

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
PIURA**

ESCUELA DE POSGRADO



PLAN CURRICULAR

P91

**MAESTRÍA EN GEOMECÁNICA
MINERA**

MAESTRÍA EN GEOMECÁNICA MINERA

1. Justificación

1.1. Justificación del título propuesto

La gran importancia que está adquiriendo la minería en general, y la metálica en particular, ha hecho que numerosas empresas nacionales y transnacionales hagan una apuesta de presente y futuro para la realización de importantes inversiones en exploración y explotación mineras. Esta circunstancia hace que cada vez más sean necesarias excavaciones de mayor profundidad y complejidad, donde el conocimiento del comportamiento geomecánico del terreno se hace una herramienta imprescindible.

En esta línea, cada vez son más las empresas que requieren profesionales con perfiles de trabajo más amplios que los adquiridos en sus grados y es con este objetivo con el que se plantea esta Maestría, donde los alumnos adquieran aquellas competencias necesarias para abordar las complejas obras de excavación en el terreno para el desarrollo de los trabajos mineros, abarcando tanto las excavaciones superficiales como las subterráneas en minería de interior.

Esta Maestría en Geomecánica Minera trata de adaptar a las necesidades específicamente empresariales los conocimientos adquiridos en los respectivos estudios de grado, internacionalizando los conocimientos y adaptándolos a entornos nuevos de carácter internacional. Pretende realizar una labor de unión entre los distintos estudios, que permita al alumno adquirir una formación global de tal manera que pueda abordar su vida profesional tal y como el mercado demanda en la actualidad, con la adquisición de conocimientos y competencias interrelacionados.

1.2. Descripción de los procedimientos de consulta, internos y externos

Consultas externas

En la elaboración de los planes de estudio han participado de forma activa diversas empresas mineras internacionales, así como diferentes profesionales entre los que destacan Ingenieros de Minas, Ingenieros Civiles, Ingenieros Geólogos y Geólogos, entre otros.

Se han consultado los Libros Blancos de la ANECA de las siguientes titulaciones:

- El libro Blanco de Título de Grado en Ingeniería Civil.
(http://www.aneca.es/var/media/150320/libroblanco_ingcivil_def.pdf)
- El libro Blanco de Título de Grado en Ingeniería de Minas y Energía.
(http://www.aneca.es/var/media/150372/libroblanco_minas_def.pdf)
- El libro Blanco de Título de Grado en Ingeniería de Edificación.
(http://www.aneca.es/var/media/150380/libroblanco_jun05_edificacion.pdf)
- El libro Blanco de Título de Grado de Ingeniero En Geomática y Topografía.
(http://www.aneca.es/var/media/150420/libroblanco_jun05_topografia.pdf)
- El libro Blanco de Título en Geología.
(http://www.aneca.es/var/media/150440/libroblanco_jun05_geologia.pdf)

Se han analizado también las siguientes Órdenes Ministeriales:

- Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

- Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
- Orden CIN/306/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas.
- Orden CIN/310/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Minas.
- ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.
- ORDEN ECI/3856/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.
- Orden CIN/353/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico en Topografía.

Y, además, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- El Proyecto Tuning Educational Structures in Europe, cuyo objetivo es alcanzar la convergencia de la estructuración, los contenidos y los métodos de enseñanza, respetando la diversidad propia de cada país.
([http:// www.Relint.deusto.es/TuningProject/index.htm](http://www.Relint.deusto.es/TuningProject/index.htm))
- Los QAA Benchmark Subject Statements, o principios que pretenden alcanzar la calidad académica.

(<http://www.qaa.ac.uk/academicinfrastructure/benchmark/default.asp>)

Consultas internas

La elaboración de la Maestría está basada en la exitosa experiencia de varias décadas del Área de Conocimiento de Explotación y Prospección de Minas. A lo largo de esos años, se ha establecido una vía de comunicación no sólo externa motivada por los numerosos Proyectos de Investigación llevados a cabo, sino también interna al tener una comunicación fluida con profesionales de otras Áreas de conocimiento.

Además, desde hace varios lustros se han mantenido continuos contactos y colaboraciones a nivel internacional y en América Latina, circunstancia que ha permitido conocer las necesidades específicas de diferentes profesionales al abordar el día a día de su profesión, y ha llevado al planteamiento de elaboración de esta Maestría en Geomecánica Minera, que cubra las necesidades anteriormente citadas.

Se han mantenido reuniones y conversaciones con el fin de perfilar los conocimientos demandados y adaptar la presente Maestría a las necesidades de aquellos profesionales relacionados con la industria minera y su problemática.

2. Objetivos Académicos

- Formar especialistas en el campo de la Geomecánica Minera.
- Capacitar para el diseño, planificación y desarrollo de proyectos Geomecánicos en Ingeniería Minera, Geológica, Civil y Medio Ambiental.
- Capacitar para una correcta gestión de aguas en las explotaciones mineras y obras civiles.
- Capacitar para la identificación, análisis y valoración de los parámetros críticos de carácter geomecánico de una mina que pudieran poner en peligro el negocio minero.

- Capacitar para la selección idónea del método de excavación del terreno optimizando los ciclos de arranque, carga y transporte.
- Capacitar para el análisis fundamental de problemas de inestabilidad del terreno, así como para identificar y valorar la solución óptima al problema planteado.
- Capacitar para el conocimiento de los sistemas y métodos de sostenimiento más novedosos, así como para el cálculo de su dimensionado y la selección de máquinas y equipos.
- Capacitar para el conocimiento y selección de las últimas tendencias sobre el monitoreo, auscultación y control geotécnico.
- Capacitar para la toma de decisiones referente a la prevención de accidentes de origen geomecánico que pudieran poner en peligro la vida de personas y/o las instalaciones y equipos.
- Capacitar para el manejo de software geomecánico especializado que permita un modelamiento de la obra minera y/o civil y contribuya a una adecuada toma de decisiones ante una determinada obra minera y/o civil.

Los contenidos de las asignaturas son de aplicación profesional y con carácter multidisciplinar, en la que confluyen diversos aspectos de disciplinas básicas, como Física, Matemáticas o Geología, y de disciplinas tecnológicas, como Explotación de Minas, Ingeniería Hidráulica, Resistencia de Materiales, Informática básica, entre otras.

En todo momento los objetivos, la planificación y el desarrollo de la Maestría en Geomecánica Minera se atienen a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres y a los principios de igualdad de oportunidades y accesibilidad universal de las personas con discapacidad, no

habiendo de darse ningún tipo de discriminación por cualquiera de esas circunstancias u otras. Así mismo la maestría se atiene a los valores propios de la cultura de la paz y de valores democráticos.

Se trata de un programa formativo, encaminado a la adquisición de conocimientos que permitan preparar profesionales altamente cualificados y que también aporte temas avanzados necesarios para iniciarse en la investigación. Consiste, por tanto, en una propuesta aplicada, integradora y multidisciplinar dentro del campo de Ciencias de la Tierra.

Está organizado en cuatro semestres, en los que una parte de los contenidos son de carácter fundamental y otros corresponden a métodos y técnicas de trabajo e investigación, todos ellos necesarios para adquirir las competencias profesionales que tengan que asumir en el campo de la Geomecánica, vinculada a la Ingeniería Minera, Civil, Geológica y Medio Ambiental.

3. Perfiles de ingreso y requisitos de formación previa

El **perfil** de los alumnos que deseen incorporarse a la realización de la presente Maestría será el de profesionales vinculados a la Ingeniería Minera, Civil, Geológica y/o Medio Ambiental, que deseen ampliar sus conocimientos en el campo de la Geomecánica.

En cuanto a la **formación previa** requerida es la de un conocimiento de las materias de formación general en el campo de las Ingenierías antes mencionadas, tales como Geología, Geotecnia, Matemáticas, Resistencia de Materiales y afines.

4. Criterios de admisión y selección de estudiantes

Los requisitos de acceso serán los exigidos por los reglamentos sobre estudios conducentes a títulos propios en la Universidad de

Oviedo, y para los estudios conducentes al grado de Maestro en la Universidad Nacional de Piura, se deben cumplir los requisitos exigidos según normas vigentes de la Universidad Nacional de Piura alineados a la Ley Universitaria N° 30220.

5. Perfil del egresado

Los egresados de la maestría en Geomecánica Minera adquirirán las siguientes competencias:

- Capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares relacionados con la Ingeniería Minera y la Geomecánica.
- Conseguir la habilidad de integración de conocimientos para formular aplicaciones de desarrollo de nuevas tecnologías mineras.
- Habilidad de aprendizaje autónomo que permita continuar estudiando mediante el desarrollo de la capacidad para la búsqueda de documentación especializada en la literatura científico-técnica de vanguardia y de su asimilación.
- Capacidad de identificación, análisis y valoración de los parámetros críticos de una excavación en el terreno.
- Aplicación de las técnicas de Excavaciones mineras superficiales y/o subterráneas.

6. Estructura académica

El Curso se divide en cuatro semestres, con todas las asignaturas de carácter obligatorio, con un total de 1536 horas presenciales, distribuidas en clases teóricas, clases prácticas de tablero y clases prácticas de campo.

Al finalizar el mismo cada alumno deberá presentar un trabajo fin de Maestro para dar por finalizados los estudios correspondientes. Por último, para alcanzar el grado de Maestro en Geomecánica Minera deberá cumplir los requisitos exigidos según normas vigentes de la Universidad Nacional de Piura alineados a la Ley Universitaria N° 30220.

