



NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF MEXICO
SCHOOL OF ENGINEERING



COURSE SYLLABUS

METALLOGENY	1850	7	9
Course	Code	Semester	Credits
EARTH SCIENCES ENGINEERING	GEOLOGICAL ENGINEERING	GEOLOGICAL ENGINEERING	
Division	Department	Undergraduate Program	

Course:	Hours /week:	Hours / Semester:
Compulsory <input checked="" type="checkbox"/>	Lecture <input type="text" value="3.0"/>	Lecture <input type="text" value="48.0"/>
Elective <input type="checkbox"/>	Practical <input type="text" value="3.0"/>	Practical <input type="text" value="48.0"/>
	Total <input type="text" value="3.0"/>	Total <input type="text" value="96.0"/>

Mode: Lecture-based and practical

Prerequisite course: None

Subsequent course: Applied Mining Geology

Course Objective(s)

The student will understand the formation processes of mineral deposits. They will apply this knowledge in the exploration and exploitation of Mexico's mineral resources.

Course Topics

No.	TITLE	HOUR
1.	General Principles of Metallogeny	2.0
2.	Mineral Deposits and Plate Tectonics	2.0
3.	Magmas and Hydrothermal Fluids	2.0
4.	Geochemistry of Hydrothermal Fluids	4.0
5.	Migration of Hydrothermal Fluids and Metal Deposition	4.0
6.	Hypogene Alterations. Paragenesis and Zoning	4.0
7.	Deposits Associated with Cratonic Environments. Deposits Associated with Oceanic and Continental Rifts	4.0
8.	Deposits Associated with Volcano-Sedimentary Processes	6.0
9.	Deposits Associated with Continental Magmatic Arc Environments	6.0
10.	Deposits Associated with Sedimentary Processes	8.0
11.	Other Deposits Hosted in Sedimentary Rocks (Stratabound)	4.0
12.	Deposits Associated with Supergene Processes	4.0
		48.0
	Practical Activities	48.0

1 General Principles of Metallogeny

Objective: The student will understand the concept of a mineral deposit and the basic principles of metallogeny to establish its importance in the mining industry.

Content:

- 1.1 Definition of a mineral deposit. Definition of basic concepts in metallogeny. Mineral resources.
- 1.2 Factors that determine the economic value of mineral deposits and elements that control their exploitability.
- 1.3 Definition of metallogeny. Types of metallogeny. Application of the concept in the study of mineral deposits.
- 1.4 Metallic provinces and belts. Metallogenic epochs.
- 1.5 Historical overview of Metallogeny in Mexico and worldwide.

2 Mineral Deposits and Plate Tectonics

Objective: The student will understand the regional and local geological context of mineral deposits.

Content:

- 2.1 The rock cycle and its relationship to mineral deposits.
- 2.2 Analysis of the relationship between plate tectonics and mineral deposits. Study of the formation mechanism of mineral deposits in different tectonic settings. Description of their characteristics with global and Mexican examples.
- 2.3 Classification of mineral deposits based on global tectonic elements. Global and Mexican examples.

3 Magmas and Hydrothermal Fluids

Objective: The student will understand the relationship between magmatic processes, the generation of hydrothermal fluids, and the resulting metal concentrations.

Content:

- 3.1 Magmas and magmatic fluids.
- 3.2 Processes that control the concentration of economic minerals in orthomagmatic deposits.
- 3.3 Pegmatites.
- 3.4 Hydrothermal fluids. Origin of water and metals.

4 Geochemistry of Hydrothermal Fluids

Objective: The student will understand the composition and the physico-chemical and thermodynamic behavior of mineralizing hydrothermal fluids.

Content:

- 4.1 Thermodynamics of water.

4.2 Types of ionic complexes.

4.3 Physico-chemical parameters that control the solubility of ionic complexes.

4.4 Introduction to the study of fluid inclusions in minerals.

5 Migration of Hydrothermal Fluids and Metal Deposition

Objective: The student will understand the mechanisms and phenomena that cause the circulation of hydrothermal fluids and the deposition of metals from them.

