



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

**(Programa del año 2023)**

### I - Oferta Académica

<b>Materia</b>	<b>Carrera</b>	<b>Plan</b>	<b>Año</b>	<b>Período</b>
HIDROMETALURGIA	TEC.PROC.MINER.	11/13	2023	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

<b>Docente</b>	<b>Función</b>	<b>Cargo</b>	<b>Dedicación</b>
MARCHEVSKY, NATALIA JUDITH	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
VIDAL TREBER, JUAN ANTONIO	Responsable de Práctico	JTP 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>
4 Hs	Hs	Hs	Hs	4 Hs

<b>Tipificación</b>	<b>Periodo</b>
C - Teoría con prácticas de aula	1° Cuatrimestre

<b>Duración</b>			
<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Cantidad de Semanas</b>	<b>Cantidad de Horas</b>
13/03/2023	23/06/2023	15	4

### IV - Fundamentación

La inclusión de la asignatura Hidrometalurgia, en el plan de estudio de la carrera Tecnicatura Universitaria en Procesamiento de Minerales se justifica dado que la obtención de metales de importancia comercial requiere cada vez más la necesidad de utilizar procesos químicos para separar los elementos de interés económico.

Cuando la recuperación de metales, desde una matriz rocosa, se produce por medio de reacciones químicas en solución acuosa, se define el campo de acción de la hidrometalurgia. Esta disciplina involucra operaciones como la lixiviación, biolixiviación, adsorción con carbón activado, extracción por solventes, intercambio iónico, precipitación y electro deposición de metales. En la actualidad también se aprovechan microorganismos para la recuperación de metales a través de procesos bio-hidrometalúrgicos.

Generalmente la mena que se trata por procesos hidrometalúrgicos requiere ser acondicionada granulométricamente a través de operaciones de trituración, molienda y clasificación, las cuales se aplican con anterioridad al ataque químico.

La liberación de los minerales facilita el contacto entre la solución lixivante y los minerales; y en consecuencia la recuperación de los elementos de interés económico.

Las unidades a desarrollar en este programa están basadas en los contenidos mínimos del plan de estudio que se encuentra vigente para la carrera Tecnicatura Universitaria en Procesamiento de Minerales.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El objetivo general de esta asignatura es que los alumnos conozcan los procesos y etapas involucradas en la recuperación de metales (oro, plata y cobre) a partir de minerales, mediante la vía hidrometalúrgica.

## VI - Contenidos

### Unidad 1. Fundamentos de la hidrometalurgia

La importancia de los metales en las sociedades modernas. Metalurgia extractiva: opciones para la recuperación de metales. Etapas físico-químicas de la hidrometalurgia. Ventajas y desventajas relativas de la hidrometalurgia y la pirometalurgia.

### Unidad 2. Contexto y práctica de la lixiviación

Formación y transformación de yacimientos de cobre porfídico. Ocurrencia del oro y opciones para su recuperación. Cinéticas de lixiviación de las especies mineralógicas. Los minerales de ganga en la lixiviación: efecto preg-robbing. El rol del hierro en los sistemas de lixiviación. Mecanismos de oxidación de los minerales sulfurados.

### Unidad 3. Recuperación de oro y plata

Química del oro en medio acuoso. Lixiviación de oro y plata con diferentes agentes lixiviantes: cianuro, tiourea, entre otros. Métodos de lixiviación. Pretratamiento de menas refractarias a la lixiviación: biooxidación, oxidación presurizada, tostación, etc. Adsorción con carbón activado: etapas del proceso, mecanismos de adsorción, influencia de la química de la cianuración en la adsorción, equilibrio y cinética de la etapa de adsorción, procedimientos de descarga o elución del carbón, comparación de los métodos de elución disponibles, reactivación del carbón. Proceso de precipitación con metales: termodinámica, cinética, cementación de oro y plata desde soluciones de cianuro.

### Unidad 4. Recuperación de cobre

Lixiviación de minerales oxidados de cobre en medio ácido y en medio amoniacal. Biolixiviación. Extracción por solventes (Proceso SX): Objetivos del proceso, características de los reactivos orgánicos (extractante), características del diluyente, modificadores, factores de la solución acuosa que afectan el proceso, partes constitutivas esenciales del proceso y su aplicación. Precipitación por electrólisis: Definiciones y conceptos fundamentales, aplicación de la electrólisis para la recuperación de metales, con especial interés para el cobre.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Para cada unidad del programa se propondrá un trabajo práctico. Las actividades podrían incluir, cuestionarios, elaboración de informes cuadros comparativos, exposiciones, explicación de diagramas de proceso, entre otros.