La configuración de asignaturas por semestres es la que se presenta en la siguiente tabla:

Primer Semestre. Fundamentos de Geomecánica		
S1-A1	Asignatura 1	MECÁNICA DE ROCAS Y DE SUELOS PARA INGENIEROS
S1-A2	Asignatura 2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y GEOMORFOLOGÍA
S1-A3	Asignatura 3	HIDROGEOLOGÍA MINERA I
S1-A4	Asignatura 4	HIDROGEOLOGÍA MINERA II
Segundo Semestre. Geomecánica en Taludes y Open Pits		
S2-A1	Asignatura 5	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
S2-A2	Asignatura 6	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS PROBABILÍSTICOS Y NUMÉRICOS
S2-A3	Asignatura 7	ELABORACIÓN DE MODELOS GEOTÉCNICOS EN 3D. ZONIFICACIÓN
S2-A4	Asignatura 8	PROYECTO DE TESIS
Tercer Semestre: Geomecánica en Minería Subterránea		
S3-A1	Asignatura 9	CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA EL DISEÑO DE TÚNELES, GALERÍAS, PIQUES Y CHIMENEAS
S3-A2	Asignatura 10	SOSTENIMIENTO DE EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS
S3-A3	Asignatura 11	CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO
S3-A4	Asignatura 12	MONITOREO Y CONTROL GEOTÉCNICO
Cuarto Semestre: Modelamiento, control y prevención		
S4-A1	Asignatura 13	DISEÑO GEOMECÁNICO DE PRESAS DE RELAVES Y BOTADEROS
S4-A2	Asignatura 14	PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MINERÍA. LEGISLACIÓN
S4-A3	Asignatura 15	MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE. CIERRE DE MINAS
S4-A4	Asignatura 16	MODELAMIENTO GEOMECÁNICO EN 3D
Proyecto Fin de Maestría		

7. Grado que otorga

Maestro en Geomecánica Minera.

8. Plan de Estudios

MAESTRÍA EN GEOMECÁNICA MINERA

CURSO	CRÉDITO	HOR. TEO.	HOR. PRAC.	TOTAL
I CICLO				
MECÁNICA DE ROCAS Y DE SUELOS PARA INGENIEROS	4	32	64	96
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y GEOMORFOLOGÍA	4	32	64	96
HIDROGEOLOGÍA MINERA I	4	32	64	96
HIDROGEOLOGÍA MINERA II	4	32	64	96
SUB TOTAL	16	128	256	384
II CICLO				
ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS DE EQUILIBRIO LIMITE.	4	32	64	96
ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS PROBABILÍSTICOS Y NUMÉRICOS	4	32	64	96
ELABORACIÓN DE MODELOS GEOTÉCNICOS EN 3D ZONIFICACIÓN	4	32	64	96
PROYECTO DE TESIS	4	32	64	96
SUB TOTAL	16	128	256	384
III CICLO				
CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA EL DISEÑO DE TÚNELES, GALERÍAS, PIQUES Y CHIMENEAS	4	32	64	96
SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS	4	32	64	96
CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO	4	32	64	96
MONITOREO Y CONTROL GEOTÉCNICO	4	32	64	96
SUB TOTAL	16	128	256	384
IV CICLO				
DISEÑO GEOMECANICO DE PRESAS DE RELAVES Y BOTADEROS	4	32	64	96
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MINERÍA. LEGISLACIÓN	4	32	64	96
MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE, CIERRE DE MINAS	4	32	64	96
MODELAMIENTO GEOMECÁNICO EN 3D	4	32	64	96
SUB TOTAL	16	128	256	384
TOTAL				
	CRED.	HOR. TEO.	HOR. PRAC.	TOTAL
	64	512	1024	1536

9. Malla Curricular

MAESTRÍA EN GEOMECÁNICA MINERA

I	MECÁNICA DE ROCAS Y DE SUELOS PARA INGENIEROS	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y GEOMORFOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA MINERA I	HIDROGEOLOGÍA MINERA II
II	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS DE EQUILIBRIO LIMITE.	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y OPEN PITS POR MÉTODOS PROBABILÍSTICOS Y NUMÉRICOS	ELABORACIÓN DE MODELOS GEOTÉCNICOS EN 3D ZONIFICACIÓN	PROYECTO DE TESIS
III	CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA EL DISEÑO DE TÚNELES, GALERÍAS, PIQUES Y CHIMENEAS	SOSTENIMIENTOS DE EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS	CRITERIOS GEOMECÁNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO	MONITOREO Y CONTROL GEOTÉCNICO
IV	DISEÑO GEOMECANICO DE PRESAS DE RELAVES Y BOTADEROS	PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN MINERÍA. LEGISLACIÓN	MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE, CIERRE DE MINAS	MODELAMIENTO GEOMECÁNICO EN 3D

SÍLABO

1. Identificación de la asignatura 1

Nombre Mecánica de Rocas y de Suelos para Ingenieros		Código S1-A1	
Titulación Maestro en Geomecánica Minera		Centro Universidad Nacional de Piura – Universidad de Oviedo	
Tipo:	Obligatoria	Nº total de horas presenciales	40 horas
Periodo	Mensual	Idioma	Español
Coordinador: Miguel Ángel Rodríguez Díaz		Teléfono /email +34647488595/mangelrd@uniovi.es	Ubicación España
Profesorado Miguel Ángel Rodríguez Díaz		Teléfono /email +34647488595/mangelrd@uniovi.es	Ubicación España

1. Contextualización

La problemática de la ingeniería minera radica en la predicción del comportamiento del terreno cuando se actúa de una u otra manera sobre él. La temática de la Mecánica de Rocas y de Suelos como una práctica aplicada a la ingeniería de minas, es de vital importancia para el desarrollo de cualquier obra minera y/o civil. Esta disciplina se encuentra estrechamente relacionada con las corrientes principales de la mecánica clásica y de la mecánica de materiales, pero hay varios factores específicos que la identifican como un campo distinto y coherente de la ingeniería de minas.

Es de fundamental importancia para la ingeniería de minas por que el acto de crear excavaciones para minar cambia los campos de fuerza del ambiente físico de la roca o del suelo. El estudio de la respuesta del terreno a estos cambios requiere de la aplicación de

técnicas analíticas específicamente desarrolladas para dicho propósito, las cuales ahora forman parte de la temática. Tanto la Mecánica de Rocas como la Mecánica de Suelos forman parte de la amplia temática de la Geomecánica que se enfoca a la respuesta mecánica de todos los materiales geológicos. La erudita Sociedad de Geomecánica en Australia, La Australian Geomechanics Society, define a la Geomecánica como "la aplicación de principios geológicos y de ingeniería al comportamiento del terreno, del agua subterránea y al uso de estos principios a la ingeniería civil, ingeniería de minas, ingeniería de costas e ingeniería ambiental en el sentido más amplio".

Esta definición de Geomecánica es casi sinónimo del término Ingeniería Geotécnica, la cual es definida como "la aplicación de la ciencia de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, Ingeniería Geológica y de otras disciplinas relacionadas a la construcción en ingeniería civil, las industrias de extracción y a la preservación y mejora del ambiente" (Anon, 1999).

Los principios de aplicación de la Mecánica de Rocas y de Mecánica de Suelos en la minería subterránea están basados en premisas simples y quizás evidentes en sí. Primero, se postula que a un terreno se le puede atribuir un sistema de propiedades mecánicas que pueden ser medidas en una prueba estándar o que pueden ser estimados utilizando técnicas establecidas. En segundo lugar, se afirma que el proceso de la explotación minera genera una estructura rocosa con huecos, que es favorable al análisis utilizando los principios de la mecánica clásica. La tercera posición es la capacidad de predecir y controlar el comportamiento mecánico de la roca encajante en donde el proceso de minado puede garantizar o incrementar la seguridad y el comportamiento económico de la mina. Estas ideas pueden ser algo elementales. Sin embargo, incluso la aplicación limitada de los conceptos de mecánica en la excavación y en los diseños estructurales en minas es una innovación comparativamente reciente (Hood y Brown, 1999).

La asignatura se encuentra encuadrada dentro del módulo 1 del curso, y sienta las bases geomecánicas para el resto de las asignaturas.

2. Requisitos

El alumnado al que va dirigido esta asignatura deberá contar con formación básica en Geología, Matemáticas y Geotecnia, dominando los conceptos y terminologías básicas de estas disciplinas.

Se valorará la experiencia práctica en el ámbito de exploración y explotación de yacimientos minerales, así como en el ámbito de la ingeniería geotécnica civil.

3. Objetivos

El objetivo general de este curso es poner de manifiesto las consideraciones generales a tener en cuenta a la hora de emprender el análisis geomecánico de un yacimiento mineral u obra civil, y establecer una metodología de toma de datos geotécnicos, desde fases iniciales y durante su desarrollo, para el diseño de excavaciones superficiales o subterráneas geotécnicamente estables.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Conocer los aspectos esenciales relativos al comportamiento de los suelos y de las rocas.
- Conocer los aspectos básicos que influyen en dicho comportamiento y su respuesta frente a las acciones externas provocadas por las obras mineras y/o civiles ejecutadas por el ser humano.
- Capacitar para el análisis de los efectos esperables más importantes de una determinada acción sobre el terreno y la respuesta de éste en función del tipo del terreno.
- Identificar los problemas fundamentales que puede presentar un determinado tipo de terreno y el efecto que sobre él pueden tener las obras ejecutadas.
- Disponer de las competencias básicas para abordar el diseño de obras geotécnicas desarrolladas en otras materias posteriores.

- Conocer las clasificaciones geomecánicas más utilizadas a nivel internacional.
- Establecer sistemáticas de toma y gestión de datos geotécnicos in situ y en sondeos.

