



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: info@ing.unsa.edu.ar

"2024 - 30 años de la consagración de la  
autonomía universitaria y 75 años de la  
gratuidad de la Universidad"

SALTA, 03 DIC 2024

387

Expediente N° 14.326/2006

VISTO las actuaciones contenidas en el Expte. N° 14.326/2006, por el cual se gestiona la aprobación de los programas de las asignaturas que componen la carrera de Ingeniería Química, y

**CONSIDERANDO:**

Que, mediante Nota N° 3208/23, el Ing. Adolfo Néstor RIVEROS ZAPATA -en su carácter de Responsable de la asignatura "Optativa II (Beneficio de Minerales)"- eleva la correspondiente Planificación de Cátedra.

Que la Escuela de Ingeniería Química recomienda la aprobación de la propuesta presentada.

Que el Artículo 117 del ESTATUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA, al enumerar los deberes y atribuciones del Consejo Directivo, en su inciso 8. incluye el de "*aprobar los programas analíticos y la reglamentación sobre régimen de regularidad y promoción propuesta por los módulos académicos*".

Por ello y de acuerdo con lo aconsejado por la Comisión de Asuntos Académicos, mediante Despacho N° 255/2024,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

(en su XVIII Sesión Ordinaria, celebrada el 20 de noviembre de 2024)

**RESUELVE:**

ARTÍCULO 1º.- Aprobar la Planificación de Cátedra de la asignatura "Optativa II (Beneficio de Minerales)" de Ingeniería Química, la cual -como Anexo- forma parte integrante de la presente Resolución.

ARTÍCULO 2º.- Hacer saber, comunicar a las Secretarías Académica y de Planificación y Gestión Institucional de la Facultad; al Ing. Adolfo Néstor RIVEROS ZAPATA, en su carácter de Responsable de la Cátedra; a la Escuela de Ingeniería Química; al Centro de Estudiantes de Ingeniería; a la Dirección General Administrativa Académica; a la Dirección de Alumnos;



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: info@ing.unsa.edu.ar

"2024 - 30 años de la consagración de la  
autonomía universitaria y 75 años de la  
gratuidad de la Universidad"

Expediente N° 14.326/2006

al Departamento Docencia y girar los obrados a la Comisión de Asuntos Académicos del  
Consejo Directivo para la consideración de las restantes propuestas incorporadas en autos.

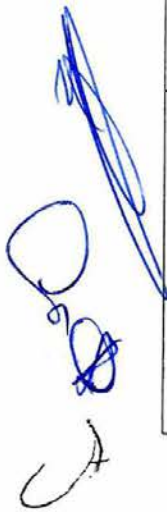
FMF

RESOLUCIÓN FI Nº 387 -CD- 2024

Ing. JORGE ROMUALDO BERÓN  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

Ing. HECTOR RAUL CASADO  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p>Planificación de Cátedra</p> <p><b>OPTATIVA II: BENEFICIO DE MINERALES</b></p> <p>Escuela: Ingeniería Química Carrera: Ingeniería Química</p>												
<p><b>PLAN DE ESTUDIO</b></p> <p>Plan: 1999 Mod. 2005 Código de Asignatura: 29b Año de cursado: Quinto Cuatrimestre: Primero Bloque de Conocimiento: Tecnologías Aplicadas</p>	<p>Carácter: Optativa Duración: Cuatrimestral Régimen: Promocional Modalidad: Presencial</p>												
<p><b>ASIGNATURAS CORRELATIVAS</b></p> <p>27.B OPTATIVA I: BENEFICIO DE MINERALES</p>													
<p><b>CONTENIDOS MÍNIMOS</b></p> <p>Procesos de extracción. Hidrometalurgia. Lixiviación de minerales y recuperación del metal. Electrometalurgia. Pirometalurgia: principales procesos. Hornos de combustión y eléctricos. Descripción de las principales industrias minero-metalúrgica. Operaciones y procesos. Efluentes. Influencia en el medio ambiente. Practica de plana piloto. Evaluación del proceso de beneficio.</p>													
<p><b>DOCENTE RESPONSABLE</b></p> <p>ING. ADOLFO RIVEROS ZAPATA</p>													
<p><b>CARGA HORARIA</b></p> <p>Carga Horaria Total de la Asignatura: 90</p>													
<p><b>Formación Teórica:</b></p> <p>Carga Horaria Semanal: 4 Carga Horaria Total: 60</p>													
<p><b>Formación Práctica:</b></p> <p>Carga Horaria Semanal: 2 Carga Horaria Total: 30</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>Carga Horaria Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Instancias Supervisadas de Formación Práctica:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>    a Formación Experimental:</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>    b Resolución de Problemas de Ingeniería:</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>    c Resolución de Problemas Clásicos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>    d Otras:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Actividad	Carga Horaria Total	1 Instancias Supervisadas de Formación Práctica:	30	a Formación Experimental:	21	b Resolución de Problemas de Ingeniería:	9	c Resolución de Problemas Clásicos		d Otras:	
Actividad	Carga Horaria Total												
1 Instancias Supervisadas de Formación Práctica:	30												
a Formación Experimental:	21												
b Resolución de Problemas de Ingeniería:	9												
c Resolución de Problemas Clásicos													
d Otras:													