Cada actividad será evaluada por el cuerpo docente, la nota será cualitativa Aprobado o No aprobado.

## VIII - Regimen de Aprobación

Para regularizar se requiere la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y la aprobación de un (1) parcial integrador con una nota superior a 6 (seis).

Para promocionar se requiere la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y la aprobación del parcial integrador con una nota superior a 8 (ocho).

Recuperaciones: Se darán 2 (dos) recuperaciones al parcial. Los alumnos que presenten certificado de trabajo podrán acceder a una recuperación más.

Evaluación con examen final: podrá ser escrito u oral de acuerdo a la disposición de la cátedra para ese turno de mesa de examen.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Ballester, A., Verdeja, L. F., & Sancho, J. (2000). Metalurgia extractiva: Fundamentos (tomo I).
- [2] Domic, E. (2001). Hidrometalurgia: Fundamentos, procesos y aplicaciones. Chile, Andros Impresos.
- [3] Free, M. L. (2013). Hydrometallurgy: fundamentals and applications. John Wiley & Sons
- [4] Habashi, F. (1980). Principles of extractive metallurgy (Vol. 2), 2nd Ed., CRC Press.
- [5] Havlík, T. (2014). Hydrometallurgy: Principles and applications. Elsevier.
- [6] Sancho, J., González, L. F. V., & Ballester, A. (2000). Metalurgia extractiva: Procesos de obtención. Síntesis (tomo II).

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Brierley, C. L., & Brierley, J. A. (2013). Progress in bioleaching: part B: applications of microbial processes by the minerals industries. Applied microbiology and biotechnology, 97(17), 7543-7552.

- [2] Elomaa, H., Sinisalo, P., Rintala, L., Aromaa, J., & Lundström, M. (2020). Process simulation and gate-to-gate life cycle assessment of hydrometallurgical refractory gold concentrate processing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(3), 456-477.
- [3] Habashi, F. (2005). A short history of hydrometallurgy. *Hydrometallurgy*, 79(1-2), 15-22.
- [4] Kaksonen, A. H., Lakaniemi, A. M., & Tuovinen, O. H. (2020). Acid and ferric sulfate bioleaching of uranium ores: A review. *Journal of Cleaner Production*, 121586.
- [5] Kuusisto, R., Pekkala, P., & Karcas, G. J. (2005). Outokumpu SX EW technology package. In *Third Southern African Base Metals Conference*.
- [6] Li, H., Eksteen, J., & Oraby, E. (2018). Hydrometallurgical recovery of metals from waste printed circuit boards (WPCBs): Current status and perspectives—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 139, 122-139.
- [7] Norgate, T. E., Jahanshahi, S., & Rankin, W. J. (2007). Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*, 15(8-9), 838-848.
- [8] Olson, G. J., Brierley, J. A., & Brierley, C. L. (2003). Bioleaching review part B. *Applied microbiology and biotechnology*, 63(3), 249-257.
- [9] Rohwerder, T., Gehrke, T., Kinzler, K., & Sand, W. (2003). Bioleaching review part A. *Applied microbiology and biotechnology*, 63(3), 239-248.
- [10] Sun, C. B., Zhang, X. L., Kou, J., & Xing, Y. (2020). A review of gold extraction using noncyanide lixiviants: Fundamentals, advancements, and challenges toward alkaline sulfur-containing leaching agents. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 27(4), 417-431.
- [11] Watling, H. R. (2006). The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides—a review. *Hydrometallurgy*, 84(1-2), 81-108.
- [12] Zhao, Y., Zheng, Y., He, H., Sun, Z., & Li, A. (2021). Effective aluminum extraction using pressure leaching of bauxite reaction residue from coagulant industry and leaching kinetics study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104770.
- [13] Folletos y videos.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Conocer los diferentes procesos y etapas involucradas en la obtención de metales (oro, plata y cobre) a través de la vía hidrometalúrgica.

## **XII - Resumen del Programa**

Etapas y alcance de la hidrometalurgia. Lixiviación, biolixiviación y biooxidación de minerales. Recuperación de metales por adsorción con carbón activado. Intercambio iónico con resinas sólidas. Extracción por solventes. Precipitación con metales. Precipitación por electrólisis.

## **XIII - Imprevistos**

No se prevé, en caso que surjan el equipo docente tratará de resolverlos para no afectar el desarrollo de la asignatura.

## **XIV - Otros**

-