4. Contenidos

1. Estudio de tensiones en el terreno
 - 1.1. Concepto de vector tensión y tensor de tensiones
 - 1.2. Tensiones y direcciones principales
 - 1.3. Círculos de Mohr
2. Estudio de deformaciones en el terreno
3. Caracterización geomecánica de macizos rocosos
 - 3.1. El medio rocoso
 - 3.1.1. Propiedades Físicas de la Roca Intacta
 - 3.1.2. Propiedades Resistentes de la Roca Intacta
 - 3.2. Caracterización de discontinuidades
 - 3.2.1. Caracterización geométrica
 - 3.2.2. Propiedades Resistentes de las Discontinuidades
 - 3.3. Clasificaciones Geomecánicas
 - 3.4. Propiedades Resistentes y Deformacionales del Macizo Rocoso
 - 3.4.1. Propiedades resistentes: Criterios de rotura
 - 3.4.2. Módulos de deformación longitudinal y transversal
 - 3.5. Fenómenos de Rockburst
4. Caracterización geomecánica de suelos
 - 4.1. Caracterización Física de Suelos
 - 4.1.1. Relaciones entre fases
 - 4.1.2. Granulometría por tamizado
 - 4.1.3. Granulometría por sedimentación
 - 4.1.4. Plasticidad de suelos
 - 4.2. Sistemas de Clasificación de Suelos
 - 4.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
 - 4.2.2. La clasificación A.A.S.H.T.O.
 - 4.2.3. Las clasificaciones triangulares

- 4.3. Hidráulica de Suelos
 - 4.3.1. Circulación de agua por porosidad
 - 4.3.2. Problemas de tubificación y sifonamiento
- 4.4. Tensiones en el Espacio de Boussinesq
- 4.5. Compresibilidad de Suelos
 - 4.5.1. Consolidación de suelos
 - 4.5.2. Compactación de suelos
- 4.6. Resistencia Mecánica de Suelos
 - 4.6.1. Ensayos de corte directo
 - 4.6.2. Ensayos de compresión simple
 - 4.6.3. Ensayos de compresión triaxial
- 4.7. Ensayos de Campo
 - 4.7.1. Ensayos S.P.T.
 - 4.7.2. Otros ensayos penetrométricos
 - 4.7.3. Placa de carga y presiómetros
- 4.8. Teoría de Asientos
 - 4.8.1. Cálculo de asientos por métodos elásticos
 - 4.8.2. Cálculo de asientos por métodos edométricos
 - 4.8.3. Cálculo de asientos a partir de pruebas de campo
- 4.9. Empuje del Terreno
 - 4.9.1. Tipos y cálculo de empujes
 - 4.9.2. Estabilidad de estructuras de contención
- 4.10. Estudio Geotécnico de Cimentaciones
 - 4.10.1. Cimentaciones superficiales
 - 4.10.2. Cimentaciones profundas

5. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes.

Trabajo propuesto a realizar durante el curso en el que se aplicarán los métodos de cálculo y las técnicas de representación abordadas en la asignatura. Se valorará:

- 10% el plan de trabajo
- 80% los contenidos
- 10% la presentación

6. Evaluación del proceso docente.

La evaluación del proceso docente se realizará mediante una encuesta anónima realizada por los estudiantes una vez evaluada la asignatura. De igual forma el profesorado realizará un informe crítico que refleje los aspectos positivos y negativos más relevantes acaecidos durante el desarrollo de la asignatura. Las incidencias reflejadas posibilitarán la corrección de las deficiencias detectadas y la mejora del proceso.

7. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

1. Harr, M.E. (1987) Reliability-based design in civil engineering. McGraw-Hill, New York.
2. Hoek, E. & J.W. Bray (1981) "Rock slope Engineering" (3rd edition). The Institution of Mining and Metallurgy. Ed. E & FN Spon, London.
3. Hoek, E., P.K. Kaiser & W.F. Bawden (1995) "Support of Underground Excavations in Hard Rock". Balkema, Rotterdam.
4. Hoek, E. (1998) "Reliability of Hoek-Brown estimates of rock mass properties and their impact on design". International Journal of rock mechanics and mining sciences. Vol. 35 (1), pp. 63-68.
5. Kirsten, H.A.D. (1983) "Significance of the probability of failure in slope engineering". Civ. Eng. S. Afr. Vol. 25 (1), pp. 17-27.
6. Priest, S.D. & E.T. Brown (1983) "Probabilistic stability analysis of variable rock slopes". Trans. Instn. Min. & Metallurgy (Sect. A: Min. Industry), 92.
7. Lorig, L. (1999) "Lessons learned from slope stability studies". In FLAC and Numerical modelling in Geomechanics. Detournay, C., Hart, R. Editors. pp. 17-21. Balkema, Rotterdam.

11. SUMILLAS:

Mecánica de Rocas y de Suelos para Ingenieros

El objetivo general de este curso es poner de manifiesto las consideraciones generales a tener en cuenta a la hora de emprender el análisis geomecánico de un yacimiento mineral u obra civil, y establecer una metodología de toma de datos geotécnicos, desde fases iniciales y durante su desarrollo, para el diseño de excavaciones superficiales o subterráneas geotécnicamente estables.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Conocer los aspectos esenciales relativos al comportamiento de los suelos y de las rocas.
- Conocer los aspectos básicos que influyen en dicho comportamiento y su respuesta frente a las acciones externas provocadas por las obras mineras y/o civiles ejecutadas por el ser humano.
- Capacitar para el análisis de los efectos esperables más importantes de una determinada acción sobre el terreno y la respuesta de éste en función del tipo del terreno.
- Identificar los problemas fundamentales que puede presentar un determinado tipo de terreno y el efecto que sobre él pueden tener las obras ejecutadas.
- Disponer de las competencias básicas para abordar el diseño de obras geotécnicas desarrolladas en otras materias posteriores.
- Conocer las clasificaciones geomecánicas más utilizadas a nivel internacional.
- Establecer sistemáticas de toma y gestión de datos geotécnicos in situ y en sondeos.

Contenidos

1. Estudio de tensiones en el terreno
 - 1.1. Concepto de vector tensión y tensor de tensiones
 - 1.2. Tensiones y direcciones principales
 - 1.3. Círculos de Mohr
2. Estudio de deformaciones en el terreno
3. Caracterización geomecánica de macizos rocosos
 - 3.1. El medio rocoso
 - 3.1.1. Propiedades Físicas de la Roca Intacta
 - 3.1.2. Propiedades Resistentes de la Roca Intacta
 - 3.2. Caracterización de discontinuidades
 - 3.2.1. Caracterización geométrica
 - 3.2.2. Propiedades Resistentes de las Discontinuidades
 - 3.3. Clasificaciones Geomecánicas
 - 3.4. Propiedades Resistentes y Deformacionales del Macizo Rcoso
 - 3.4.1. Propiedades resistentes: Criterios de rotura
 - 3.4.2. Módulos de deformación longitudinal y transversal
 - 3.5. Fenómenos de Rockburst
4. Caracterización geomecánica de suelos
 - 4.1. Caracterización Física de Suelos
 - 4.1.1. Relaciones entre fases
 - 4.1.2. Granulometría por tamizado
 - 4.1.3. Granulometría por sedimentación
 - 4.1.4. Plasticidad de suelos
 - 4.2. Sistemas de Clasificación de Suelos
 - 4.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

4.2.2. La clasificación A.A.S.H.T.O.

4.2.3. Las clasificaciones triangulares

4.3. Hidráulica de Suelos

4.3.1. Circulación de agua por porosidad

4.3.2. Problemas de tubificación y sifonamiento

4.4. Tensiones en el Espacio de Boussinesq

4.5. Compresibilidad de Suelos

4.5.1. Consolidación de suelos

4.5.2. Compactación de suelos

4.6. Resistencia Mecánica de Suelos

4.6.1. Ensayos de corte directo

4.6.2. Ensayos de compresión simple

4.6.3. Ensayos de compresión triaxial

4.7. Ensayos de Campo

4.7.1. Ensayos S.P.T.

4.7.2. Otros ensayos penetrométricos

4.7.3. Placa de carga y presiómetros

4.8. Teoría de Asientos

4.8.1. Cálculo de asientos por métodos elásticos

4.8.2. Cálculo de asientos por métodos edométricos

4.8.3. Cálculo de asientos a partir de pruebas de campo

4.9. Empuje del Terreno

4.9.1. Tipos y cálculo de empujes

4.9.2. Estabilidad de estructuras de contención

4.10. Estudio Geotécnico de Cimentaciones

4.10.1. Cimentaciones superficiales

4.10.2. Cimentaciones profundas

Geología Estructural y Geomorfología

Conocer la naturaleza y el origen de las estructuras terrestres constituye uno de los pilares del estudio de cualquier obra de ingeniería minera y/o civil. Luego de estudiar los procesos físicos que generan las estructuras primarias, en rocas sedimentarias y magmáticas, así como los que determinan el modelado del paisaje, esta asignatura se enfoca en el cambio de estructuras de origen tectónico y los procesos de deformación de la roca.

Durante esta asignatura, se desarrollarán aptitudes para reconocer las estructuras resultantes de estos procesos, tanto las producidas por los desplazamientos entre las placas tectónicas como aquellas generadas por efecto de la gravedad.

De este modo, los objetivos de esta asignatura se pueden condensar en los siguientes:

- Capacitar para el análisis de las estructuras de rocas deformadas.
- Capacitar para la identificación de estructuras pre-deformacionales.
- Capacitar para reconocer la geometría de las estructuras deformacionales a diferente escala.
- Capacitar para establecer una temporalidad relativa
- Capacitar al alumno para interpretar el significado cinemático de las mismas.
- Capacitar al alumno para interpretar los procesos mecánicos que las generan.
- Elaborar modelos históricos y cinemáticos de evolución geológica, en beneficio de aplicaciones geoeconómicas.