## 1 OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

### Objetivos Generales:

- Comprender los conceptos fundamentales de la metalurgia extractiva.
- Identificar, analizar y determinar las mejores alternativas para la extracción y refinación metalúrgica de menas.
- Planificar, diseñar y gestionar circuitos de procesamiento de minerales.
- Resolver balances metalúrgicos.
- Comprender los procesos metalúrgicos de los minerales de la región.

### Objetivos Específicos:

- Comprender los conceptos de lixiviación, electrodeposición, tostación y calcinación.
- Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar procesos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales.
- Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares de la metalurgia extractiva.
- Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, así como las razones que las sustentan, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas en sus actividades profesionales o de investigación.

## 2 CONTENIDOS CURRICULARES

### UNIDAD 1 - HIDROMETALURGIA.

Lixiviación. Objeto. Reactivos. Métodos empleados para lixiviar minerales. Lavado de los sólidos residuales. Recuperación del metal contenido en el producto lixiviado: precipitación química, electrólisis, intercambio iónico, extracción con solventes. Ejemplos de plantas de lixiviación.

Electrometalurgia. Procesos electroquímicos: aplicación en la separación y purificación de metales, celdas electrolíticas. Relación entre la producción de una celda y la intensidad de corriente. Voltaje requerido y consumo de energía eléctrica de una celda reversible. Operación de una celda real: fenómenos de polarización, deposición metálica, sobrevoltaje de cátodo y ánodo, eficiencias. Plantas electroquímicas: tipos de celdas, materiales, electrodos, baterías de celdas. Variables que controlan la operación de una celda.

### UNIDAD 2 - PIROMETALURGIA

Procesos pirometalúrgicos. Clasificación. Aplicaciones en la metalurgia extractiva. Procesos con reacciones gas-sólido: calcinación y tostación, distintos tipos, ejemplos, equipos utilizados.

Diagramas de Ellingham. Procesos con reacciones líquido-líquido: fusión, fundentes; escorias: propiedades, índice de basicidad; matas; ejemplos. Procesos con reacciones gas-líquido: refinación de metales fundidos, ejemplos.

Hornos. Clasificación según la fuente de energía. Materiales de construcción: refractarios. Hornos de combustión: tipos, usos, descripción, funcionamiento. Horno de lecho fluidizado: descripción, aplicaciones. Hornos eléctricos: clasificación, descripción y principios de funcionamiento, usos.

### UNIDAD 3 - SIDERURGIA

Productos siderúrgicos. Materias primas no ferrosas: combustibles y reductores, fundentes y escorificantes, oxidantes para afinado, desoxidantes y aleantes especiales. Minerales, yacimientos, tratamiento. Procesos de aglomeración: sinterización, peletización, briqueteado. Alto Horno: descripción, funcionamiento, reacciones, instalaciones auxiliares. Aceros: reacciones de afinado, procedimientos, descripción de equipos, colada de acero. Reducción directa: reductores, procesos en operación.



**UNIDAD 4 - COBRE**

Minerales, yacimientos, concentración. Metalurgia por vía húmeda, métodos, recuperación de Cu<sup>o</sup> a partir de sus soluciones. Metalurgia por vía seca: tostación, fusión para mata, conversión, refinación, equipos empleados. Refinación.

**UNIDAD 5 - SALMUERAS**

Salares y salmueras. La importancia del Litio. Demanda. Métodos de procesamiento de salmueras. Método evaporítico. Método de Extracción Directa. Remoción de impurezas. Otras sales de importancia.

**UNIDAD 6 - OTROS METALES**

Principales minerales, yacimientos, concentración, extracción y refinación de otros metales de interés: plomo, cinc, oro.

**UNIDAD 7 - MINERALES NO METALIFEROS**

Boratos: minerales, yacimientos, beneficio; productos del boro: usos, métodos de obtención. Minerales, yacimientos y procesos de obtención de otros no metálicos: azufre, cemento portland.