Content:

5.1 Types of permeability and structural parameters.

5.2 Mechanisms that determine the circulation of a hydrothermal fluid.

5.3 Physico-chemical phenomena that promote deposition.

5.4 Water-rock interactions.

5.5 Mineralized bodies: morphology, structure, and textures.

5.6 Introduction to the study of metallic minerals using reflected light microscopy: ore petrography.

6 Hypogene Alterations. Paragenesis and Zoning

Objective: The student will analyze the main physico-chemical processes that originate hypogene alterations. They will understand the importance of the concepts of replacement, paragenesis, and zoning at all observation scales.

Content:

6.1 Physico-chemical aspects of alteration processes and types of alteration.

6.2 Physico-chemical equilibrium of paragenesis, replacement, and paragenetic sequence.

6.3 Zoning of hydrothermal alterations.

7 Deposits Associated with Cratonic Environments. Deposits Associated with Oceanic and Continental Rifts

Objective: The student will distinguish the characteristics of deposits related to the opening of rift zones in both oceanic crust (at spreading ridges) and continental crust.

Content:

7.1 Banded mafic deposits (e.g., layered intrusions for Cr, PGE).

7.2 Carbonatites.

7.3 Kimberlites.

7.4 Anorthosites.

7.5 Ophiolite-related deposits (e.g., podiform chromite, Cyprus-type VMS).

7.6 Granite-associated uranium and tin deposits.

8 Deposits Associated with Volcano-Sedimentary Processes

Objective: The student will distinguish deposits associated with submarine volcanism, both at oceanic ridges and in oceanic island arcs.

Content:

8.1 Exhalative deposits (VMS type) in oceanic ridge settings (modern hydrothermal vents and Cyprus-type deposits).

8.2 Metallogenic processes in island arcs. VMS deposits in back-arc basins (Kuroko type).

9 Deposits Associated with Continental Magmatic Arc Environments

Objective: The student will distinguish deposits related to the evolution of magmatic arcs, with special emphasis on mineralizations formed in the context of a continental magmatic arc in Mexico.

Content:

9.1 IOCG (Iron Oxide Copper Gold) type deposits.

9.2 Typical deposits associated with granitic rocks and greisen.

9.3 Deposits associated with contact metasomatism (skarns).

9.4 Porphyry deposits.

9.5 Epithermal deposits.

10 Deposits Associated with Sedimentary Processes

Objective: The student will analyze deposits related to sedimentary processes.

Content:

10.1 Deposits associated with clastic rocks of mechanical concentration (placers).

10.2 Deposits associated with sedimentary rocks of chemical and biochemical origin (e.g., Banded Iron Formations, phosphorites, evaporites).

11 Other Deposits Hosted in Sedimentary Rocks (Stratabound)

Objective: The student will analyze mineralizations of diagenetic and hydrothermal origin hosted in sedimentary rocks.

Content:

11.1 Kupferschiefer-type deposits.

11.2 SedEx (Sedimentary Exhalative) type deposits.

11.3 Carlin-type deposits.

11.4 Mississippi Valley Type (MVT) deposits.

12 Deposits Associated with Supergene Processes

Objective: The student will analyze the influence of supergene phenomena as generators of deposits.

Content:

12.1 Supergene enrichment deposits (e.g., secondary copper enrichment blankets).

12.2 Residual deposits (Gossan/iron caps).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

METALOGENIA3: 72

7

9

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

**INGENIERÍA EN CIENCIAS
DE LA TIERRA**

INGENIERÍA GEOLÓGICA

**INGENIERÍA
GEOLÓGICA**

División

Departamento

Licenciatura

Asignatura:

Obligatoria

Optativa

Horas/semana:

Teóricas

Prácticas

Total

Horas/semestre:

Teóricas

Prácticas

Total

Modalidad: Curso teórico-práctico

Seriación obligatoria antecedente: Ninguna

Seriación obligatoria consecuente: Geología Aplicada a la Minería

Objetivo(s) del curso:

El alumno comprenderá los procesos de formación de los yacimientos minerales. Empleará dichos conocimientos en la exploración y explotación de los recursos minerales de México.