Contenidos

1. Fracturas y fallas
 - 1.1. Definición y tipos
 - 1.2. Fallas y zonas de falla
 - 1.3. Elementos geométricos de una falla y análisis del desplazamiento
 - 1.4. Salto y separación
 - 1.5. Superficie de falla y estructuras asociadas
 - 1.6. Criterios cinemáticos
2. Fallas normales
 - 2.1. Separación y fallas normales
 - 2.2. Forma y desplazamiento de las fallas normales: pliegues asociados
 - 2.3. Asociaciones estructurales de las fallas normales
 - 2.4. Círculos de Mohr en deformaciones
3. Cabalgamientos o fallas inversas
 - 3.1. Reconocimiento de los cabalgamientos
 - 3.2. Forma y desplazamiento de los cabalgamientos
 - 3.3. Fallas inversas relacionadas con pliegues
 - 3.4. Geometría y cinemática de los sistemas de cabalgamientos en la zona interna
 - 3.5. Análisis del desplazamiento sobre los cabalgamientos
4. Fallas de salto en dirección
 - 4.1. Tipos de fallas de salto en dirección
 - 4.2. Características de las fallas de salto en dirección y estructuras menores asociadas
 - 4.3. Forma, desplazamiento y estructuras relacionadas
 - 4.4. Terminaciones de las fallas de salto en dirección
 - 4.5. Análisis del desplazamiento
5. Mecánica de las fallas y fracturas normales
 - 5.1. Teoría de Anderson del fallamiento
 - 5.2. Fallamiento y distribución de esfuerzos con la profundidad
 - 5.3. La mecánica de los grandes cabalgamientos
 - 5.4. Experimentos sobre fricción y flujo cataclástico

- 6. Pliegues
 - 6.1. Definición y escala
 - 6.2. Elementos geométricos de una y varias superficies plegadas
 - 6.3. Clasificación de los pliegues: a) por su orientación, b) por la forma de las superficies plegadas, c) por el estilo de las capas plegadas (clasificación de Ramsay)
 - 6.4. Pliegues menores asociados a pliegues mayores
 - 6.5. Expresión cartográfica de los pliegues
 - 6.5.1. Pliegues
 - 6.5.2. Definición y escala
- 7. Mecanismos de plegamiento
 - 7.1. Pliegues flexurales y pliegues pasivos
 - 7.2. Pliegues de “buckling” y pliegues de “bending”
 - 7.3. Mecánica del “buckling”
 - 7.4. Pliegues de cizalla. Pliegues “kink” y “chevron”
 - 7.5. Pliegues asociados a fallas: pliegues de rampa y pliegues de propagación de fallas
 - 7.6. Pliegues debidos a contraste de densidades
- 8. Foliaciones
 - 8.1. Concepto de foliación
 - 8.2. Foliación de plano axial o clivaje
 - 8.3. Tipos de clivaje: Clivaje continuo (clivaje pizarroso, estructura filítica y esquistosidad)
 - 8.4. Clivaje disyuntivo (clivaje de crenulación y clivaje espaciado)
 - 8.5. Otras foliaciones secundarias: Estructura Gneísica
 - 8.6. Foliación de cantos aplastados
 - 8.7. Foliación milonítica
- 9. Lineaciones
 - 9.1. Definición
 - 9.2. Tipos de lineaciones: de intersección, de crenulación, mineral y de estiramiento
 - 9.3. Estructuras lineales: cantos estirados, “rods”, “mullions”, lápices y boudines
 - 9.4. Tectónicas

10. Zonas de cizalla
 - 10.1. Definición
 - 10.2. Tipos de zona de cizalla
 - 10.3. Geometría y distribución de la deformación interna
 - 10.4. Deformación progresiva en las zonas de cizalla
 - 10.5. Rocas miloníticas
 - 10.6. Criterios cinemáticos: determinación del sentido de cizalla
11. La Geomorfología como ciencia
 - 11.1. Concepto y objetivos
 - 11.2. Técnicas de trabajo
 - 11.3. Relación con otras ciencias
 - 11.4. La atmósfera terrestre
 - 11.5. Balance global de calor
 - 11.6. Elementos meteorológicos
 - 11.7. Clasificación de climas
12. Morfogénesis básica
 - 12.1. La meteorización
 - 12.2. El suelo
 - 12.3. Modelado en las vertientes
13. Morfología fluvial
 - 13.1. Fundamentos hidrológicos
 - 13.2. Dinámica de corrientes fluviales
 - 13.3. Formas de depósito fluvial
 - 13.4. La red hidrográfica
14. Morfología litoral
 - 14.1. El medio litoral
 - 14.2. Acciones básicas: Deriva litoral
 - 14.3. Formas de ablación marina
 - 14.4. Deriva litoral
 - 14.5. Tipos de costas
15. Geomorfología climática
 - 15.1. Modelado glaciar
 - 15.2. Modelado periglaciar
 - 15.3. Modelado de zonas áridas y semiáridas

- 15.4. Modelado de zonas intertropicales
- 16. Modelado litológico y estructural
 - 16.1. Modelado en calizas. Morfología kárstica
 - 16.2. Modelado en rocas plutónicas y metamórficas
 - 16.3. Modelado en tocas volcánicas
 - 16.4. Geomorfología estructural
- 17. Evolución del relieve
 - 17.1. Secuencias morfológicas
 - 17.2. Superficies de erosión
 - 17.3. Interacción dinámica
 - 17.4. Modalidades denudadoras en los continentes
 - 17.5. Estados evolutivos

Hidrogeología Minera I

El objetivo del módulo impartido es formar (capacitar) al alumno de forma que durante del desempeño de su labor profesional en el campo de la minería sea capaz de desenvolverse en la materia hidrogeología minera mediante la adquisición de las capacidades básicas que le permitan conocer el comportamiento de las aguas subterráneas en la zona de explotación, valorar la problemática existente y adoptar las soluciones más adecuadas tanto desde el punto de vista de las actividades mineras como de protección medioambiental.

Las competencias que debería adquirir por el alumno podrían sintetizarse en:

Competencias básicas:

- Capacidad de recopilación de información, análisis, síntesis y decisión, así como de formular juicios de valor y opinión contrastada.
- Capacidad de organización y planificación de su trabajo en la asignatura.
- Capacidad de crítica y autocrítica en la obtención, análisis y en su caso presentación de la información teórica y práctica.

- Capacidad para demostrar su compromiso con el trabajo realizado.
- Trabajo en equipo y capacidad de comunicación.

Competencias generales:

- Capacidad de adquirir, evaluar, interpretar y sintetizar la información y los datos hidrogeológicos para su aplicación en minería
- Capacidad para utilizar nuevas tecnologías y ser capaz de aplicarlas a “hidrogeología minera”.
- Capacidad para llegar a obtener conclusiones razonadas y ofrecer soluciones a problemas de índole hidrogeológica, en el marco de la minería, mediante la observación, adquisición y medida de propiedades y datos hidrogeológicos, así como su interpretación y valoración.
- Capacidad de utilizar las herramientas informáticas para procesar datos hidrogeológicos, así como herramientas accesorias para elaborar y procesar la información y presentarla en informes o proyectos.
- Capacidad para redactar y elaborar proyectos e informes hidrogeológicos.

Competencias específicas:

- Comprender y conocer los elementos del ciclo del agua y las relaciones entre ellos, destacando la importancia de la fase subterránea.
- Conocer el comportamiento hidrogeológico de las rocas y los parámetros hidrogeológicos fundamentales.
- Adquirir el concepto de acuífero y conocer sus clasificaciones atendiendo a criterios litológicos, de permeabilidad y de comportamiento hidráulico. Conocer el funcionamiento de los

distintos tipos de acuíferos en lo que respecta a los procesos de recarga y descarga.

- Ser capaz de realizar balances hídricos de acuíferos.
- Conocer las leyes hidráulicas que rigen el flujo subterráneo. Comprender y analizar el movimiento del agua subterránea. Resolución de problemas sobre hidráulica subterránea.
- Adquirir nociones básicas sobre modelación de flujo de aguas subterráneas.
- Realización e interpretación de mapas de isopiezas.
- Adquirir los conocimientos básicos obtener parámetros hidrogeológicos mediante ensayos de bombeo, su utilidad, equipos y métodos de interpretación. Resolución de problemas de modo manual y a través de software específico.
- Adquirir los conocimientos básicos sobre hidroquímica del agua subterránea para ser capaz de interpretar los análisis químicos y caracterizar y clasificar el agua subterránea, así como analizarla en función de sus posibles usos.
- Adquirir la metodología específica para recoger, almacenar y analizar datos utilizando técnicas de campo adecuadas en distintas áreas (inventario de puntos de agua, aforos, piezometría, hidroquímica, etc.), valorar los problemas de selección de muestras durante la recogida, así como establecer la validez, exactitud, precisión e incertidumbre de los datos obtenidos.
- Adquirir conocimientos específicos sobre hidrogeología minera en lo que respecta a la afección de las explotaciones en las características de hidrogeológicas de los materiales y alteraciones en el régimen de circulación del agua subterránea, así como el comportamiento hidrogeológico tras el cese de la actividad minera.

- Conocer los aspectos básicos sobre contaminación del medio hídrico por actividades mineras.

Contenidos

1. Climatología, hidrología superficial y agua en el suelo
 - 1.1. Ciclo del agua. Concepto, elementos y definiciones básicas: precipitación, evaporación, evapotranspiración, infiltración, escorrentía, reservas y recursos hidráulicos
 - 1.2. Adquisición y tratamiento de datos meteorológicos
 - 1.3. Infiltración y humedad del suelo. Métodos de medida de la infiltración. Estado del agua en el suelo. Humedad: medida y parámetros característicos. Distribución del agua en el suelo y en el subsuelo
 - 1.4. Evaporación, transpiración y evapotranspiración. Conceptos fundamentales: Evapotranspiración real, potencial y de referencia. Métodos de medida. Balance de agua en el suelo.
 - 1.5. Escorrentía superficial. Conceptos de cuenca superficial versus cuenca subterránea. Adquisición y tratamiento de datos hidrométricos
2. Características hidrogeológicas de los materiales e hidrodinámica subterránea
 - 2.1. Las formaciones geológicas y su comportamiento hidrogeológico. Parámetros hidrogeológicos fundamentales: porosidad, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento. Clasificación de las rocas por su capacidad de almacenar y transmitir agua subterránea. Clasificación de acuíferos.
 - 2.2. Movimiento del agua en el medio subterráneo. Energía del agua en los acuíferos. La ley de Darcy: ámbito de aplicación. Homogeneidad, heterogeneidad, isotropía y anisotropía. Nivel freático y nivel piezométrico.

2.3. Superficies piezométricas: definición y representación.
Elaboración e interpretación de mapas de isopiezas.

3. Hidráulica de captaciones

3.1. Ensayos de bombeo

3.2. Régimen permanente y transitorio

3.3. Métodos de interpretación

3.4. Ejemplos prácticos

Hidrogeología Minera II

El objetivo del módulo impartido es formar (capacitar) al alumno de forma que durante del desempeño de su labor profesional en el campo de la minería sea capaz de desenvolverse en la materia hidrogeología minera mediante la adquisición de las capacidades básicas que le permitan conocer el comportamiento de las aguas subterráneas en la zona de explotación, valorar la problemática existente y adoptar las soluciones más adecuadas tanto desde el punto de vista de las actividades mineras como de protección medioambiental.