**3 FORMACIÓN PRÁCTICA**

Los trabajos prácticos de planta piloto se llevan a cabo en Planta Piloto II

Los trabajos prácticos escritos en aula y Gabinete Informático de Planta Piloto II.

El trabajo final integrador de planta piloto, se realiza en planta piloto INBEMI, planta piloto II y Anexo planta piloto II.

**3.1 TRABAJOS PRÁCTICOS**

Trabajos prácticos realizados en aula

1. DIMENSIONAMIENTO DE PILAS DE LIXIVIACIÓN.
2. USOS DEL DIAGRAMA DE ELLINGHAM.

Trabajo práctico en Gabinete Informático, usando el simulador Aspen Plus

3. SIMULACION DE PROCESO HIDROMETALURGICO.
4. SIMULACION DE UN PROCESO PIROMETALURGICO.

**3.2 LABORATORIOS**

Los trabajos prácticos se desarrollan en planta piloto:

1. LIXIVIACION DE MINERALES (MALAQUITA/BORATOS). Una clase
2. ELECTRODEPOSICION DE COBRE ELECTROLITICO-EXTRACCION POR SOLVENTE. Una clase
3. TRABAJO FINAL (PROCESAMIENTO DE SALMUERAS. RECUPERACION DE ALUMNIO. PRODUCCION DE OCTOBORATO DE SODIO. 5 clases.

**3.3 OTRAS ACTIVIDADES**

Los alumnos elaboran durante el cursado varios trabajos monográficos, sobre temas relacionados a procesos hidrometalúrgicos, electrometalúrgicos y uno de mayor envergadura sobre la importancia regional de la minería.

4 CRONOGRAMA ORIENTATIVO

Sem.	Temas/Actividades
1	UNIDAD 1: Introducción. Métodos Extractivos. Características. Hidrometalurgia: Lixiviación, tipos, ejemplos. Diagrama de Pourbaix
2	UNIDAD 1: Electrometalurgia. Electrolisis. Celdas. Electrodeposición. Electrorefinación. UNIDAD 2: Pirometalurgia. Calcinación. Tostación oxidante.
3	Trabajo Practico N° 1: Lixiviación en tanque agitado de mineral de cobre. Lixiviación en tanque agitado en caliente de Ulexita o de Hidroboracita Trabajo Practico N° 2: Electrodeposición de cobre a partir de PLS de sulfato de cobre-Extracción por solvente.
4	UNIDAD 2: Tostación reductora. Diagrama de Ellingham. Hornos. Evaluación por temas 1 UNIDAD 3: Siderurgia. Materias Primas. Alto Horno. Arrabio
5	UNIDAD 3: Aceros. Planta de conversión. Etapas. PRIMER PARCIAL
6	UNIDAD 4: Cobre. Yacimientos. Minerales. Tratamiento via seca. Tostación oxidante parcial. Cobre blíster.
7	UNIDAD 5: Salmueras. Importancia del litio. Salmueras. Salares. Evaluación por temas 2 Impurezas. Métodos de procesamiento: Evaporítico, Adsorción Selectiva. Otros.
8	UNIDAD 6: Oro. Importancia regional. Producción mundial y local. Pilas de lixiviación Tanque agitado. Cementación. Carbón activado.
9	UNIDAD 6: Cinc. Tostación oxidante y reductora. Horno de retortas. UNIDAD 6: Plomo: Tostación oxidante y reductora. Métodos de afino.
10	UNIDAD 7: Boratos. Importancia regional. Proceso hidrometalúrgico. UNIDAD 7: Bórax 10, Bórax 5. Ácido bórico. Procesos en caliente.
11	SEGUNDO PARCIAL TRABAJO PRACTICO N° 3: Simulación en Aspen Plus – hidrometalurgia
12	TRABAJO PRACTICO N° 4: Simulación en Aspen Plus - pirometalurgia VIAJE DE ESTUDIOS
13	TRABAJO FINAL EN PLANTA PILOTO TRABAJO FINAL EN PLANTA PILOTO
14	TRABAJO FINAL EN PLANTA PILOTO TRABAJO FINAL EN PLANTA PILOTO
15	TRABAJO FINAL EN PLANTA PILOTO INTEGRADOR ORAL