Temario

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Principios generales de metalogenia	2.0
2.	Yacimientos minerales y tectónica de placas	2.0
3.	Magmas y los fluidos hidrotermales	2.0
4.	Geoquímica de los fluidos hidrotermales	4.0
5.	La migración de los fluidos hidrotermales y el depósito de los metales	4.0
6.	Alteraciones hipogénicas. Paragénesis y zoneamiento	4.0
7.	Yacimientos asociados a ambientes cratónicos. Yacimientos asociados a rifts oceánicos y continentales	6.0
8.	Yacimientos asociados a procesos vulcano-sedimentarios	6.0
9.	Yacimientos asociados a ambientes de arco magmático continental	8.0
10.	Yacimientos asociados a procesos sedimentarios	4.0
11.	Otros depósitos encajonados en rocas sedimentarias (stratabound)	4.0
12.	Yacimientos asociados a procesos supergénicos	2.0
		48.0
	Actividades prácticas	48.0

1 Principios generales de metalogenia

Objetivo: El alumno comprenderá el concepto de yacimiento mineral, los principios básicos de la metalogenia para establecer su importancia en la industria minera.

Contenido:

- 1.1 Definición de yacimiento mineral. Definición de conceptos básicos en metalogenia. Recursos minerales.
- 1.2 Factores que determinan el valor económico de los yacimientos minerales y elementos que controlan su explotabilidad.
- 1.3 Definición de metalotectón. Tipos de metalotectón. Aplicación del concepto en el estudio de los yacimientos minerales.
- 1.4 Provincias y franjas metálicas. Épocas metalogénicas.
- 1.5 Reseña histórica de la Metalogenia en México, en el ámbito mundial.

2 Yacimientos minerales y tectónica de placas

Objetivo: El alumno comprenderá el contexto geológico regional y local de los depósitos minerales.

Contenido:

- 2.1 El ciclo de las rocas y su relación con los yacimientos minerales.
- 2.2 Análisis de la relación entre tectónica de placas y yacimientos minerales. Estudio del mecanismo de formación de los depósitos minerales en distintos ambientes tectónicos. Descripción de las características de los mismos con ejemplos mundiales y mexicanos.
- 2.3 Clasificación de los yacimientos minerales basada en elementos de tectónica global. Ejemplos mundiales y mexicanos.

3 Magmas y los fluidos hidrotermales

Objetivo: El alumno comprenderá la relación entre los procesos magmáticos, la generación de fluidos hidrotermales y las concentraciones metálicas resultantes.

Contenido:

- 3.1 Magmas y fluidos magmáticos.
- 3.2 Procesos que controlan la concentración de minerales económicos en los yacimientos ortomagmáticos.
- 3.3 Pegmatitas.
- 3.4 Los fluidos hidrotermales. Origen del agua y de los metales.

4 Geoquímica de los fluidos hidrotermales

Objetivo: El alumno comprenderá la composición y el comportamiento físico-químico y termodinámico de los fluidos hidrotermales mineralizantes.

Contenido:

- 4.1 Termodinámica del agua.
- 4.2 Tipos de complejos iónicos.
- 4.3 Parámetros físico-químicos que controlan la solubilidad de los complejos iónicos.
- 4.4 Introducción al estudio de inclusiones fluidas en minerales.

5 La migración de los fluidos hidrotermales y el depósito de los metales

Objetivo: El alumno comprenderá los mecanismos y fenómenos que provocan la circulación de los fluidos hidrotermales y el depósito de los metales a partir de ellos.

Contenido:

- 5.1 Tipos de permeabilidad y parámetros estructurales.
- 5.2 Mecanismos que determinan la circulación de un fluido hidrotermal.
- 5.3 Fenómenos físico-químicos que propician el depósito.
- 5.4 Interacciones agua- roca.
- 5.5 Cuerpos mineralizados: morfología, estructura y texturas.
- 5.6 Introducción al estudio de minerales metálicos mediante microscopía de epiluminación: petrografía de menas.