Las competencias que debería adquirir por el alumno podrían sintetizarse en:

Competencias básicas:

- Capacidad de recopilación de información, análisis, síntesis y decisión, así como de formular juicios de valor y opinión contrastada.
- Capacidad de organización y planificación de su trabajo en la asignatura.
- Capacidad de crítica y autocrítica en la obtención, análisis y en su caso presentación de la información teórica y práctica.
- Capacidad para demostrar su compromiso con el trabajo realizado.

- Trabajo en equipo y capacidad de comunicación.

Competencias generales:

- Capacidad de adquirir, evaluar, interpretar y sintetizar la información y los datos hidrogeológicos para su aplicación en minería
- Capacidad para utilizar nuevas tecnologías y ser capaz de aplicarlas a “hidrogeología minera”.
- Capacidad para llegar a obtener conclusiones razonadas y ofrecer soluciones a problemas de índole hidrogeológica, en el marco de la minería, mediante la observación, adquisición y medida de propiedades y datos hidrogeológicos, así como su interpretación y valoración.
- Capacidad de utilizar las herramientas informáticas para procesar datos hidrogeológicos, así como herramientas accesorias para elaborar y procesar la información y presentarla en informes o proyectos.
- Capacidad para redactar y elaborar proyectos e informes hidrogeológicos.

Competencias específicas:

- Comprender y conocer los elementos del ciclo del agua y las relaciones entre ellos, destacando la importancia de la fase subterránea.
- Conocer el comportamiento hidrogeológico de las rocas y los parámetros hidrogeológicos fundamentales.
- Adquirir el concepto de acuífero y conocer sus clasificaciones atendiendo a criterios litológicos, de permeabilidad y de comportamiento hidráulico. Conocer el funcionamiento de los distintos tipos de acuíferos en lo que respecta a los procesos de recarga y descarga.
- Ser capaz de realizar balances hídricos de acuíferos.

- Conocer las leyes hidráulicas que rigen el flujo subterráneo. Comprender y analizar el movimiento del agua subterránea. Resolución de problemas sobre hidráulica subterránea.
- Adquirir nociones básicas sobre modelación de flujo de aguas subterráneas.
- Realización e interpretación de mapas de isopiezas.
- Adquirir los conocimientos básicos obtener parámetros hidrogeológicos mediante ensayos de bombeo, su utilidad, equipos y métodos de interpretación. Resolución de problemas de modo manual y a través de software específico.
- Adquirir los conocimientos básicos sobre hidroquímica del agua subterránea para ser capaz de interpretar los análisis químicos y caracterizar y clasificar el agua subterránea, así como analizarla en función de sus posibles usos.
- Adquirir la metodología específica para recoger, almacenar y analizar datos utilizando técnicas de campo adecuadas en distintas áreas (inventario de puntos de agua, aforos, piezometría, hidroquímica, etc.), valorar los problemas de selección de muestras durante la recogida, así como establecer la validez, exactitud, precisión e incertidumbre de los datos obtenidos.
- Adquirir conocimientos específicos sobre hidrogeología minera en lo que respecta a la afección de las explotaciones en las características de hidrogeológicas de los materiales y alteraciones en el régimen de circulación del agua subterránea, así como el comportamiento hidrogeológico tras el cese de la actividad minera.
- Conocer los aspectos básicos sobre contaminación del medio hídrico por actividades mineras.

Contenidos

1. Modelización del flujo de agua
2. Modelos en Hidrogeología
 - 2.1. Redes de flujo
 - 2.2. Conceptos fundamentales sobre modelos numéricos en hidrogeología
3. Calidad y contaminación
 - 3.1. Química del agua. Interpretación y tratamiento de datos de análisis químicos. Evolución geoquímica de las aguas en los acuíferos. Técnicas de estudio y representación.
 - 3.2. Contaminación de las aguas subterráneas. Tipología de la contaminación
4. Hidrogeología aplicada a la minería
 - 4.1. Afección de la minería en el funcionamiento hidrogeológico de los materiales. Modificaciones en el régimen de circulación del agua subterránea. Cese de la actividad minera. Ejemplos prácticos.
 - 4.2. Contaminación del medio hídrico por actividades mineras. Ejemplos prácticos.

Estudio de Estabilidad de Taludes y Open Pits por Métodos de Equilibrio Límite

El objetivo general de esta asignatura es poner de manifiesto los distintos métodos de equilibrio límite, identificando sus potencialidades, así como su rango de aplicabilidad.

Los objetivos específicos perseguidos son los siguientes:

- Diferenciar entre los distintos métodos de cálculo de estabilidad de taludes y open pits con los métodos de equilibrio límite.
- Identificar y conocer la metodología óptima para el cálculo de los parámetros que caracterizan la estabilidad de los taludes y open pits.

- Estudiar la estabilidad de taludes y open pits frente a inestabilidades por discontinuidades.
- Estudiar la estabilidad de taludes y open pits frente a inestabilidades rotacionales.
- Estudiar la estabilidad de taludes y open pits frente a inestabilidades por desprendimientos y caída de rocas.
- Estudiar la estabilidad de taludes y open pits frente a inestabilidades por fenómenos de toppling.
- Estudio de inestabilidades de taludes y open pits por aplicación de software específico.

Contenidos

1. Introducción
 - 1.1. Tipos de Inestabilidad en el terreno
 - 1.2. Factores de susceptibilidad
2. Comprobación de los estados límite
 - 2.1. Estados límite a comprobar
 - 2.2. Métodos de cálculo del estado límite último de deslizamiento
3. Comprobación del deslizamiento por rotura circular del terreno
 - 3.1. Ábacos de Taylor
 - 3.2. Ábacos de Hoek y Bray
 - 3.3. Métodos de las dovelas: Fellenius, Bishop, Morgenstern-Price
4. Estudio de Seguridad para Rotura Plana
 - 4.1. Análisis de la seguridad utilizando proyección estereográfica
 - 4.2. Cálculo del factor de seguridad
 - 4.3. Estudio de la estabilidad mediante software específico
5. Estudio de Estabilidad de Cuñas
 - 5.1. Test de Markland y Hocking

- 5.2. Estabilidad de una cuña con planos de discontinuidad sin cohesión y ambos con la misma fricción
- 5.3. Método de Hoek y Bray
- 5.4. Método de John
- 5.5. Estudio de la estabilidad mediante software específico
- 6. Estudio de Estabilidad para rotura circular
 - 6.1. Análisis de la Estabilidad Global de la Masa de Terreno para Rotura Rotacional
 - 6.2. Análisis de la Estabilidad de la Corta por Métodos de Dovelas
 - 6.3. Estudio de la Estabilidad Mediante Software Específico
- 7. Estudio de Toppling
 - 7.1. Tipos de rotura por vuelco
 - 7.2. Análisis del vuelco de bloques
 - 7.3. Análisis del vuelco por flexión. Método de Adhikary
 - 7.4. Análisis de la rotura en taludes de muro
 - 7.5. Estudio de la estabilidad mediante software específico

Estudio de Estabilidad de Taludes y Open Pits por Métodos Probabilísticos y Numéricos

1. Objetivos

El objetivo general de esta asignatura es la aplicación de métodos estadísticos y métodos numéricos para la obtención de la probabilidad de falla en el primero, y del estado tensional en el segundo.

Los objetivos específicos perseguidos son los siguientes:

- Aplicar la estadística al estudio de estabilidad de taludes.
- Identificar las distribuciones características de los parámetros geotécnicos representativos.

- Aplicar los de diversos softwares al estudio probabilístico de la estabilidad de taludes.
- Conocer las bases para la modelización de problemas geotécnicos.
- Resolver problemas geotécnicos específicos mediante la utilización de software especializado.
- Aplicación del estudio a casos prácticos.

Contenidos

1. Conceptos de estadística
 - 1.1. Variable Aleatoria
 - 1.2. Distribución de Frecuencias
 - 1.3. Medidas de Tendencia Central
 - 1.4. Medidas de Dispersión
2. Función de Densidad y Función de Distribución
 - 2.1. Definición
 - 2.2. Funciones de Mayor Aplicación en Geotecnia
 - 2.3. Interpretación y Estudios de Probabilidad
3. Teoría de la Seguridad Aplicada al Cálculo de Taludes
 - 3.1. Obtención de la Probabilidad de Falla
 - 3.2. Obtención de la Distribución del Factor de Seguridad
4. Teoría del muestreo
 - 4.1. Estimación estadística
 - 4.2. Teoría de pequeñas muestras
5. Análisis estadístico de la estabilidad en función del mapeo del Plt
6. Estudio de la Probabilidad de Fallo por aplicación de software informático

7. Aplicación del Método de los Elementos Discontinuos al Estudio de Desprendimientos y Deslizamientos de bloques. Software de modelización de bloques
 - 7.1. Planteamiento tradicional considerando los bloques como sólido rígido
 - 7.2. Planteamiento por el método de los elementos discontinuos
 - 7.3. Análisis de la estabilidad de cuñas en huecos subterráneos por el método de elementos discontinuos
 - 7.4. Análisis de la estabilidad de bloques en cortas y excavaciones a cielo abierto
8. Aplicación del Método de Elementos Finitas al Análisis de Excavaciones. Software específico de modelización
 - 8.1. Mallados
 - 8.2. Condiciones iniciales y de contorno
 - 8.3. Introducción de propiedades
 - 8.4. Cálculo de Factores de seguridad
 - 8.5. Influencia de la presencia de agua
9. Aplicación del Método de Elementos Finitas al Análisis de Excavaciones. Software específico de modelización
 - 9.1. Mallados
 - 9.2. Condiciones iniciales y de contorno
 - 9.3. Introducción de propiedades
 - 9.4. Cálculo de Factores de seguridad
 - 9.5. Influencia de la presencia de agua

Elaboración de Modelos Geotécnicos en 3D. Zonificación

El objetivo general de este módulo es dotar al alumno de capacidad para enfrentarse a datos de campo en el ámbito geomecánico proveniente de diversos soportes para obtener la zonación

geomecánica imprescindible para hacer la planificación y posterior programación de la explotación. Para ello es necesario conocer al menos los rudimentos de la modelización espacial así como los diferentes métodos de intra/extrapolación de variables de ámbito regional y la forma de explotar esos resultados tanto de forma visual como en hojas de cálculo.

