



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

(Programa del año 2023)  
(Programa en trámite de aprobación)  
(Presentado el 14/08/2023 19:00:02)

### I - Oferta Académica

| Materia                   | Carrera      | Plan | Año  | Período         |
|---------------------------|--------------|------|------|-----------------|
| () METALURGIAS ESPECIALES | ING.EN MINAS | 6/15 | 2023 | 2° cuatrimestre |

### II - Equipo Docente

| Docente                    | Función                 | Cargo     | Dedicación |
|----------------------------|-------------------------|-----------|------------|
| 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

| Credito Horario Semanal |          |                   |                                       |       |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| Teórico/Práctico        | Teóricas | Prácticas de Aula | Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc. | Total |
| Hs                      | Hs       | Hs                | Hs                                    | 4 Hs  |

| Tipificación                     | Periodo         |
|----------------------------------|-----------------|
| C - Teoría con prácticas de aula | 2° Cuatrimestre |

| Duración   |            |                     |                   |
|------------|------------|---------------------|-------------------|
| Desde      | Hasta      | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
| 07/08/2023 | 17/11/2023 | 15                  | 60                |

### IV - Fundamentación

La presente actividad curricular otorga conocimiento de los procesos pirometalúrgicos extractivos y de refinación más representativos del amplísimo campo de la metalurgia extractiva. Los conocimientos previos adquiridos en el curso fundamentos químicos de la metalurgia son relevantes para facilitar el estudio y entendimiento de los temas tratados. Los conocimientos otorgados por esta asignatura capacitan al futuro profesional sobre las operaciones y procesos que tienen lugar en plantas de tostación, aglomeración de minerales, reducción y refinación de metales.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Identificar los principales procesos y tecnologías que se utilizan en la metalurgia extractiva para la obtención de metales ferrosos y no ferrosos a partir de procesos pirometalúrgicos.

Analizar cada una de las etapas involucradas en la obtención de los metales, desde la preparación de las materias primas hasta la refinación de los mismos.

### VI - Contenidos

**Unidad 1 – Tecnologías de las Altas Temperaturas: su aplicación a los Procesos Pirometalúrgicos.**  
Particularidades de los procesos a altas temperaturas. Generación de altas temperaturas. Combustibles. Carbones minerales y coque metalúrgico. Refractarios. Reactores pirometalúrgicos. Clasificación de los reactores pirometalúrgicos.

**Unidad 2 – Tratamientos térmicos de beneficiación de minerales**  
Tostación. Termodinámica de la tostación. Tostación clorurante. Procesos industriales de Tostación. Calcinación. Hornos de calcinación.

### **Unidad 3 – Procesos de aglomeración**

Pelletizado. Fabricación de pelets verdes de minerales de hierro. Endurecimiento de pelets verdes de minerales de hierro. Sinterizado de Menas sulfurosas de plomo y de cinc. Pulvimetalurgia.

### **Unidad 4 – Procesos de reducción**

Reducción de minerales de hierro. Termodinámica de la reducción de los óxidos de hierro. Cinética de reducción de los óxidos de hierro. Proceso de alto horno. Descripción de la instalación. Materias primas. Distribución de carga. Descripción del proceso. Procesos de reducción directa. Introducción. Proceso HyL, Proceso Midrex, Proceso SL/RN, Proceso FIOR. Proceso Corex. Reducción de menas oxidadas de plomo. Proceso de alto horno para plomo. Reducción de menas oxidadas de cinc. Teoría de la reducción. Procesos de retortas horizontales. Procesos de retortas verticales. Proceso Josephtown. Proceso ISP. Reducción de menas oxidadas de estaño. Reducción de hornos de reverbero.

### **Unidad 5 – Procesamiento de matas**

Introducción. Procesamiento pirometalúrgico de concentrados sulfurosos de cobre. Fusión de matas de cobre. Termodinámica de la Fusión de la fusión de matas de cobre. Fusión en alto horno para cobre. Fusión en horno de reverbero. Fusión en horno eléctrico. Flash smelting. Conversión de matas de cobre. Convertidor Peirce-Smith. Proceso de conversión.

### **Unidad 6 – Procesos de refinación térmica**

Aceración. Convertidor al oxígeno – Proceso LD. Horno de solera – Proceso Siemens-Martin (Básico). Proceso de Horno eléctrico de Arco. Refinación del plomo de obra. Espumado (drossing). Ablandamiento. Recuperación de la plata – Proceso Parkes. Tratamiento posterior – Separación del bismuto. Refinación del cinc. Proceso de destilación fraccionada. Refinación del estaño.

Proceso de Licuación.

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

Trabajo Práctico N°1: Tostación y calcinación

Trabajo práctico N°2: Sinterización

Trabajo Práctico N°3: Alto horno

Trabajo Práctico N°4: Procesos de reducción directa

Trabajo Práctico N°5: Procesamiento de matas

Trabajo Práctico N°6: Procesos de refinación térmica

## **VIII - Regimen de Aprobación**

La asignatura puede ser aprobada en las siguientes modalidades:

### **PROMOCIÓN**

Requiere aprobar 2 (dos) parciales teórico-práctico escritos u orales, con un puntaje mínimo de 8 (ocho) en la escala 0 - 10. Esta nota puede conseguirse en primera instancia; o bien, en los recuperatorios. Habrá dos exámenes de recuperación por cada parcial (Ord.CS N° 32/14). Además, el estudiante deberá presentar la carpeta de ejercicios prácticos resueltos durante el cuatrimestre.

### **EXAMEN FINAL para alumnos 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 alumnos en condición LIBRE**

Requiere los ítems a y b:

a) Aprobar la resolución de ejercicios prácticos que el tribunal examinador disponga para la mesa de examen correspondiente. El alumno deberá presentarse días previos a la mesa de examen y consultar al equipo docente responsable de la materia sobre los ejercicios prácticos\* a resolver.

Los ejercicios deben ser resueltos por el alumno en forma individual, el mismo podrá solicitar clase de consulta a los docentes para guiarlo en la resolución de los mismos. Posteriormente, deberá presentar la resolución de los ejercicios tipeados en computadora (formato digital); o bien, escritos a mano de manera legible y prolija.

Para poder rendir el examen final teórico, es condición necesaria haber aprobado previamente los ejercicios prácticos.

\*Aclaración: los ejercicios prácticos pueden variar de una mesa de examen a otra, por lo que si un alumno aprueba la parte práctica, pero no el examen teórico en la próxima mesa que se presente a rendir deberá consultar nuevamente sobre los ejercicios prácticos a resolver y volver a aprobar esta instancia.

b) Aprobar un examen final escrito u oral con una nota mínima de 4 (cuatro) en la escala 0 - 10.

Condición de alumno REGULAR

Requiere aprobar 2 (dos) parciales teórico-práctico, con un puntaje mínimo de 6 (seis) 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 previstas, según Ord.CS N° 32/14.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Biswas, Anil K. and Davenport, W. G., Extractive Metallurgy of Copper, Pergamon Press, New York, 1976.
- [2] Davenport, W., Cameron, I., Sukhram, M., & Lefebvre, K. (2019). Blast furnace ironmaking: analysis, control and optimization. Elsevier.
- [3] Gill, Charles B., Nonferrous Extractive Metallurgy, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
- [4] Janikow, Arturo R., Pirometalurgia - Introducción a los Procesos Pirometalúrgicos Extractivos, Editorial UNJU, San Salvador de Jujuy, 2000.
- [5] Kubaschewski, O., Evans, E. Ll. and Alcock, C. B., Metallurgical Thermochemistry, Fourth edition, Pergamon Press, Oxford, 1967.
- [6] Luz, A. B. D., Sampaio, J. A., & França, S. C. A. (2010). Tratamento de minérios.
- [7] Pehlke, Robert D., Unit Processes of Extractive Metallurgy, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York, 1973.
- [8] Rosenqvist, Terkel, Principles of Extractive Metallurgy, 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1983.
- [9] Seetharaman, S. (2013). Treatise on Process Metallurgy, Volume 1: Process Fundamentals (Vol. 1). Newnes.
- [10] Vignes, A. (2013). Extractive metallurgy 2: metallurgical reaction processes. John Wiley & Sons.
- [11] Vignes, A. (2013). Extractive metallurgy 3: Processing operations and routes. John Wiley & Sons.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Cores, A., Babich, A., Muñoz, M., Ferreira, S., & Mochon, J. (2010). The influence of different iron ores mixtures composition on the quality of sinter. ISIj International, 50(8), 1089-1098.
- [2] De Moraes, S. L., & Ribeiro, T. R. (2019). Brazilian iron ore and production of pellets. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 40(1), 16-23.
- [3] Ettler, V., Johan, Z., Bezdicka, P., Drábek, M., & Sebek, O (2009). Crystallization sequences in matte and speiss from primary lead metallurgy. European Journal of Mineralogy, 21(4), 837-854.
- [4] Fernández-González, D., Ruiz-Bustanza, I., Mochón, J., González Gasca, C., & Verdeja, L. F. (2017). Iron ore sintering: Process.
- [5] Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 38(4), 215-227.
- [6] Kumar, P. P., Gupta, P. K., & Ranjan, M. (2008). Operating experiences with Corex and blast furnace at JSW Steel Ltd. Ironmaking & Steelmaking, 35(4), 260-263.
- [7] Li, K., Khanna, R., Zhang, J., Liu, Z., Sahajwalla, V., Yang, T., & Kong, D. (2014). The evolution of structural order, microstructure and mineral matter of metallurgical coke in a blast furnace: A review. Fuel, 133, 194-215.
- [8] Mousa, E. (2019). Modern blast furnace ironmaking technology: Potentials to meet the demand of high hot metal production and lower energy consumption. Metallurgical and Materials Engineering, 25(2), 69-104.
- [9] Oreggioni, M. & Graziutti A. Nuevas tecnologías de reducción directa. Acero y Tecnología, 46-55.
- [10] Van Schalkwyk, R. F., Reuter, M. A., Gutzmer, J., & Stelter, M.(2018). Challenges of digitalizing the circular economy: Assessment of the state of the art of metallurgical carrier metal platform for lead and its associated technology elements. Journal of Cleaner Production, 186, 585-601.
- [11] Watari, T., Nansai, K., & Nakajima, K. (2021). Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review. Resources, Conservation and Recycling, 164, 105-107.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Identificar los principales procesos y tecnologías de la metalurgia extractiva que se utilizan para la obtención de metales ferrosos y no ferrosos a partir de procesos pirometalúrgicos.

## **XII - Resumen del Programa**

Procesamiento pirometalúrgico de menas. Tostación y Calcinación. Procesos de aglomeración. Procesos de reducción de minerales de hierro, plomo y cinc. Procesamiento pirometalúrgico de concentrados sulfurados de cobre. Refinación de metales.

## **XIII - Imprevistos**

No se prevén. En caso que surjan, el equipo docente tratará de resolver los mismos, de manera de minimizar la afectación del desarrollo previsto para la asignatura.

## **XIV - Otros**

| <b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b> |                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                | <b>Profesor Responsable</b> |
| Firma:                                         |                             |
| Aclaración:                                    |                             |
| Fecha:                                         |                             |