5 BIBLIOGRAFÍA

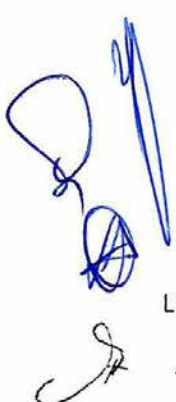
1. Ácido Bórico y Óxido Bórico de alta pureza. S. Valdez y H. Flores. Ed. EUNSa. 2012. 1 ejemplar.
2. Beneficio de los Minerales de Hierro. R. Durrer. Ed. Labor. 1956. 2 ejemplares.
3. Chemical Analysis in Extractive Metallurgy. R. S. Young. Ed. Griffin. 1971. 1 ejemplar.
4. Cobre e suas ligas: curso de metalurgia y metalografía. Vol 1. Ed. CEBRACO. 1968.1 ejemplar.
5. Cobre e suas ligas: curso de metalurgia y metalografía. Vol 2. Ed. CEBRACO. 1968.1 ejemplar.
6. El beneficio de los boratos: historia, minerales, yacimientos, usos, tratamiento, refinación, propiedades, contaminación, análisis químico. H. R. Flores. Ed. Crisol Ediciones. 2004. 12 ejemplares.
7. Fabricación de hierro, acero y fundiciones. J. Apraiz Barreiro. Vol I. Ed. Urmo, 1984. 3 ejemplares.
8. Fabricación de hierro, acero y fundiciones. J. Apraiz Barreiro. Vol II. Ed. Urmo, 1984. 3 ejemplares.

9. El Beneficio de los Minerales-Manual de Mineralurgia. Pierre Blazy. Ed. Rocas y Minerales. 1977. 3 ejemplares.
10. Extractive Metallurgy of Copper. A. K. Biswas, W. Davenport. Ed. Pergamon Press. 1980. 1 ejemplar.
11. Ferrominerales: concentración-aglomeración-mercado. Ed. Ilafa. Edición 1. 1979. 1 ejemplar.
12. Hornos Industriales. Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 1987. 5 ejemplares.
13. Manual de producción de Penta y Octoborato de Sodio. H Flores, G. Villafior, M. Tinte. Ed. EUNSa. 1ra edición. 2012. 1 ejemplar.
14. Micronutrientes de Boro. H. Flores. EUNSa. 2012. 1 ejemplar.
15. Metalurgia. Elaboración de metales. C. Chaussin, G. Hilly, P. Chevenard. Tomo I. Ed. URMO, 1975. 1 ejemplar.
16. Metalurgia. Elaboración de metales. C. Chaussin, G. Hilly, P. Chevenard. Tomo II. Ed URMO. 1975. 1 ejemplar
17. Metalurgia Extractiva. Fundamentos. A. Ballester, J. Sancho, L. F. Verdeja. Ed. Síntesis. 2010. 1 ejemplar.
18. Metalurgia Extractiva. Proceso de Obtención. J. Sancho, L. F. Verdeja, A. Ballester. Vol 2. 2 ejemplares.
19. Metalurgia General. F. Morral, E. Jimeno, P. Molera. Ed. Reverté. 1982. 2 ejemplares.
20. Metalurgia y materiales industriales. John E. Neely. Ed. Limusa/Noriega. 1999. 4 ejemplares.
21. Metalurgia técnica y fundición. E. R. Abril. Ed. Alsina. 1956. 1 ejemplar.
22. Metallurgical Application of Solvent Extraction: Fundamentals of the Process. D. W. Bridges, J. B. Rosenbaum. Sep 448. 1 ejemplar
23. Perborato de Sodio. L. Mattenella, F. Horacio. Ed. EUNSa. 1ra edición. 2012. 1 ejemplar.

#### APUNTES IMPRESOS Y PUBLICACIONES

1. Ale Ruiz L., Riveros Z. A., Lezama J., Benitez L., Gutierrez J. (2014). *Simulación del proceso de tostación de piritita en Aspen Plus y Aspen Hysys*. XXVII Congreso Interamericano y Colombiano de Ingeniería Química. Cartagena de Indias. Colombia.
2. Bonini M., T. Mendioroz T., Riveros Z. A. (2018). *Lixiviación de colemanita a bajas temperaturas*. JATRAMI 2018. Catamarca. Argentina.
3. Gamarra S., Martin C., Benitez L., Mattenella L., Flores H. y Riveros Z. A. (2014). *Primeras aplicaciones de Aspen Plus al beneficio de Minerales de la Región NOA*. III Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos – RITEQ 2014. Córdoba. Argentina.
4. Lezama J., Ale Ruiz L., Erdmann E. (2018). *Producción de carbonato de Litio: simulación mediante Aspen Plus* Riveros Z. A. JATRAMI 2018. Catamarca. Argentina.
5. Morales, G., Tolaba, N., Quiroga, O. (2011). *Modelado cinético de la disolución de hidroboracita en soluciones de ácido nítrico*. CAIP 2011. Universidad de Girona. España.
6. Morales, G., Quiroga, O., Tolaba, N. (2010). *Modelado cinético de la disolución de hidroboracita en ácido clorhídrico*. - Vol. 21(5), 21-26. Revista internacional Información Tecnológica. Chile.
7. Riveros Z, A., Ale Ruiz, L., Tolaba, N., Bonini, M., Nava, A., Romano, L. (2023). *Comparative study of boric acid production from different borates and room temperature* - WCCE11 - 11th WORLD CONGRESS OF CHEMICAL ENGINEERING. Buenos Aires. Argentina.
8. Riveros Z. A., Ale Ruiz, L., Tolaba, N., Bonini, M. (2022). *Lixiviación ácida de distintos boratos a temperatura ambiente*. XV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA-2022. Salta. Argentina.
9. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Gamarra S. y Lezama J. (2021). *Ácido Bórico: Análisis Energético Preliminar de Alternativas de Producción*. V Congreso Argentino de Ingeniería CADI, III

- Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 11vo Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería, 2021.
10. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Gamarra S., Lezama J., Erdmann E. (2021). *El uso de simuladores comerciales en la enseñanza de Ingeniería Química*. V Congreso Argentino de Ingeniería CADI, III Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 11vo Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería, 2021.
  11. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Lezama J., Gamarra S. (2021). *Ácido bórico: Análisis Energético Preliminar de Alternativas de Producción*. V Congreso Argentino de Ingeniería CADI, III Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 11vo Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería, 2021.
  12. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Lezama J., Abregú B. (2019). *Producción de Ácido Bórico a temperatura ambiente*. X Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ 2019. Santa Fe. Argentina.
  13. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Benitez L., Lezama J. (2017). *Simulación mediante Aspen Plus de la producción de carbonato de litio a partir de salmueras*. IX Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ 2017.
  14. Riveros Z. A., Flores H., Kwok L. (2016). *Obtención de ácido bórico mediante Lixiviación de Hidroboracita*. XIII Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales. Mendoza. Argentina.
  15. Riveros Z. A., Ale Ruiz L., Benitez L., Lezama J. (2016). *Proceso de Obtención de Cal Apagada a partir de mineral de calcita y dolomita: Simulación Estacionaria en ASPEN PLUS*. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Química. Cusco. Perú.
  16. Riveros Z. A., Benitez L., Lezama J., Gamarra S., Mattenella L. (2015). *Simulación en Aspen Plus - Planta de Producción de Ácido Sulfúrico*. VIII Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ 2015. Bs. As. Argentina.
  17. Riveros Z. A., Gamarra S., Benitez L. y Mattenella L. (2015). *Simulación del proceso de producción de ácido sulfúrico mediante Aspen Plus*. X Jornadas de Ciencia y tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Salta. Argentina.
  18. Riveros Z. A., Gamarra S., Benitez L., Flores H., Mattenella L. (2014). *Simulación de la Producción de Ácido Bórico a Partir de un Borato de Calcio en Aspen PLUS*. II Congreso Argentino de Ingeniería CADI. Tucumán. Argentina.
  19. Tolaba, N., Bonini, M., Riveros Z, A. (2023). *Caracterización de boratos y productos correspondientes a la producción de ácido bórico a baja temperatura*. JATRAMI. Argentina.
  20. Tolaba, N., Destéfanis, H. (2018). *Estudio de la cinética de la disolución de los barros residuales de las industrias borateras con soluciones de glicerina*. V.23, n.2 en Revista Matéria. Brasil.
  21. Tolaba, N., Destéfanis, H. (2018). *Extracción de ácido bórico empleando glicerina cruda proveniente de la industria del biodiesel*. SAM-CONAMET 2018. San Carlos de Bariloche. Argentina.
  22. Tolaba, N.- Destéfanis, H. (2016). *Estudio de la cinética de la disolución de los barros residuales de las industrias borateras con soluciones de glicerina*. SAM-CONAMET 2016. Córdoba. Argentina.
  23. Tolaba, N., Destéfanis, H. (2016). *Recuperación del ácido bórico de barros residuales de industrias borateras utilizando glicerina - Caracterización-SAM-CONAMET 2016*. Córdoba. Argentina.
  24. Tolaba, N., Morales, G., Tolaba, N., Quiroga, O. (2010). *Disolución de hidroboracita en soluciones de ácido nítrico*. JATRAMI 2010. Salta. Argentina.
  25. Tolaba, N., Morales, G., Tolaba, N., Quiroga, O. (2010). *Estudios cinéticos comparativos de la disolución de hidroboracita en soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y HNO<sub>3</sub>*. JATRAMI 2010. Salta. Argentina.