Así mismo, también se plantean como objetivos los siguientes:

- Conocer lo que es un modelo de malla y un modelo de bloques
- Utilizar de modo elemental herramientas de planificación minera.
- Establecer qué variables y desde qué soportes se utilizarán corregidas e integradas en una modelización espacial
- Conocer y aplicar métodos de intra/extrapolación no geoestadísticos
- Conocimientos básicos y aplicación de geoestadística, entendiendo las mejoras que supone con respecto a los métodos clásicos.
- Integrar resultados obtenidos de diversas fuentes de modo global que permitan un análisis de conjunto para establecer estrategias a corto y largo plazo.

Contenidos

1. Integración y tratamiento de la información territorial y geomecánica con el uso de los SIG
2. Las variables a considerar para la modelización geomecánica
 - 2.1. Uniformización de soportes
 - 2.2. Análisis de comportamiento espacial
 - 2.3. Regularización
3. Métodos de Modelización
 - 3.1. Mallas

- 3.2. DTM
- 3.3. Bloques
- 3.4. Métodos geométricos
- 3.5. Métodos estadísticos
- 3.6. Variables regionalizadas - El variograma
- 3.7. El Kriging
- 3.8. La Simulación Condicionada
- 4. Representación de Resultados y Planificación
- 5. Gestión de datos geomecánicos
 - 5.1. Reservas y Recursos
 - 5.2. Modelos Digitales como herramienta básica de Planificación
 - 5.3. Aplicación del software DATAMINE
 - 5.4. Aplicación del software SGeMS
- 6. Cartografía Geotécnica como resultado final mediante el uso del SIG ráster

Aplicación a explotaciones mineras

Proyecto de Tesis

El objetivo principal es culminar con el Trabajo de Investigación a Nivel de Máster.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Poseer el conocimiento de cómo utilizar las Técnicas de Investigación para usarlas satisfactoriamente en el Proyecto Fin de Máster.
- Plantear el Proyecto de Tesis, presentarlo a la Universidad para que sea aprobado.

Contenidos

- 1. Generalidades

- 1.1. Título
- 1.2. Autor
- 1.3. Asesor
- 1.4. Tipo de investigación
- 1.5. Línea de investigación
- 1.6. Localidad
- 1.7. Duración de la investigación
2. Plan de investigación
 - 2.1. Realidad problemática
 - 2.2. Formulación del problema
 - 2.3. Objetivos
 - 2.4. General
 - 2.5. Específicos
 - 2.6. Antecedentes
 - 2.7. Justificación
 - 2.8. Marco teórico
 - 2.9. Marco conceptual
3. Metodología
 - 3.1. Tipo de estudio
 - 3.2. Diseño de investigación
 - 3.3. Hipótesis (si corresponde)
 - 3.4. Operacionalización de variables
 - 3.5. Población, muestra y muestreo
 - 3.6. Criterios de selección (si corresponde)
 - 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos
 - 3.8. Validación y confiabilidad del instrumento
 - 3.9. Métodos de análisis de datos
 - 3.10. Aspectos éticos (si corresponde)
4. Aspectos administrativos
 - 4.1. Recursos y presupuesto
 - 4.2. Financiamiento
 - 4.3. Cronograma de ejecución
5. Referencias bibliográficas
6. Anexos (si corresponde)

Prácticas I

El objetivo principal poner de manifiesto de manera práctica lo aprendido hasta el momento, haciendo especial hincapié en la minería superficial.

Contenidos

Realización de talleres prácticos de temáticas relacionadas con el contenido de las asignaturas previas.

Criterios Geomecánicos para el Diseño de Túneles, Galerías, Piques y Chimeneas

El objetivo general perseguido con esta asignatura es el de perfeccionar a profesionales en las más recientes técnicas y metodologías de excavación de obras subterráneas, de manera que sean capaces de reconocer y seleccionar la metodología de diseño y excavación más apropiada a los requerimientos de gestión y uso específico de acuerdo a las condiciones geológicas y civiles que se puedan presentar.

El objetivo específico del Máster es la capacitación de los asistentes en el dominio de las diferentes técnicas que existen hoy en día en el diseño y la excavación de obras subterráneas, optimizando los conocimientos adquiridos y encaminarlos a una aplicación real en obra.

Contenidos

1. Conceptos básicos de tunelería
 - 1.1. Definición de túneles
 - 1.2. Tipología de túneles
 - 1.3. Planificación y teconocimiento para excavación de túneles
2. Aplicación de la Geotecnia al diseño de túneles
 - 2.1. Uso de las clasificaciones geomecánicas
 - 2.2. Criterio geológico geotécnico
3. Diseño geotécnico en excavación de túneles

- 3.1. Método empírico
- 3.2. Método geológico geotécnico
- 3.3. Método analítico
- 3.4. Método numérico
- 3.5. Elección del sistema de excavación
- 4. Métodos de construcción y excavación
 - 4.1. Métodos tradicionales
 - 4.2. Perforación y voladuras
 - 4.3. Métodos mecanizados (TBM)
 - 4.4. Nuevo método austriaco de excavación de túneles
 - 4.5. Planificación, organigrama de personal y parque de maquinaria
- 5. Ventilación
 - 5.1. Parámetros a considerar
 - 5.2. Diseño de la red de ventilación
 - 5.3. Selección de ventiladores
- 6. Sostenimiento y revestimiento de túneles
 - 6.1. Recomendaciones de excavación y sostenimiento con clasificaciones geomecánicas
 - 6.2. Hormigón proyectado
 - 6.3. Pernos de anclaje
 - 6.4. Sostenimiento metálico, tipos de cerchas
 - 6.5. Anillos de dovelas
 - 6.6. Revestimientos y carros de encofrado
- 7. Servicios auxiliares
 - 7.1. Drenaje, desagüe e impermeabilización
 - 7.2. Iluminación y electrificación

- 7.3. Mantenimiento
- 7.4. Otros servicios auxiliares
- 8. Control de obra
 - 8.1. Auscultación
 - 8.2. Repercusiones en superficie
- 9. Diseño de galerías, piques y chimeneas
- 10. Control de vibraciones
 - 10.1. Vibraciones por voladuras. Aspectos generales
 - 10.2. Normas de aplicación y metodología de actuación

Sostenimiento de excavaciones subterráneas

Una vez completada la asignatura el alumno ha de ser capaz interpretar los datos que le proporciona la geomecánica del terreno y a partir de ahí de seleccionar y diseñar el sostenimiento más adecuado en función del tipo de infraestructura a diseñar.

Conocerá igualmente los principios de funcionamiento y colocación de los diferentes métodos de sostenimiento. Tendrá así mismo la capacidad de poder profundizar en el estudio de cualquiera de ellos si sus necesidades profesionales se lo requieren en un futuro.

Contenidos

- 1. Visión general del sostenimiento
- 2. Teoría de las Curvas Características
 - 2.1. Conceptualización del diseño de sostenimientos mediante esta teoría
 - 2.2. Curva característica del terreno
 - 2.3. Curva característica de diferentes sostenimientos
 - 2.4. Diseño de sostenimientos de acuerdo a esta teoría
 - 2.5. Estudio mediante software específico
- 3. Diseño de Sostenimientos de Acuerdo a los Índices RMR y Q

- 3.1. Sostenimiento según Bieniawski
- 3.2. Sostenimiento según Barton
- 4. Diseño de Sostenimientos con Madera
 - 4.1. Características de diseño
 - 4.2. Sostenimiento de galerías
 - 4.3. Sostenimiento de tajos
- 5. Sostenimiento con Bulones y Cables
 - 5.1. Características generales
 - 5.2. Clasificación
 - 5.3. Diseño de sostenimiento con anclajes
- 6. Sostenimiento con shotcrete
 - 6.1. Características generales
 - 6.2. Cálculo del espesor de la capa de shotcrete
- 7. Sostenimiento Metálico
 - 7.1. Sostenimiento de tajos con estemples metálicos
 - 7.2. Sostenimiento de galerías con cimbras rígidas
 - 7.3. Sostenimiento de galerías con cimbras deslizantes
- 8. Inyecciones en el Terreno
 - 8.1. Características de diseño
 - 8.2. Inyecciones en base a cemento
 - 8.3. Inyecciones en base a resina
- 9. Cámaras y pilares
 - 9.1. Diseño
 - 9.1.1. Métodos empíricos
 - 9.1.2. Métodos basados en el RMR
 - 9.1.3. Métodos basados en la teoría del área atribuida

9.1.4. Teoría del arco

9.1.5. Teoría de la viga

9.1.6. Teoría de la placa

9.1.7. Método de Mathews

9.2. Distribución de Tensiones en los Pilares en Función de la
Inclinación

9.3. Dimensionamiento de Pilares Frente a Fallo por
Discontinuidades

9.4. Capacidad de Carga del Muro

9.5. Diseño de sostenimientos mediante software específico

Criterios Geomecánicos para la Selección del Método de Minado

Los objetivos son la referencia básica de los aprendizajes que se pretende que alcancen los estudiantes a través de su trabajo en el desarrollo de la asignatura.

Deben estar conectados con los objetivos formativos que se han definido de forma general para el título de forma que quede clara su pertinencia en cuanto a la formación profesional, académica o investigadora de los estudiantes.

Los objetivos cumplen una función de guía y orientación para el establecimiento de los contenidos y para el desarrollo metodológico del proceso de enseñanza-aprendizaje (métodos docentes, modalidades organizativas y sistemas de evaluación).