6 Alteraciones hipogénicas. Paragénesis y zoneamiento

Objetivo: El alumno analizará los principales procesos físico-químicos que originan las alteraciones hipogénicas. Comprenderá la importancia de los conceptos de reemplazamiento, paragénesis y zoneamiento en todas las escalas de observación.

Contenido:

- 6.1 Aspectos físico-químicos de los procesos de la alteración y tipos de alteración.
- 6.2 Equilibrio físico-químico de la paragénesis, reemplazamiento y sucesión paragenética.
- 6.3 El zoneamiento de las alteraciones hidrotermales.

7 Yacimientos asociados a ambientes cratónicos. Yacimientos asociados a rifts oceánicos y continentales

Objetivo: El alumno distinguirá las características de los yacimientos relacionados a la apertura de zonas de rift tanto en corteza oceánica (en zonas de dorsal) como continental.

Contenido:

- 7.1 Yacimientos máficos bandeados.
- 7.2 Carbonatitas.
- 7.3 Kimberlitas.
- 7.4 Anortositas.
- 7.5 Yacimientos ofiolíticos.
- 7.6 Graníticos de uranio y estaño.

8 Yacimientos asociados a procesos vulcano-sedimentarios

Objetivo: El alumno distinguirá los yacimientos asociados a vulcanismo submarino, tanto en dorsales oceánicas como en arcos de islas oceánicas.

Contenido:

- 8.1 Yacimientos exhalativos (tipo VMS) en zonas de dorsal oceánica (ventilas hidrotermales actuales y yacimientos de tipo Chipre).
- 8.2 Procesos metalogenéticos en arcos de islas. Yacimientos VMS en cuencas de tras-arco (tipo Kuroko).

9 Yacimientos asociados a ambientes de arco magmático continental

Objetivo: El alumno distinguirá los yacimientos relacionados a la evolución de los arcos magmáticos, con especial énfasis en las mineralizaciones formadas en un contexto de arco magmático continental de México.

Contenido:

- 9.1 Yacimientos tipo IOCG.
- 9.2 Yacimientos típicos asociados a rocas graníticas y greisen.
- 9.3 Yacimientos asociados a metasomatismo de contacto (skarns).
- 9.4 Yacimientos porfiricos.
- 9.5 Yacimientos epitermales.

10 Yacimientos asociados a procesos sedimentarios

Objetivo: El alumno analizará los yacimientos relacionados a procesos sedimentarios.

Contenido:

- 10.1 Yacimientos asociados a rocas clásticas de concentración mecánica.
 10.2 Yacimientos asociados a rocas sedimentarias de origen químico y bioquímico.

11 Otros depósitos encajonados en rocas sedimentarias (stratabound)

Objetivo: El alumno analizará las mineralizaciones de origen diagenético e hidrotermal alojadas en rocas sedimentarias.

Contenido:

- 11.1 Depósitos tipo Kupferschiefer.
 11.2 Depósitos tipo Sedex.
 11.3 Depósitos tipo Carlin.
 11.4 Depósitos tipo Mississippi Valley.

12 Yacimientos asociados a procesos supergénicos

Objetivo: El alumno analizará la influencia de los fenómenos supergénicos como generadores de yacimientos.

Contenido:

- 12.1 Yacimientos de enriquecimiento supergénico.
 12.2 Yacimientos residuales (Gossan).

