



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

**(Programa del año 2025)**

**I - Oferta Académica**

| <b>Materia</b>                                        | <b>Carrera</b> | <b>Plan</b> | <b>Año</b> | <b>Período</b>  |
|-------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------|-----------------|
| () RECICLADO DE MATERIALES Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES | ING.EN MINAS   | 6/15        | 2025       | 2° cuatrimestre |

**II - Equipo Docente**

| <b>Docente</b>             | <b>Función</b>    | <b>Cargo</b> | <b>Dedicación</b> |
|----------------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| MANSILLA, MARIA YANINA     | Prof. Responsable | P.Adj Exc    | 40 Hs             |
| MARCHEVSKY, NATALIA JUDITH | Prof. Colaborador | P.Asoc Exc   | 40 Hs             |

**III - Características del Curso**

| <b>Credito Horario Semanal</b> |                 |                          |                                              |              |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| <b>Teórico/Práctico</b>        | <b>Teóricas</b> | <b>Prácticas de Aula</b> | <b>Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.</b> | <b>Total</b> |
| 6 Hs                           | Hs              | Hs                       | Hs                                           | 6 Hs         |

| <b>Tipificación</b>              | <b>Periodo</b>  |
|----------------------------------|-----------------|
| C - Teoría con prácticas de aula | 2° Cuatrimestre |

| <b>Duración</b> |              |                            |                          |
|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Desde</b>    | <b>Hasta</b> | <b>Cantidad de Semanas</b> | <b>Cantidad de Horas</b> |
| 04/08/2025      | 14/11/2025   | 15                         | 90                       |

**IV - Fundamentación**

Esta materia tiene el propósito de brindar a los estudiantes conocimiento sobre el reciclado de metales, tanto desde la perspectiva de ser fuentes de recursos escasos como también desde la protección y cuidado del medioambiente. Además se dictan conocimientos fundamentales del tratamiento de efluentes, siendo éstos imprescindible para quienes trabajan en una planta de tratamiento de minerales.

**V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje**

Que los estudiantes adquieran conocimiento sobre el reciclado de metales, las etapas, operaciones y procesos involucrados hasta la obtención de una manufactura. Asimismo se busca que el estudiante logre una visión integrada sobre la importancia económica y ambiental que involucra el reciclado de metales desde fuentes secundarias.

Que los estudiantes conozcan las tecnologías disponibles para el tratamiento de aguas generadas en la industria minero - metalúrgica.

**VI - Contenidos**

**Unidad 1. Conceptos básicos de la recuperación y reciclado de metales**  
Definiciones básicas y principios de la recuperación y reciclado de metales. El ciclo de los metales. Las chatarras férricas.

**Unidad 2. Yacimientos, minería y metalurgia secundaria**  
Menas, recursos y reservas secundarias. La minería urbana: el laboreo de la mina secundaria. La mineralurgia secundaria:

procesos físicos y químicos. Conceptos generales de la metalurgia secundaria.

### **Unidad 3. Demanda de metales y reciclado de tecnologías concretas**

Análisis de los escenarios de demanda de metales. Reciclado de metales en la recuperación de automóviles desechados, paneles fotovoltaicos, baterías y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

### **Unidad 4. Aspectos ambientales, económicos y comerciales de la recuperación y reciclado de metales**

Los impactos del reciclaje de metales. Comparativa de impactos entre la producción de metales primarios y secundarios. Aspectos económicos y comerciales de la recuperación y del reciclado: análisis del mercado, costos, formación de precios de las materias primas secundarias y la eficacia de la recuperación.

### **Unidad 5. Metalurgia secundaria del aluminio**

Materias primas y esquema básico. Preparación de las materias primas. Fusión: horno de reverbeno, rotativo y de inducción. Afino. Eliminación de elementos metálicos y no metálicos. Lingotado.

### **Unidad 6. Metalurgia secundaria del cobre**

Materias primas y esquemas básicos. Chatarras y aleaciones ricas. Chatarras y desechos pobres. Afino.

### **Unidad 7. Metalurgia secundaria del cinc**

Materias primas y esquemas básicos. Chatarras nuevas. Subproductos de la galvanización. Procesos hidrometalúrgicos. Recuperación de cinc a partir de residuos no secundarios y en escorias de plomo.

### **Unidad 8. Metalurgia secundaria del plomo**

Materias primas y esquemas básicos. Reciclado de chatarras y plomos viejos. Líneas generales de tratamiento. Pre-tratamiento de baterías. Pirometalurgia.

### **Unidad 9. Recuperación y reciclado de otros metales no férreos**

Conceptos básicos de la recuperación y reciclado de metales menores (Co, Sn, Ni, W, etc.) y metales preciosos (Au y Ag).

### **Unidad 10. Tratamiento de efluentes**

Tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales de la industria minero - metalúrgica. Sistemas de tratamiento. Tratamientos biológicos.

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Los trabajos prácticos versarán sobre investigaciones que los estudiantes harán sobre el estado de situación del reciclado de cada metal estudiado, teniendo en cuenta también el análisis de información estadística nacional y mundial

## **VIII - Regimen de Aprobación**

La asignatura puede ser aprobada en las siguientes modalidades:

### **PROMOCIÓN**

Requiere aprobar 2 (dos) parciales escritos u orales, con un puntaje mínimo de 8 (ocho) en la escala 0 - 10.