Los objetivos suelen tener un nivel de generalidad menor al de las competencias. Aunque su formulación es similar, debe considerarse que las competencias planteadas para el conjunto del título pueden ser desarrolladas a través de diversas asignaturas en las que deben plantearse enunciados más específicos. Desde este planteamiento cabe indicar que deben ser recogidas los tres componentes básicos de una competencia (conocimientos, habilidades y actitudes).

Las preguntas básicas que debe plantearse el equipo docente son: ¿qué se pretende que aprendan los estudiantes? ¿qué deben saber o saber hacer? ¿qué actitudes o valores esperamos que adquieran?.

Por otra parte, además de claros, concretos y concisos, deben ser realistas en cuanto a las posibilidades que tienen los estudiantes de alcanzarlos con la metodología, recursos y tiempo disponibles y, finalmente, ser evaluables puesto que deberemos estimar, mediante los instrumentos oportunos, si los estudiantes los han alcanzado y, en su caso, en qué medida.

Contenidos

1. Planificación de explotación de una mina
 - 1.1. Planificación a corto, mediano y largo plazo
 - 1.2. Información para la planificación de explotación
 - 1.3. Dimensionado de producción minera
 - 1.4. Producción óptima
 - 1.5. Geomecánica como instrumento en la planificación de explotación
2. Introducción a la minería subterránea
 - 2.1. Componentes de una mina subterránea
 - 2.2. Métodos de explotación subterránea
 - 2.3. Metodología para seleccionar el método de explotación adecuado
3. Room and pillar
 - 3.1. Características del room and pillar
 - 3.2. Diseño geotécnico
 - 3.3. Diseño de pilares
 - 3.4. Teoría del área atribuida
 - 3.5. Resistencia de pilares

- 3.6. Factor de seguridad
- 3.7. Estimación de luz máxima
- 3.8. Medición de convergencias
- 3.9. Indicadores de producción
- 4. Cut and fill
 - 4.1. Preparación del cut and fill
 - 4.2. Parámetros geotécnicos del corte y relleno
 - 4.3. Comportamiento geomecánico
 - 4.4. Efectos de la presión en profundidad
- 5. Shrinkage stoping
 - 5.1. Aplicación shrinkage
 - 5.2. Ventajas y desventajas shrinkage
 - 5.3. Preparación de explotación shrinkage
 - 5.4. Ciclo de operación shrinkage
- 6. Sub level stoping
 - 6.1. Introducción sublevel stoping
 - 6.2. Principios del sublevel stoping
 - 6.3. Desarrollo del sublevel stoping
 - 6.4. Ventajas y desventajas del sublevel stoping
 - 6.5. Dimensionamiento de labores
 - 6.6. Diseño geotécnico de labores en sublevel stoping
- 7. Longwall mining
 - 7.1. Introducción al longwall mining
 - 7.2. Desarrollo del longwall mining
 - 7.3. Aplicabilidad del longwall mining
 - 7.4. Proceso de explotación del longwall mining

- 7.5. Subsistencia en proceso de explotación del longwall
- 7.6. Determinación de esfuerzos inducidos
- 8. Sublevel caving
 - 8.1. Introducción al Sublevel caving
 - 8.2. Desarrollo y preparación del Sublevel caving
 - 8.3. Proceso de explotación del Sublevel caving
- 9. Block caving
 - 9.1. Introducción al block caving
 - 9.2. Preparación y explotación del block caving
 - 9.3. Ventajas e inconvenientes del block caving
 - 9.4. Aspectos críticos del block caving
 - 9.5. Medición de hundibilidad
- 10. Vertical cráter retreat
 - 10.1. Introducción al método Vertical cráter retreat
 - 10.2. Aplicabilidad del Vertical cráter retreat
 - 10.3. Desarrollo y preparación del Vertical cráter retreat
 - 10.4. Cálculo de probabilidad de falla
 - 10.5. Cálculo de dilución
 - 10.6. Determinación de esfuerzos inducidos

Modelamiento Geomecánico en 3D

El objetivo general de este curso es poner de manifiesto las consideraciones generales a tener en cuenta a la hora de emprender el análisis geológico de un yacimiento mineral y establecer una metodología de toma de datos geotécnicos, desde fases iniciales y durante su desarrollo, para el diseño de excavaciones superficiales o subterráneas geotécnicamente estables.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Dar a conocer los métodos numéricos disponibles para el análisis tensodeformacional del terreno y la modelización de obras geotécnicas en 3D.
- Proporcionar al alumno la capacidad de análisis de los problemas geotécnicos necesaria para decidir la metodología más adecuada para el análisis del problema geotécnico.
- Proporcionar al alumno los conocimientos básicos necesarios para abordar la modelización de obras geotécnicas de interior (túneles y excavaciones subterráneas) en 3D.
- Proporcionar al alumno los conocimientos básicos necesarios para abordar la modelización de obras geotécnicas de exterior.

Contenidos

1. Introducción: El método de las diferencias finitas Explícitas.
 - 1.1. Metodología de la Modelización mediante el método de diferencias Finitas.
 - 1.2. Planteamiento de un caso simple: modelización de la deformación de un pilar bajo su propio peso.
2. Fases de la modelización en 3D
 - 2.1. Generación de mallas en FLAC3D.
 - 2.2. Establecimiento de las condiciones iniciales
 - 2.3. Establecimiento de las condiciones de contorno.
 - 2.4. Establecimiento de las propiedades de los materiales: modelos constitutivos.
 - 2.5. Lenguaje Fish.
3. Análisis de Galerías
 - 3.1. Modelización de la sección. Modelo Axisimétrico.
 - 3.2. Con modelo constitutivo de Mohr-Coulomb, sin y con dilatancia.
 - 3.3. Con modelo constitutivo de Hoek y Brown sin y con dilatancia.
 - 3.4. Comparación de las curvas de convergencia.
 - 3.5. Curvas de convergencia en una galería en arco (clave y hastiales).
 - 3.6. Efecto del sostenimiento.

4. Modelización del sostenimiento.

5. Modelización de excavaciones subterráneas

Análisis de estabilidad de Open Pits y taludes. Obtención del factor de seguridad

Prácticas II

El objetivo principal poner de manifiesto de manera práctica lo aprendido hasta el momento, haciendo especial hincapié en la minería subterránea.

Contenidos

Realización de talleres prácticos de temáticas relacionadas con el contenido de las asignaturas previas.

Monitoreo y Control Geotécnico

Los objetivos generales que se pretende que los alumnos adquieran con la asignatura son:

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de organización y planificación
- Resolución de problemas
- Razonamiento crítico
- Adaptación a nuevas situaciones
- Comunicación oral y escrita en la lengua nativa

Los objetivos específicos que se pretende adquieran los alumnos son:

- Conocer la instrumentación topográfica y los métodos con los que poder realizar un seguimiento de las características de un macizo rocoso
- Conocer la instrumentación geotécnica para determinar la estabilidad de un macizo rocoso.
- Conocer las técnicas de teledetección y radar para obtener variables características de un macizo rocoso.
- Dirección de oficinas técnicas

- Redacción de pliegos de condiciones técnicas

Los resultados del aprendizaje permitirán al alumno:

- Conocer, utilizar y aplicar los instrumentos y métodos topográficos adecuados para la realización de trabajos topográficos en superficie e interior.
- Conocer el proceso de toma de datos y cálculos de redes de planimétricas y altimétricas de precisión
- Saber calcular los errores tolerancias en redes planimétricas y altimétricas
- Comprender los sistemas de datos espaciales y conocer su aplicación
- Planificar mediciones GPS.
- Calcular coordenadas de puntos a partir de las observaciones GPS y transformar los resultados obtenidos a los distintos sistemas geodésicos.
- Combinar las medidas de la topografía clásica con las obtenidas en GPS
- Habilidad para aplicar los procedimientos de ajuste y para determinar las precisiones de las magnitudes objetivas
- Comprender qué es la Teledetección y cuáles son sus elementos básicos, conocer sus ventajas frente a la fotografía aérea, y algunas de sus aplicaciones, así como comprender los distintos conceptos de resolución y sus tipos.
- Conocer las principales plataformas de sensores aerotransportados.
- Conocer el dominio óptico e infrarrojo del espectro y comprender su importancia

- Conocer y aplicar los instrumentos y métodos adecuados para determinar el nivel freático y piezométrico en un macizo y las presiones de poro.
- Conocer los instrumentos para determinar la estabilidad de un talud.
- Modelizar, representar y visualizar sobre la superficie terrestre las variables que afectan a la estabilidad de un macizo rocoso: velocidad, aceleración del movimiento.
- Modelizar, representar las variables que afectan a la estabilidad de un macizo rocoso: nivel freático, nivel piezométrico, presión de poro, etc.

Contenidos

1. Movimientos, detección y mapeo en minería
2. Instrumentación y métodos topográficos con estación total
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Medición total
 - 2.2.1. Instrumentos de medida
 - 2.2.2. Observaciones en campo
 - 2.2.3. Incertidumbres
 - 2.2.4. Métodos topográficos
 - 2.3. Errores
 - 2.3.1. Tipos de errores en topografía
 - 2.3.2. Distribución de los errores aleatorios
 - 2.3.3. Exactitud, precisión y fiabilidad
 - 2.3.4. Propagación de errores
 - 2.4. Radiación
 - 2.4.1. Cálculo de coordenadas
 - 2.4.2. Incertidumbre en la localización de los puntos

- 2.5. Itinerario
- 2.6. Intersección
 - 2.6.1. Intersección directa
 - 2.6.2. Intersección inversa
- 3. Seguimiento de taludes con GPS
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Trabajos GPS
 - 3.2.1. Planificación del trabajo
 - 3.2.2. Observación de las redes
 - 3.2.3. Cálculo y ajuste de la red
 - 3.2.4. Observación de puntos de control
 - 3.3. Precisión de las coordenadas obtenidas
 - 3.4. Transformación de coordenadas
 - 3.4.1. Transformación de datum
 - 3.4.2. Distancias, acimutes y ángulos verticales
 - 3.5. Pasos a seguir
- 4. Sistemas de radar SSR
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. El equipo
 - 4.3. Cómo funciona
 - 4.4. Información suministrada
 - 4.5. Alarmas
 - 4.6. Consideraciones
 - 4.7. Otros sistemas
- 5. Sensores aerotransportados
 - 5.1. Nociones básicas de Teledetección

- 5.1.1. Fuentes de energía naturales: el óptico y el TIR
- 5.1.2. Fuentes de energía artificiales: radar y lidar
- 5.2. Comportamiento de cubiertas
 - 5.2.1. En el óptico
 - 5.2.2. En el TIR
 - 5.2.3. En las microondas
- 5.3. Características de los sensores
- 5.4. Mapeo de lineamientos y otras variables geotécnicas
- 5.5. Mapeo con LIDAR
- 6. Instrumentación para detectar el agua en el macizo rocoso y su presión
 - 6.1. Introducción
 - 6.1.1. Tipos
 - 6.1.2. Instalación
 - 6.2. Medidas piezométricas
 - 6.3. Mapas piezométricos
- 7. Otros equipos de monitoreo para minería a cielo abierto y de interior
 - 7.1. Extensómetros
 - 7.2. Inclínómetros
 - 7.2.1. Tubos inclinométricos
 - 7.2.2. Sensor inclinométrico
 - 7.2.3. Indicador digital
 - 7.3. Acelerógrafos

Prevención de Accidentes en Minería. Legislación

- Ofrecer a los participantes una visión más amplia, tanto de los riesgos inherentes a la actividad laboral minera como de las

medidas preventivas asociadas a los mismos, a fin de tratar de evitar o atenuar los accidentes laborales y las enfermedades profesionales.