Bibliografía básica**Temas para los que se recomienda:**

BARNES, H. L. <i>Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits</i> 3rd edition New York John Wiley & Sons, 1997	4, 5
CLARK, K. F., SALAS PIZÁ, G., et al. <i>Geología económica de México</i> México Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Servicio Geológico Mexicano, 2009	Todos
DEB, M., GOODFELLOW, W. D. (EDITORS) <i>Sediment-Hosted Lead-Zinc Sulphide Deposits. Attributes and Models of Some Major Deposits in India, Australia and Canada</i> New Delhi Narosa Publishing House, 2004	Todos
EVANS, A. M. <i>Ore Geology and Industrial Minerals An Introduction</i> London Blackwell Science, 1993	Todos
GUILBERT, J. M. <i>The Geology of Ore Deposits</i> San Francisco W. H. Freeman and Co., 1986	Todos

- LAZNICKA, P.
Giant Metallic Deposits Todos
 2nd edition
 Heidelberg
 Springer-Verlag, 2010
- LONDON, D.
Pegmatites
 Canada
 The Canadian Mineralogist. Special Publication 10, Association of Canada, 2008
- MACDONALD, E.
Handbook of Gold Exploration and Evaluation Todos
 Abington
 Woodhead Publishing Lim., 2007
- MISRA, K. C.
Understanding Mineral Deposits Todos
 Holanda
 Kluwer Academia Publishers, 2000
- NALDRETT, A. J.
*Magmatic Sulfide Deposits. Geology, Geochemistry and
 Exploration* Berlin Todos
 Springer, 2004
- NAOTATSU, S.
*Geochemical and Tectonic Evolution of Arc-Backarc
 Hydrothermal Systems: Implication for Origin of Kuroko and
 Epithermal Vein-Type Mineralizations and the Global Geochemical
 Cycle* Amsterdam Todos
 Elsevier, 2003
- PIRAJNO, F.
Ore Deposits and Mantle Plumes Todos
 Kluwer Academic Publishers, 2000
- PIRAJNO, F.
Hydrothermal Processes and Mineral Systems Todos
 Netherlands
 Springer Science, 2009
- ROBB, L.
Introduction to Ore-Forming Processes Todos
 London
 Blackwell Science Ltd, 2005
- SIAL, A. N., BETTENCOURT, J. S., et al.
Granite-Related Ore Deposits 223 Todos

Nondon

Geological Society of London, 2011

Special Pub. 350

SPENCER, J. E., TITLEY, S. R. (EDITORS)

Ores and Orogenesis: Circum-Pacific Tectonics, Geologic,

Todos

Evolution and Ore Deposits Arizona

Arizona Geological Society, 2008

Bibliografía complementaria

Temas para los que se recomienda:

ARNDT, N. T.

Mantle-derived Magmas and magmatic Ni-Cu-(PGE) deposits

Todos

Littleton, Colorado

Economic Geology Press, 2005

One Hundredth Anniversary Volu

CANDELA P., Piccoli, P.,

Magmatic Processes in the Development of Porphyry-Type Ore

Todos

Systems Littleton, Colorado

Economic Geology Press, 2005

One Hundredth Anniversary Volu

CORBETT, G. J., LEACH, T. M.

Pacific Rim Au/Cu Systems: Structure, Alteration and

Todos

Mineralization Vancouver

Mineral Deposit Reseach Unit, Department of Geological Science, University of British Columbia, 1995

ERNST, W. G.

Earth Systems: Processes and Issues

Todos

Cambridge

Cambridge University Press, 2000

JINGWEN, M., BIERLEIN, F. P.

Mineral Deposit Reseach: Meeting the Global Challenge

Todos

Berlin

Springer-Verlag, 2005

KUN, M.

Reactive Flow Modeling of Hydrothermal Systems

Todos

Springer, 2004

Lecture Notes in Earth Science

LIEBSCHER, A., HEINRICH, Ch. A.

Fluid-Fluid Interactions

Todos

Mineralogical Society of America and Geochemical Society, Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2007

Vol. 65

MCDONALD, I., BOYCE, I. B., et al.

Mineral Deposits and Earth Evolution

London

Geological Society Special Publication 248, 2005

Todos

OELKERS, E. H., SCHOTT, J. (EDITORS)

Thermodynamics and Kinetics of Water-Rock

Mineralogical Society of America and Geochemical Society, 2009

Todos