Esta nota puede conseguirse hasta en la primera instancia de recuperación. Además, el estudiante deberá presentar la carpeta de trabajos prácticos realizados durante el cuatrimestre.

### **Condición de alumno REGULAR**

Requiere aprobar 2 (dos) parciales con un puntaje mínimo de 5 (cinco) en la escala 0 - 10 y presentar la carpeta de trabajos prácticos resueltos en clase. La nota requerida en el parcial puede conseguirse en primera instancia o bien, en las instancias de recuperación.

### **EXAMEN FINAL para estudiantes en condición REGULAR**

Requiere aprobar un examen teórico con un puntaje mínimo de 4 (cuatro) en la escala 0 - 10. Dicho examen podrá ser escrito

u oral de acuerdo a lo que estipule el tribunal para dicha mesa de examen.

#### EXAMEN FINAL para estudiantes en condición LIBRE

Requiere los ítems a y b:

- a) Presentar la carpeta de trabajos prácticos días previos a la mesa de examen (el estudiante deberá consultar previamente al equipo docente los trabajos prácticos a realizar). Tras la aprobación de los mismos por parte del equipo docente se procede al ítem b).
- b) Aprobar un examen final escrito u oral con una nota mínima de 4 (cuatro) en la escala 0 - 10.

### IX - Bibliografía Básica

- [1] Ortega, F. R. (1992). Introducción a la recuperación y reciclado de los metales no féreos. IGME.
- [2] Martín Lallana Santos y Joám Evans Pim (2022). Reciclaje de metales - La alternativa a la minería. Ecologistas en acción.
- [3] Reck, Barbara K., and Thomas E. Graedel. (2012). Challenges in metal recycling. Science AAAS (print ISSN 0036-8075; online ISSN 1095-9203)
- [4] T.E. Graedel (2011). The Prospects for Urban Mining
- [5] Guía ambiental para el manejo de aguas en actividades minero-metalúrgicas (2001). Ministerio de Desarrollo Económico, Viceministerio de minería y metalurgia, Unidad sectorial de medio ambiente de Bolivia.
- [6] Toshihisa Shimokura y Kinzo Asari. (2000). Tecnología de tratamiento de aguas residuales de mina y de la planta de concentración

### X - Bibliografía Complementaria

- [1] T. E. Graedel, Julian Allwood, Jean-Pierre Birat, Matthias Buchert, Christian Hageluen, Barbara K. Reck, Scott F. Sibley, and Guido Sonnemann. (2011). What Do We Know About Metal Recycling Rates?
- [2] Chen, Y., Qiao, Q., Cao, J., Li, H., & Bian, Z. (2021). Precious metal recovery. Joule, 5(12), 3097-3115.
- [3] Ernst Worrell y Markus Reuter. (2014). Handbook of recycling. State of the art for practitioners, analysts and scientists.
- [4] Ding, Y., Zhang, S., Liu, B., Zheng, H., Chang, C. C., & Ekberg, C. (2019). Recovery of precious metals from electronic waste and spent catalysts: A review. Resources, conservation and recycling, 141, 284-298.
- [5] Miao, Y., Liu, L., Zhang, Y., Tan, Q., & Li, J. (2022). An overview of global power lithium-ion batteries and associated critical metal recycling. Journal of Hazardous Materials, 425, 127900.
- [6] Samuelsson, C., & Björkman, B. (2014). Copper recycling. In Handbook of recycling (pp. 85-94). Elsevier.
- [7] Schlesinger, M. E. (2006). Aluminum recycling. CRC press.
- [8] Tian, H., Guo, Z., Pan, J., Zhu, D., Yang, C., Xue, Y., ... & Wang, D. (2021). Comprehensive review on metallurgical recycling and cleaning of copper slag. Resources, Conservation and Recycling, 168, 105366.
- [9] Zupanc, A., Install, J., Jereb, M., & Repo, T. (2023). Sustainable and selective modern methods of noble metal recycling. Angewandte Chemie International Edition, 62(5), e202214453.

### XI - Resumen de Objetivos

Que los estudiantes adquieran conocimiento sobre el reciclado de metales y visualicen la importancia económica y ambiental que tiene esta temática para las sociedades modernas.

Que los estudiantes conozcan las tecnologías para el tratamiento de efluentes

### XII - Resumen del Programa

Conceptos básicos de la recuperación y reciclado de metales. Yacimientos, minería y metalurgia secundaria. Demanda de metales y reciclado de tecnologías concretas. Aspectos ambientales, económicos y comerciales de la recuperación y reciclado de metales. Metalurgia secundaria del aluminio, cobre, zinc y plomo. Recuperación y reciclado de otros metales no féreos. Métodos para el tratamiento de efluentes minero-metalúrgicos

### XIII - Imprevistos

No se prevén. En caso que surjan el equipo docente de la asignatura tratará de resolver los mismos a la brevedad para evitar afectar el desarrollo previsto para la asignatura.

#### **XIV - Otros**

|  |
|--|
|  |
|--|