- Promover la Seguridad y Salud en el ámbito de las empresas mineras mediante la aplicación de medidas preventivas y el desarrollo de actividades necesarias para la prevención de riesgos profesionales.
- Adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para promover comportamientos seguros, la utilización correcta de equipos de trabajo y protección, así como las actuaciones preventivas básicas, realizar evaluaciones elementales de riesgos, actuación en caso de emergencia y primeros auxilios, y cooperar con los servicios de prevención.
- Disminuir la siniestralidad laboral tanto en el Sector Minero como en las distintas Unidades Mineras.
- Mostrar los cambios con relación al DS 046- 2001-EM.
- Ilustrar las posibles maneras de implementar.
- Generar un marco de discusión y opinión con respecto a los cambios.

Contenidos

1. Introducción a la seguridad minera
2. Riesgos en minería
 - 2.1. Riesgos y Prevención en la Industria Minera
 - 2.2. Riesgos Físicos relacionados con la Minería
 - 2.3. Riesgos de Salud relacionados con la Minería
 - 2.4. Trabajos en Altitud
 - 2.5. Riesgos Eléctricos
 - 2.6. Espacios Confinados
 - 2.7. Seguridad en el Uso de Explosivos
3. Planificación de la actividad preventiva en minería

- 3.1. Planificación de la Actividad Preventiva en Minas
- 3.2. Evaluación de Riesgos Laborales o Profesionales
- 4. Seguridad en minería
 - 4.1. Medidas de Seguridad en la Minería
 - 4.2. Seguridad en las Operaciones de Arranque, Carguío y Transporte
 - 4.3. Seguridad en Atmósferas de Interior de Mina
 - 4.4. Señalización de Seguridad y Salud
 - 4.5. Equipos de Protección Personal (EPP's) en Minería
 - 4.6. Primeros Auxilios. RCP
- 5. Siniestralidad en minería
 - 5.1. Análisis de la Siniestralidad Minera
- 6. Legislación minera
 - 6.1. Importancia del RSSOM D.S 055-2010-EM
 - 6.2. Gestión Del Sub - Sector Minería
 - 6.3. Gestión De Los Titulares Mineros
 - 6.4. Gestión De La Seguridad Y Salud Ocupacional
 - 6.5. Gestión De Las Operaciones Mineras

Minería y Medio Ambiente. Cierre de Minas

- Impartir al alumno los conocimientos teóricos y prácticos sobre la minería y su relación con el medio ambiente.
- Identificar las diversas alteraciones en el medio ambiente que produce las explotaciones y labores mineras.
- Conocer, crear y aplicar las técnicas adecuadas que hagan posible controlar y reducir el impacto ambiental a límites socialmente aceptables, con un costo igualmente asumible.

Contenidos

- 1. Legislación ambiental de la industria minera en el Perú
 - 1.1. Características de la industria minera
 - 1.2. Efecto ambiental de la industria minera
 - 1.3. Ley del Medio Ambiente

- 1.4. Ley General de Minería DL 708
- 1.5. DS. 016-93 EM y DS 059-93 EM.
- 1.6. Legislación sobre niveles máximos permisibles
- 1.7. Contenido de DIA, EsIA, ITS
2. Metodologías para identificación y valoración de impactos ambientales
 - 2.1. Impactos ambientales en la actividad minera
 - 2.2. Metodologías de identificación de impactos ambientales
 - 2.2.1. Listas de chequeo
 - 2.2.2. Matrices
 - 2.2.3. Diagramas de redes
 - 2.2.4. Mapas temáticos
 - 2.3. Metodologías de valoración de impactos ambientales
 - 2.3.1. Método de Leopold
 - 2.3.2. Método de Índice global
 - 2.3.3. Método de Batelle
 - 2.4. Práctica: Uso de metodologías para evaluación de impacto ambiental
3. Control y prevención del polvo generado por la actividad minera
 - 3.1. Fuentes de contaminación atmosférica
 - 3.2. Evaluación del nivel de contaminación
 - 3.3. Prevención del polvo y métodos de control
 - 3.4. Recomendaciones
4. Control y prevención del ruido
 - 4.1. Características del ruido
 - 4.2. Causa y niveles de ruido
 - 4.3. Medida y análisis del ruido

- 4.4. Control y Medidas de corrección del ruido
- 4.5. Recomendaciones
- 4.6. Práctica: Determinación del ruido en equipos
- 5. Control y prevención de la contaminación del agua
 - 5.1. Aguas subterráneas y Aguas superficiales
 - 5.2. Características de las aguas generadas por la actividad minera
 - 5.3. Técnicas preventivas de formación de aguas ácidas
 - 5.4. Métodos de destrucción del Cianuro
 - 5.5. Tratamiento de efluentes
 - 5.6. Práctica: uso de equipo de monitoreo de agua
- 6. Control de la erosión y sedimentación
 - 6.1. Evaluación de la erosión hídrica
 - 6.2. Control de la erosión y sedimentación
 - 6.3. Práctica: Diseño de canales
- 7. Control de vibraciones y onda aérea producidas por voladuras
 - 7.1. Vibración del terreno
 - 7.2. Consideraciones prácticas en el diseño de voladuras
 - 7.3. Onda aérea
- 8. Plan de cierre de minas
 - 8.1. Ciclo de vida de la mina
 - 8.2. Escenarios del plan de cierre
 - 8.3. Información preliminar para elaborar un Plan de Cierre
 - 8.4. Contenido del Plan de Cierre
 - 8.5. Ejemplo de Plan de Cierre

Prácticas III

El objetivo principal poner de manifiesto de manera práctica lo aprendido hasta el momento, haciendo especial hincapié en la minería subterránea.

Contenidos

Realización de talleres prácticos de temáticas relacionadas con el contenido de las asignaturas previas.

Diseño Geotécnico de Presas de Relaves y Botaderos

El objetivo general es la capacitación de los alumnos para el análisis y diseño de presas de relaves, así como para la interpretación de los diferentes parámetros que controlan su estabilidad.

Los objetivos específicos perseguidos son los siguientes:

- Puesta de manifiesto de los posibles fallos que pueden sufrir este tipo de construcciones.
- Puesta de manifiesto de los conceptos teóricos que regulan el diseño de estas instalaciones.
- Puesta de manifiesto e implementación de los estudios de estabilidad a realizar.
- Implementar los desarrollos teóricos mediante ejemplos prácticos.
- Utilización de software para la modelización del comportamiento de estas instalaciones.

Contenidos

1. Introducción y Parámetros de Diseño
 - 1.1. Introducción.
 - 1.2. Clasificación de presas de relaves.
 - 1.3. Proyecto Constructivo.
 - 1.4. Mantenimiento y Control.
 - 1.5. Abandono y Clausura de Presas de relaves.
2. Caracterización Geotécnica de los Lodos

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Propiedades de Identificación.
- 2.3. Propiedades de Deformación.
- 3. Transporte y Vertido de Lodos
 - 3.1. Introducción.
 - 3.2. Transporte de Lodos.
 - 3.3. Vertido de Lodos.
 - 3.4. Ejemplo.
- 4. Flujo de Agua
 - 4.1. Introducción y Conceptos Básicos.
 - 4.2. Ley de Conservación de la Masa.
 - 4.3. Ley de Darcy.
 - 4.4. Ecuación Diferencial del Flujo.
 - 4.5. Fuerzas de Filtración.
 - 4.6. Resolución de Problemas de Flujo.
- 5. Drenaje, Filtros e Impermeabilización
 - 5.1. Introducción.
 - 5.2. Tipos de Drenajes.
 - 5.3. Filtros.
 - 5.4. Impermeabilización.
- 6. Estudio de Estabilidad
 - 6.1. Introducción.
 - 6.2. Agrietamiento del Dique.
 - 6.3. Efectos del Agua.
 - 6.4. Empuje de los Lodos.
 - 6.5. Capacidad Portante y Asientos Diferenciales.
 - 6.6. Estabilidad de los Taludes del Dique.
 - 6.7. Análisis Sísmico.
- 7. Instrumentación y Control
 - 7.1. Introducción.
 - 7.2. Variables a Medir.
 - 7.3. Equipos de Medida.
 - 7.4. Ejemplo de Aplicación.
- 8. Estudio y diseño de botaderos

8.1. Parámetros de diseño

8.2. Estudio de estabilidad

8.3. Auscultación y control

9. Ejemplos prácticos

Prácticas IV

El objetivo principal poner de manifiesto de manera práctica lo aprendido hasta el momento, haciendo especial hincapié en la minería subterránea.

Contenidos

Realización de talleres prácticos de temáticas relacionadas con el contenido de las asignaturas previas.