Libros digitales



1. Biotratamiento de minerales: alternativa para el desarrollo nacional. J. J. Guerrero Rojas. Ed. Cid editores. ISBN: 30906051909. 2009. Digital, disponible en eLibro.net.
2. Utilización del mineral de manganeso (pirolusita) en la producción de aceros al carbono. Minería y Geología. V. 19 N. 3-4, 2003. Efrain Navas Medina. Editorial Universitaria. ISBN 19938012. 2008. Digital, disponible en eLibro.net.
3. Cadenas globales de valor en minerales estratégicos de América del Sur: el análisis del Litio. A. Cadena Cancino, O. Lozano. Editorial Universidad Autónoma de Colombia. ISBN. 9789585450028. 2018. Digital, disponible en eLibro.net.
5. Aprovechamiento integral del cobre contenido en las menas oxidadas del yacimiento "El Cobre" Santiago de Cuba. A. Fernández Heredia. Revista Cubana de Química. Vol. XII, N° 3, 2000. Digital, disponible en eLibro.net.
6. Cadenas globales de valor en minerales estratégicos de América del Sur: el análisis del Litio. A. Cadena Cancino, O. Lozano Lozano. Editorial Universidad Autónoma de Colombia. E-ISBN 9789585450028. Digital, disponible en eLibro.net.

Disponibles en biblioteca del INBEMI (un ejemplar de cada uno)

1. Applied measurements in mineral and metallurgical processing. G. Sommer. Ed. Pergamon Press. 1989.
2. Boro-Berilio-Litio. Una fuente natural de energía. L. R. Catalano. Ed. Min. de Economía, Sec. de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería, Argentina. 1964.
3. Extraction Metallurgy. G. D. Gilchrist. 2da edición. Ed. Pergamon Press. 1980.
4. Extractive Metallurgy. J. Newton. Ed. John Wiley & Sons Inc. 1959.
5. Hidrometalurgia de metales comunes. Van Arsdale. Ed. Hispanoamericana. 1965.
6. Hidrometalurgia del cobre. A. Arenas. Ed. Facultad de Ing. Universidad del Norte. 1985.
7. Hornos industriales de Resistencia. Teoría, calculo y aplicaciones. N. P. Waganoff. Ed. Librería Mitre. 1963.
8. Non Ferrous Extractive Metallurgy. C. B. Gill. Ed. Wiley Interscience. 1980.
9. Metallurgical Thermochemistry. 5º ed. O. Kumaschewski- C.B. Alcock. Ed. Pergamon Press. 1979.
10. Metalurgia del Cobre y del Niquel. V. Beregovski- B. Kistjakovski. Ed. MIR. 1972.
11. Mineral Handbook 1992 - 1993. Statics and analysis of the world's minerals industry. P. Crowson. Ed. Stockton Press. 1992.
12. Oro. Guía Práctica. J. C. Videra. Ed. Inst. Inv. Mineras. San Juan. 2005 . 2 ejemplares.
13. Procesamiento de minerales de oro y plata, extracción, precipitación, fusión y refinado. Curso de actualización. J. A. García. Ed. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. 1991.
14. Process Mineralogy II: Applications to environment. Precious metals, mineral beneficiation, pyrometallurgy, coal and refractories. W. Petruk-A. R. Rule. Eds. TMS. Minerals. Metals. Materials. 1994.
15. Pirometalurgia. Introducción a los procesos pirometalúrgicos extractivos. A. R. Janikow. UNJu. REUN. 2000.
16. SME mineral Processing Handbook. Vol. 1. Weiss, N. L. Soc. Mining Engineer. 1985.
17. SME mineral Processing Handbook. Vol. 2. Weiss, N. L. Soc. Mining Engineer. 1985.
18. Tratamiento de minérios. Prácticas Laboratorias. J. Sampaio J., F. Alves, C. Silvia, P. F. Almeida Braga. CETEM. Brasil. 2007.

## 6 EJES DE FORMACIÓN (Anexo I, Res. ME 1566-2021)

En la asignatura se desarrolla la formación de los estudiantes en relación a los ejes identificados a continuación:

<i>Identificación, formulación y resolución de problemas de Ingeniería Química</i>	Alto
<i>Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de Ingeniería Química</i>	Alto
<i>Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de Ingeniería Química</i>	Medio
<i>Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería Química</i>	Medio
<i>Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas</i>	Alto
<i>Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo</i>	Alto
<i>Fundamentos para una comunicación efectiva</i>	Alto
<i>Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable</i>	Alto
<i>Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local.</i>	Medio
<i>Fundamentos para el aprendizaje continuo</i>	Alto
<i>Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora</i>	Medio

Describe/fundamente en este espacio el modo en que se desarrollan los ejes seleccionados

**Identificación, formulación y resolución de problemas de Ingeniería Química:** La Asignatura tributa a esta Competencia en el Nivel Alto (3) porque en el desarrollo del trabajo final de planta piloto, durante 2 semanas y media los alumnos en forma grupal y autónoma deben realizar la transformación química metalúrgica de temas proporcionados por la cátedra. Para ello, deben realizar un diseño experimental, o lo más próximo, de manera de realizar tanto la caracterización de materias primas, desarrollar la transformación y caracterizar el o los productos obtenidos.

**Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de Ingeniería Química:** Para este eje de formación la Asignatura tributa a esta Competencia en el Nivel Alto (3) porque con el trabajo final de planta piloto y las simulaciones mediante Aspen Plus, los estudiantes proponen un camino tecnológico para el procesamiento, eligiendo operaciones o procesos unitarios determinados, basados en el aprovechamiento de diferencia de propiedades entre mineral útil, su ganga e impurezas.

La Asignatura tributa a la **Competencia Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos** de Ingeniería Química en el Nivel Medio (2) con el desarrollo del trabajo final de planta piloto, donde los estudiantes operan los equipos y modifican variables operativas, de manera de lograr los objetivos propuestos para el trabajo.

Para la competencia **Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería Química**, la Asignatura tributa a esta Competencia en el Nivel Medio (2) con el desarrollo de problemas en trabajos prácticos, tanto escritos, como de simulación, y de planta piloto.

La Asignatura tributa a la **Competencia Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas** en el Nivel Alto (3) porque los alumnos realizan un trabajo final basado en la aplicación de tecnologías aplicadas al procesamiento de minerales y luego lo presentan en forma oral a toda la clase. Además, en la clase de simulación con Aspen Plus desarrollan simulaciones cuyos procesos por lo general obedecen a desarrollos tecnológicos modernos y novedosos.

Para la competencia **Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo**, la Asignatura tributa a esta Competencia en el Nivel Alto (3) porque todo el trabajo en la asignatura en grupal, tanto en los prácticos escritos, como los de planta piloto, presentación de monografías en la actividad integradora final.

La Asignatura tributa a la Competencia Fundamentos para una comunicación efectiva en el Nivel Alto (3) porque durante todo el cursado se persigue que el alumno se exprese en forma técnica, correcta, y concisa, para ello, las clases son interactivas, propiciando en el alumno la verbalidad, y asesorando paralelamente una mejor forma de expresión. En el desarrollo de cada practica el alumno debe presentar los avances y resultados en forma verbal y luego en forma escrita, propendiendo a una mejora de este aspecto durante el cursado.

La competencia *Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable* se tributa en el Nivel Alto (3) porque cada clase se plantea como premisa fundamental dimensionar el impacto de la actividad metalúrgica sobre el entorno y en este contexto como el profesional puede influir positiva en el entorno social y productivo cuando actúa con ética y responsabilidad o negativamente cuando deja de hacerlo.

La Asignatura tributa a la Competencia *Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local* en el Nivel Medio (2) puesto que uno de los aspectos característicos de la industria metalúrgica o minera en general, es vista por la sociedad como altamente contaminante, por ello se pone especial énfasis en la función del ingeniero que es quien entiende cabalmente sobre los procesos, sea quien puede influir sobre la porción de la sociedad que se encuentra bajo la influencia del proyecto, explicando, clarificando y desterrando mitos sobre la minería contaminante.

La Asignatura tributa a la Competencia *Fundamentos para el aprendizaje continuo*, en el Nivel Alto (3) porque es premisa de las asignaturas de procesamiento de minerales, el estudio secuencial de los temas, así fueron concebidas, por lo que el estudiante encara el estudio de las mismas en forma secuencial y continua, es decir cada unidad es un bloque fundamental para el estudio de la siguiente unidad, además de que el continuo cambio tecnológico en la industria minera, obliga a la permanente actualización, es decir un aprendizaje continuo, lo que se inculca al alumno durante todo el cursado de la asignatura.

Para los Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora la Asignatura tributa a esta Competencia en el Nivel Medio (2) basado en que a los alumnos se los capacita tanto para la producción, como para la prestación de servicios, que en el segmento minero es importante, tanto así, que en la región existe la cámara de proveedores mineros, constituido fundamentalmente por emprendedores. Se detallan para cada bloque del proceso minero metalúrgico los potenciales desarrollos emprendedores.

## 7 ENUNCIADOS MULTIDIMENSIONALES Y TRANSVERSALES (Anexo I, Res. ME 1566-2021)

En la asignatura se desarrollan los siguientes enunciados multidimensionales y transversales:

- |  |      |
|--|------|
| <i>Identificación, formulación y resolución de problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Estrategias de abordaje, diseños experimentales, definición de modelos y métodos para establecer relaciones y síntesis</i> | Alto |
| <i>Diseño, cálculo y proyecto de productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para la valorización y optimización</i>                       | Alto |

<i>Planificación y supervisión de la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas. Utilización de recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios y sistemas de medición y aplicación de normas y reglamentaciones Verificación del funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas</i>	Medio
<i>Proyecto y dirección de la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios referido a la higiene y seguridad en el trabajo y al control y minimización del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional</i>	Alto
	Alto

En todo el desarrollo del contenido de la asignatura, se pone énfasis en el desarrollo profesional basado en una actuación con ética y responsabilidad.

Toda la práctica de la asignatura se desarrolla con minerales (reales), provenientes de prácticos de la asignatura Beneficio de minerales I, o también de yacimientos de la región NOA, por ello, toda las practicas aplicadas al procesamiento de cada mineral, se trata de problemas abiertos de ingeniería, puesto que los alumnos deben aplicar las técnicas estudiadas, evaluar los resultados obtenidos y en base a los resultados, si existe desvío, deben proponer mejoras, cambios al procesamiento o justificar debidamente los desvíos relevados.

La asignatura, se caracteriza por ser una materia integradora de conocimientos adquiridos por los alumnos, puesto que los métodos estudiados, las operaciones unitarias ya estudiados en años anteriores, así como la química inorgánica, termodinámica, la electricidad, y fundamentalmente los conceptos correspondientes a la optativa I, son aplicados al proceso metalúrgico de minerales, y más particularmente a los minerales disponibles en la región.

Todas las actividades practicas se realizan en grupos de trabajo, cambiando de acuerdo con el trabajo a realizar de los integrantes, de manera de generar un habito en cada alumno de adaptación a distintos grupos de trabajo. Los trabajos grupales culminan con la elaboración de un informe técnico, donde se pone énfasis en el uso del lenguaje técnico minero y metalúrgico preciso.

La comunicación efectiva, es un objetivo fundamental para la asignatura, logro desarrollado en clases, las que son interactivas, además de los trabajos prácticos de planta piloto, donde los estudiantes deben organizarse grupalmente para alcanzar los objetivos, solicitar insumos, equipamiento adecuado, etc. Todo basado en el uso de un lenguaje técnico.

## 8 METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

La asignatura organiza el dictado en tres bloques, a saber: Procesos de extracción metalúrgicos, ejemplos de procesos metalúrgicos de la región y trabajo final integrador.

El primer bloque se organiza con clases teóricas, empleando presentaciones de power point, mediante un proyector audiovisual, además de videos sobre plantas industriales metalúrgicas y pizarrón. Completa el bloque dos trabajos prácticos de planta piloto sobre extracción hidrometalúrgica y electrometalúrgico.

El segundo bloque más extenso, describe procesos mineros de la región, o que por su importancia didáctica amerita su estudio. En cada caso se presentan videos.

El ultimo bloque, inicia con practica del simulador Aspen Plus, cuya licencia académica posee la institución. Y luego el desarrollo de un trabajo final grupal, que se desarrolla en 5 clases, al finalizar los alumnos deben presentar un informe técnico, sobre todo el trabajo desarrollado, y exponer en clase publica, instancia que además es evaluativa, se desarrolla por medio del dictado de clases teóricas y prácticas.

Todo el material didáctico, así como el programa de la materia, cronograma de clases, reglamento interno se presenta en el Moodle de la asignatura. Todo el material elaborado por los alumnos debe ser entregado a través de la plataforma.

### 9 FORMAS DE EVALUACIÓN

Las condiciones de evaluación están establecidas en el Reglamento Interno vigente de cátedra.

Se toman dos evaluaciones por temas, correspondientes a los avances de los dos primeros bloques y dos parciales escritos correspondientes a los contenidos de cada bloque. Cada parcial con su correspondiente recuperación.

Durante el primer bloque, los alumnos elaboran dos trabajos monográficos. Al finalizar el tercer bloque elaboran una monografía sobre la minería metalúrgica de Argentina.

Al finalizar el cursado, los alumnos exponen en forma oral y grupal el trabajo final de planta piloto, instancia que es evaluativa e integradora, calificando la misma como un tercer parcial.

Adolfo Riveros Zapata

RESOLUCIÓN **387** -CD- **2024**

Ing. JORGE ROMUALDO BERKINIAN  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

ING. HECTOR PAUL CASADO  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa