



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

(Programa del año 2014)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 22/05/2014 12:58:10)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	ING.EN MINAS	18/13	2014	1° cuatrimestre
SERVICIOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	TEC.PROC.MINER.	11/13	2014	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
MAS, MIGUEL ANGEL	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
AMAYA, EDGAR GILBERTO	Responsable de Práctico	JTP Semi	20 Hs
ROMANO, EDUARDO ANTONIO	Auxiliar de Laboratorio	A.1ra Simp	10 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
8 Hs	3 Hs	3 Hs	2 Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoría con prácticas de aula y campo	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
12/03/2014	19/06/2014	15	120

### IV - Fundamentación

La inclusión de Planta de Tratamiento de Minerales, en la currícula de la carrera de Ingeniería de Minas está justificada a partir de la temática especial que ella trata, a saber, el diseño y cálculo de los equipos y aparatos que se utilizan en la separación y concentración de minerales.

Los metales y minerales de importancia comercial se encuentran solo muy raras veces en el estado natural en formas y grados de purezas que su utilización practica exige, pues, casi sin excepción están mezclados, con otros de diferente valor. Por tanto tenemos que proceder a separarlos de estas sustancias desprovistas de valor a través de métodos físicos o procedimientos químicos.

Aprovechando las características y propiedades de los minerales, es que se desarrollaron diferentes métodos de separación y concentración, los cuales deben ser asistidos por equipos y maquinarias específicas.

El uso de las propiedades físicas para efectuar la separación define diferentes procesos de concentración, como por ejemplo la separación magnética, la electrostática, la separación por medios densos, entre otros.

El uso de las propiedades físico-químicas, define los procesos de flotación.

Si el proceso de recuperación de componentes valiosos de la matriz rocosa se produce por medio de reacciones químicas en solución acuosa, se define entonces la hidrometalurgia. En la actualidad también se aprovechan los microorganismos para producir esta separación a través de los procesos biohidrometalúrgicos.

Así es como, para llegar a estas etapas de concentración de los minerales y/o de recuperación de metales hace falta acondicionar o adecuar los minerales granulométricamente mediante la trituración, clasificación y molienda. Hay que distribuirlos (Cañerías y tubos), clasificarlos (Hidrociclones, clasificadores espiral) y transportarlos en forma de pulpa (bombas), concentrarlos y realizar las operaciones de separación sólido-líquido (espesadores y filtros).

Planta de Tratamiento de Minerales es una materia del quinto año de la Carrera de Ingeniería de Minas que se dicta en el primer cuatrimestre. No tiene correlativas inmediatas posteriores, y como correlativa inmediata anterior a tiene a Mineralurgia y Metalurgia Extractiva. Pero además hay otras materias en las cuales se apoya, ellas son Concentración de Minerales I, Geología y Química Analítica Instrumental.

Las unidades temáticas a desarrollar están basadas en los contenidos mínimos de la materia, y se han estructurado de la siguiente manera: Flujograma de Ingeniería, Trituración, Molienda, separación por tamaños, ciclones, clasificadores atkins y sistemas de distribución de pulpas.

## V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Las operaciones de separación y concentración tienen vinculación directa con el Tratamiento de Minerales.

El objetivo general de esta materia, es proveer los medios necesarios para que los alumnos, puedan establecer y/o resolver los problemas de separación, concentración o beneficio de minerales cuando se encuentran mezclados con otros, teniendo en cuenta los criterios de procesos establecidos.

Entre los objetivos particulares podemos mencionar:

Hacer que los alumnos internalicen las relaciones conceptuales y procedimientos que se aplican en la concentración.

Proveer los conocimientos necesarios para la elaboración de un circuito de concentración de minerales.

Desarrollar en el estudiante el interés por la investigación y desarrollo de procesos mineros.

Dar los conocimientos fundamentales que permitan al alumno elaborar un estudio del proceso de un mineral.

Brindar los conocimientos básicos del desarrollo sostenible y de la interacción Desarrollo Minero y Ambiente.

Al finalizar el curso se espera que el alumno logre y/o confirme destrezas que le permitan expresarse con propiedad utilizando términos de la Ciencia y la Técnica Minera y desarrollar una conducta que le permita participar en trabajos de equipo.-

Es importante destacar que los trabajos prácticos correspondientemente a esta materia son de gabinete y de laboratorio, pues a través de la ejecución de los mismos se logra obtener los datos necesarios para dimensionar equipos, seleccionar reactivos, definir parámetros y establecer criterios de trabajo.

## VI - Contenidos

**CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA: De acuerdo a la Ordenanza N 001-04 del Consejo Superior de la Universidad Nacional de San Luis, la caracterización de la asignatura es: Operaciones unitarias en el procesamiento de minerales. Cálculos integrales de circuitos de trituración, molienda, clasificación por tamaños. Instalaciones. Bancos de celdas: cálculos, sistema de distribución de pulpas. Bombas de pulpa, hidrociclones, clasificadores de espiral, calculo. Transporte y Almacenamiento de minerales: transportadores de correa. Apiladores y retomadores de minerales sólidos (staker and reclaimers). Instalaciones y cálculos. Esquema de instalaciones de áridos, rocas de aplicación, cal y cementos.**

### PROGRAMA ANALÍTICO

UNIDAD 1: Flujograma de Ingeniería.

Tema 1: Objetivos del Tratamiento de Minerales. Operaciones de Concentración, Adecuación granulométrica. Otras adecuaciones. Determinación de los valores presentes en una mena. Examinación visual y microscópica. Análisis químicos, diferentes tipos.

Tema 2: Fórmulas sobre suspensión de sólidos en Líquidos: porcentajes de sólidos en peso y en volumen. Dilución. Peso específico del sólido y de la pulpa.

Tema 3: Desarrollo de un Flow sheet o Flujograma del Proceso. Evaluación de los resultados de las pruebas. Cuantificación de los procesos. Curvas de selectividad. Elementos a considerar para el desarrollo de un flow sheet. Balance de masas, metalúrgico y de aguas. Instalaciones de Cominución y Clasificación.

UNIDAD 2: Selección de Circuitos de Trituración.

Tema 1 - Trituración primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Relación de reducción. Usos y aplicaciones.

Tema 2 - Selección y cálculo de un triturador. Granulometrías en circuito abierto y cerrado. Curvas. Esquemas típicos de trituración. Cálculo de la carga circulante. Flow sheet típicos de plantas de trituración de áridos y rocas industriales.

UNIDAD 3: Selección de Circuitos de Molienda.

Tema 1 - Características del diseño de los molinos. Molinos de Barras. Molinos de Bolas. Molinos Autógenos. Usos.

Tema 2 - Pruebas con mineral para la selección del Molino. Molturabilidad para molinos de bolas y barras. Índice de Bond (Bond Work Index), índice de abrasión. Experiencias en planta piloto. Ecuaciones usadas para determinar la potencia requerida en la molienda.

Tema 3 - Cálculo de molino de barras en circuito simple. Cálculo de un molino de bolas en un circuito Barras - Bolas. Cálculo molino de Bolas en circuito simple. Selección del tamaño de los cuerpos moledores y estimación del consumo de acero.

UNIDAD 4: Selección del tamaño y tipo de zarandas vibratorias en plantas de trituración de minerales

Tema 1 - Zarandas. Tipos de Zarandas. Tipos de Telas. Diferentes aberturas. Ubicación de las zarandas dentro de un esquema de flujo. Zarandas desaguadoras.

Tema 2 - Selección de Zarandas vibratorias. Cálculo del área. Factores que intervienen. Cálculo de la carga circulante. Circuitos de clasificación de áridos y rocas industriales. Instalaciones de Separación Sólido-líquido.

UNIDAD 5: Tratamiento de Pulpas Minerales.

Tema 1: Conocimientos sobre lamas: Importancia del tratamiento de las lamas en la concentración de minerales. Lamas primarias. Lamas secundadas. Dispersión. Floculación.

Tema 2: Teoría de la Floculación: Definición del fenómeno. Análisis de los factores que intervienen. Mineral, Medio y Reactivo. Efecto de la concentración del floculantes. Efecto del peso molecular del polímero. Potencial hidrógeno y fuerza iónica.

UNIDAD 6: Espesamiento y filtrado.

Tema 1: Teoría del dimensionamiento de un espesador: Decantación intermitente. Decantación continua. Espesador Dorr. Capacidad de los espesadores Dorr. Velocidad de asentamiento. Cálculo del área: Velocidad ascendente del agua. Determinación del punto crítico. Cálculo del volumen. Cálculo de la altura H.

Tema 2: Filtración. Principio, ventajas y limitaciones. Tipos de filtros. Descripción y equipo de un sistema de filtración. Aplicaciones. Prácticas sobre dimensionamiento de espesadores.

Instalaciones Auxiliares y de concentración.

UNIDAD 7: Selección y Aplicación de Clasificadores Espiral.

