. Leyes de propagación. Predicción de los niveles de vibración. Criterios de prevención de daños Aplicación de la norma española de vibraciones.

6.14 ONDA AEREA

Características de la onda explosiva aérea. Valores límite de sobrepresión. Factores que influyen en la emisión de onda aérea en voladuras.

6. 15. PROYECCIONES

Origen de las proyecciones. Velocidad y alcance de los fragmentos. Factores de diseño de las voladuras que afectan a las proyecciones. Medidas de seguridad frente a las proyecciones en el disparo.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS

Se realizarán prácticas de laboratorio y prácticas de campo en grupos reducidos. Se deberá aprobar el 100% de los prácticos propuestos, con cuestionarios previos a la realización de los mismos.

Los trabajos prácticos son cinco con problemas de la actividad:

TRABAJO PRACTICO N° 1 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS. Cálculo de Velocidad de Detonación y de Potencia Relativa.

TRABAJO PRACTICO N° 2. ACCESORIOS DE VOLADURA

TRABAJO PRACTICO N° 3. MEDICIÓN DE VIBRACIÓN Y ONDA AÉREA CON BLASTMATE III.

LOS PRÁCTICOS SERÁN APROBADOS UNA VEZ QUE EL ALUMNO HAGA LA DEFENSA DE LOS MISMOS.

VIII - Regimen de Aprobación

Para aprobar la cursada se deberá tener todos los parciales aprobados y el 100% de los trabajos prácticos.

Los parciales son tres los cuales tienen su correspondiente recuperación, y una recuperación global.

Asistencia 90 % de las prácticas, incluye salidas de campo.

La materia no es promocional se aprueba mediante examen final

IX - Bibliografía Básica

[1] BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

[2] CARLOS LOPEZ JIMENO, Manual de Perforación y voladura de Rocas, ITGE, Segunda edición. Madrid, 1994.

[3] SANCHIDRIAN, J.A. y MUÑIZ, E., Curso de Tecnología de Explosivos, Fundación Gómez Pardo, Madrid, 2000. (Texto).

[4] PERSSON, P.A., HOLMBERG, R. y LEE, J., Rock Blasting and Explosivos Engineenng, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1994.

[5] APUNTES – Realizados por la cátedra en fotocopia y apoyo electrónico.

[6] Dr. CALVIN J. KONYA, Dr. ENRIQUE ALBARRÁN N. Diseño de Voladuras. Logo Diseño.México, 1998.

[7] ANTONIO MARFANY OANES, Tecnología de Canteras y Graveras. FUEYO EDITORES, Madrid, 2004.

[8] U. Langefors B Kihltrom. TECNICA MODERNA DE VOLADURA DE ROCAS. Suecia 1968.

[9] Explosivos Industriales. Dr. Vicente Calbo. Argentina.

X - Bibliografía Complementaria

[1] Perforación y Voladuras de Rocas en Minería, José Bernaola Alonso, Jorge Castilla Gomez, Juan Herrera Herbert. E.T.S de Ingenieros de Minas de Madrid.

[2] Open Pit Blast Design, Analysis and Optimisation A. Scott. A. Cocker. N. Djordjevic. Series Editor T.J. Napier-Munn. University Queensland. Autralia, 1996.

XI - Resumen de Objetivos

OBJETIVOS GENERALES:

- Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades.
- Conocer y comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera.
- Conocer y comprender las mezclas explosivas para lograr la mayor eficiencia en la voladura de acuerdo al

comportamiento del macizo rocoso.

d).-Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.

e).-Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos

f).-Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.

g).- Reglamentación respecto al almacenamiento y transporte de sustancias explosivas.

XII - Resumen del Programa

TEMA 1: Termodinámica de los explosivos.

TEMA 2. Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo.

TEMA 3: Explosivos industriales

TEMA 4: Accesorios de voladuras. Sistemas de iniciación.

TEMA 5: Mecanismos de rotura de las rocas.

TEMA 6: Efectos medioambientales de las voladuras.

XIII - Imprevistos

Debido a que los alumnos realizan sus practicas de campo, en distintas explotaciones, se analizan todas dificultades que experimentan, en los distintos trabajos con explosivos, conforme vayan apareciendo.

XIV - Otros

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	