Tema 1 - Clasificadores Espiral. Descripción del equipo. Instalación. Régimen de clasificación. Régimen de corriente. Discusión de los parámetros de operación. Definiciones. Distribuciones granulométricas. Diámetro de corte. Partición. Aplicación de los Clasificadores Espiral.

Tema 2 - Diseño actual. Rendimiento. Ubicación del Clasificador Espiral en un esquema de flujo. Balance de Masas, selección y cálculo.

UNIDAD 8: Selección de Hidrociclones Clasificadores.

Tema 1 - Clasificación. Ciclones. Funcionamiento del Ciclón. Variables asociadas a la geometría (variables de diseño). Variables asociadas al proceso (variables operativas).

Tema 2 - Materiales de Construcción de los Ciclones. Rendimiento de los Ciclones y tamaño de separación. Ubicación del Ciclón en un esquema de flujo. Instalación. Balance de Masa, selección y cálculo.

UNIDAD 9: Selección de Circuitos de distribución de Pulpas.

Tema 1- Equipo e instalaciones. Bombas Centrifugas. Diferencia entre una bomba de pulpa y de agua.

Revestimientos: diferentes tipos. Bombas de Eje Vertical. Bombas de desplazamiento positivos. Usos.

Tema 2 - Montaje de una bomba centrífuga. Caja de bomba. Diferentes tipos de sello o estopa duras. Cañerías y accesorios. Válvulas. Manómetros.

Tema 3 - Bombeo de Pulpas. Curvas características de la bomba y del sistema. Desempeño de una bomba de pulpa. Potencia consumida.

Tema 4 - Comportamiento de las pulpas. Tipos de flujo. Velocidad de transporte. Velocidad límite.

Tema 5 - Dimensionamiento de bombas de pulpa y cañerías. Perdidas de carga. Cálculo de las cañerías. Velocidad de transporte y velocidad límite de sedimentación. Curvas. Ubicación de una bomba en un esquema de flujo. Balance de masas, selección y cálculo.

UNIDAD 10: Almacenamiento de gráneles sólidos.

Tema 1 - Almacenamiento de gráneles sólidos según su función. Almacenamiento de gráneles sólidos por su concepción.

Tema 2 - Características de las pila. Diseño de pilas: criterio de homogeneización, Máquina utilizada en las operaciones de apilamiento y desapilamiento, criterio constructivos, criterio medioambientales.

UNIDAD 11: Silos de almacenamiento.

Tema 1-Tipos de silos. Silos de homogeneización. Presiones de los gráneles en un silo.

Tema 2 - Eliminación de bóveda en el interior de un silo.

Tema 3 - Diseño estructural de silo y tolva.

UNIDAD 12: Transporte gráneles y pulpas.

Tema 1 - Transportadora de correas, generalidades .Descripción de los distintos tipos de Transportadora de correas. Cálculo.  
Tema 2 - Transporte neumático, generalidades. Generalidades, propiedades de pulpas.  
Tema 3 - Reología de las pulpas minerales. Mineraductos, instalaciones y calculo.  
UNIDAD 13: Diseño y análisis de Experimentos.  
Tema 1 - Diseño con un factor con niveles fijos.  
Tema 2 - Diseño con un factor con niveles aleatorios.  
Tema 3 - Diseño con bloques aleatorios.  
Tema 4 - Diseño factorial con dos factores y dos niveles.  
Tema 5 - Diseño factorial con K factores y dos niveles.  
Tema 6 - Diseño factorial con bloques.  
Tema 7 - Diseño factorial fraccionado.  
Tema 8 - Diseño factorial con tres factores y tres niveles.  
UNIDAD 14: Diseño de plantas de producción de cal y cemento.  
UNIDAD 15: Diseño de plantas de tratamiento de rocas ornamentales.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Práctico N° 1: Elaboración de flujograma de ingeniería.  
Práctico N° 2: Cálculo de equipos de trituración primaria y secundaria. Por formula y por tabla.  
Práctico N° 3: Cálculo de zaranda y la carga circulante.  
Práctico N° 4: Cálculo de molino de barras y bolas.  
Práctico N° 5: Cálculo de hidrociclones.  
Práctico N° 6: Cálculo de espesadores.  
Práctico N° 7: Cálculo de clasificadores de espiral.  
Práctico N° 8: Cálculo de distribución de pulpa (bombas y cañerías).  
Práctico N° 9: Cálculo de tolva.  
Práctico N° 10: Cálculo de pila de homogenización.  
Práctico N° 11: Cálculo de cinta transportadora.  
Práctico N° 12: Análisis y optimización de procesos (molienda, flotación, lixiviación).  
Práctico N° 13: Experiencia en planta piloto; sobre una planta en operación. Realizar balance de masas, agua y metalúrgico, verificación del trabajo de la planta de trituración, y circuito de molienda y clasificación. Practica de control de proceso con visita a la planta de concentración de la empresa "Fluorita Córdoba".

## VIII - Regimen de Aprobación

PARA REGULARIZAR SE REQUIERE EL 80 % DE ASISTENCIA A LAS CLASES TEÓRICAS PRÁCTICAS, LA APROBACIÓN DEL 100 % DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS Y LA PRESENTACIÓN DE LA CARPETA DE T. PRÁCTICOS. LA APROBACIÓN DE LA TOTALIDAD DE LOS PARCIALES. POSTERIORMENTE LA APROBACIÓN DEL EXAMEN FINAL.

## IX - Bibliografía Básica

[1] PROCESS DESIGN 562, D. Halbe, 1995  
[2] EQUIPOS DE TRITURACIÓN, MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN - Tecnología, Diseño y Aplicación, L. Fueyo, 1999.  
[3] LA CAL EN LA METALURGIA EXTRACTIVA, M.C.H. Vera, A.A. Fuentes, H. C. Gutiérrez, V.C. Trujillo, G.C. Alvarez, 1995.  
[4] ROCAS DE APLICACIÓN DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA, Mas, M.A.; Calbo, V.; Balmaceda, E., 2004.  
[5] TRANSPORTADORES DE CINTA, R. Salvadeo.  
[6] TRATAMIENTO DE MINERIOS, VOLUMEN 1,2 Y 3- Dr Arthur Pinto Chaves, 1998  
[7] MINERAL PROCESING PLANT DESIGN, Mullar y Bappu, 1978  
[8] PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA APLICADA A LA MINERÍA, Montgomery Douglas G.

## **X - Bibliografía Complementaria**

[1] LABORATORY MANUAL FOR HYDROMETALLURGY 562 - HYDROMETALLURGY 351, WASM, 2003.

[2] TRITURACIÓN, MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN, R. Alvarez, 1996

[3] CONOCIMIENTOS BÁSICOS EN EL PROCESAMIENTO DE MINERALES, Metso Minerals.

## **XI - Resumen de Objetivos**

La Universidad Nacional de San Luis, tiene como objetivo fundamental la formación de profesionales en las distintas ramas de la Ciencia y de la Técnica.

Dentro de los profesionales que se forman en la Universidad y específicamente en la Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, están los del área de la Ingeniería de Minas.

La Minería Argentina está destinada a crear un fuerte impacto en la economía de nuestro país. Esto ha permitido la radicación de numerosas empresas de capitales extranjeros, que esperan con gran expectativa, que nuestro país, se ordene desde el punto de vista económico y jurídico.

Con la sanción de la Ley de Inversiones Mineras, cerca de un centenar de prospectos mineros son estudiados por empresas argentinas y extranjeras.

Las empresas están priorizando en sus contrataciones a Ingenieros jóvenes con conocimiento del idioma Inglés, computación y una clara comprensión del problema minero, dirigido a solucionar problemas operacionales. Las propuestas de cátedra que aquí presentamos trata, en el área de su competencia, de cumplir con estos requisitos.

## **XII - Resumen del Programa**

UNIDAD 1: Flujograma de Ingeniería. Instalaciones de Conminución y Clasificación.

UNIDAD 2: Selección de Circuitos de Trituración.

UNIDAD 3: Selección de Circuitos de Molienda.

UNIDAD 4: Selección del tamaño y tipo de zarandas vibratorias en plantas de trituración de minerales. Selección del tamaño y tipo. Instalaciones de Separación Sólido-liquido.

UNIDAD 5: Tratamiento de Pulpas Minerales.

UNIDAD 6: Espesamiento y filtrado. Instalaciones Auxiliares y de concentración.

UNIDAD 7: Selección y Aplicación de Clasificadores Espiral.

UNIDAD 8: Selección de Hidrociclones Clasificadores.

UNIDAD 9: Selección de Circuitos de distribución de Pulpas.

UNIDAD 10: Almacenamiento de graneles sólidos.

UNIDAD 11: Silos de almacenamiento.

UNIDAD 12: Transporte graneles y pulpas.

UNIDAD 13: Diseño y análisis de Experimentos.

UNIDAD 14: Diseño de plantas de producción de cal y cemento.

UNIDAD 15: Diseño de plantas de tratamiento de rocas ornamentales.

## **XIII - Imprevistos**

--

## **XIV - Otros**

--

**ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA****Profesor Responsable**

Firma:

Aclaración:

Fecha: