

ANEXO N°5

**“ACTIVIDADES
CURRICULARES
OBLIGATORIAS Y
ELECTIVAS”**

Nombre del curso	TRANSFERENCIA DE ENERGÍA Y MATERIA AVANZADA
Descripción del curso	El curso está orientado a la revisión de avances recientes sobre la materia y su aplicación a procesos de minerales. Se entregan fundamentos y herramientas en procesos de transferencia de energía y materia y se desarrolla un tratamiento matemático riguroso de estos fenómenos dando una visión unificada de los mismos y de su aplicación a problemas de interés industrial.
Objetivos	Al final del curso el alumno será capaz de utilizar los principios de transferencia de energía y materia para desarrollar modelos microscópicos y macroscópicos que representen fenómenos aplicados a procesos de minerales.
Contenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mecanismos de Transferencia de energía y materia. 2. Transporte microscópico. Ecuaciones de variación. Perfiles de concentración y temperatura. Solución por métodos analíticos y numéricos. Presentación y análisis de papers 3. Transporte de interfase. Correlaciones para coeficientes de transferencia de energía y materia. Aplicaciones y presentación de papers 4. Transporte macroscópico de energía y materia. Aplicaciones en procesos de minerales y presentación y discusión de papers relacionados. Aplicaciones a lixiviación de minerales. Estado del arte. Modelos y ecuaciones
Modalidad de evaluación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lectura y exposición de artículos científicos con énfasis en review recientes sobre transferencia de energía y materia y su aplicación. 2. Un examen escrito al final del curso.
Bibliografía	<p>Básica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Karwa R. "Heat and mass Transfer" Ed. Springer (2016) 2. Incropera F. P. "Fundamentals of heat and mass transfer". Ed. John Wiley (2013). 3. Murthy, J. Y. and Mathur, S. R. "Computational Heat Transfer in Complex Systems: A Review of Needs and Opportunities". Journal of Heat Transfer-Transactions of the Asme. Vol. 134, N° 3 (2012) <p>Recomendada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Azizitorghabeh A. et., al. "A review of thiocyanate gold leaching - Chemistry, thermodynamics, kinetics and processing". Minerals Engineering, vol. 160, pp 1-15 (2021) 2. Wu JJ, Ahn J. and Lee J. "Kinetic and Mechanism Studies Using Shrinking Core Model for Copper Leaching from Chalcopyrite in Methanesulfonic Acid with Hydrogen Peroxide". Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. Vol. 42, N 1, pp. 38-45 (2020) 3. Tian, Linlin; Cai, Yanjiang; Akiyama, Hiroko. "Recovery of lithium and cobalt from spent lithium ion batteries (LIBs) using organic acids as leaching reagents: A review". Environmental Pollution. Vol. 245, pp. 300-306 (2019) 4. Doyun S., Ahn J. and Lee J. "Kinetic study of copper leaching from chalcopyrite concentrate in alkaline glycine solution". Hydrometallurgy. 183, pp. 71-78 (2019)

5. Zhang L. Z. "Recent Developments in Heat Transfer and Energy Conservation: A Review of the Selected Papers from ISHTEC2012". Heat Transfer Engineering. Vol. 35, N° 11-12 (2014)
6. Li, Y., Kawashima, N., Chandra, A. P. and Gerson, A. R. "A review of the structure, and fundamental mechanisms and kinetics of the leaching of chalcopyrite". Advances in Colloid and Interface Science. Vol. 197. pp. 1-32 (2013)
7. Ghorbani Y., Becker M., Mainza A., Franzidis J. P., and Petersen J. "Large particle effects in chemical/biochemical heap leach processes - A review". Minerals Engineering. Vol. 24, N° 11, pp 1172-1184 (2011)
8. Watling, H. R. "Chalcopyrite hydrometallurgy at atmospheric pressure: 1. Review of acidic sulfate, sulfate-chloride and sulfate-nitrate process". Hydrometallurgy. Vol. 140, pp 163-180 (2013)
9. Watling, H. R. "Chalcopyrite hydrometallurgy at atmospheric pressure: 2. Review of acidic chloride process options". Vol. 146, pp 96-110 (2014)

Nombre del curso	OPERACIONES SÓLIDO-FLUIDO AVANZADAS
Descripción del curso	Análisis de transporte y cantidad de movimiento y su aplicación a procesos de separación sólido-líquido. Estudio de operaciones básicas con sólidos y fluidos más ampliamente utilizadas en la industria química (espesadores, filtros, centrifugadoras, etc), así como la selección de los equipos, dimensionamiento, elementos auxiliares y accesorios más adecuados en función de las necesidades del proceso al que se apliquen.
Objetivos	Al término del curso el alumno podrá formular mecanismos de transporte y ecuaciones de variación a fin de representar, a través de expresiones matemáticas, diversos casos de transporte de cantidad de movimiento, relacionados a operaciones sólido-fluidos. También podrá formular soluciones a casos particulares de transporte de cantidad de movimiento en base a expresiones de interfase y de balances macroscópicos y su aplicación a operaciones de sedimentación, clasificación y filtración. Una parte importante del curso es desarrollar en el alumno un espíritu crítico a través del análisis y exposición de diferentes papers de avances en el tema.
Contenidos	<p><u>UNIDAD I: INTRODUCCIÓN</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno podrá comprender los mecanismos de transporte de cantidad de movimiento y las propiedades que lo rigen, además de reconocer y aplicar correlaciones predictivas de viscosidad y otras propiedades.</p> <p>CONTENIDO: Propiedades conservativas. Niveles de transporte. Definición de fluido. Propiedades físicas. Ley de Newton de la viscosidad. Variación de la viscosidad con la temperatura y presión. Fluidos no-newtonianos.</p> <p><u>UNIDAD II: ECUACIONES DE VARIACION EN SISTEMAS ISOTERMICOS</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno podrá demostrar y aplicar las ecuaciones de variación isotérmica a casos particulares con una o más variables independientes con solución analítica y numérica. Podrá plantear soluciones y/o condiciones de borde para situaciones reales a temperatura constante. Podrá, además, interpretar perfiles de variación en estado estacionario y transiente.</p> <p>CONTENIDO: Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. Ecuación de energía. Aplicaciones a: Flujo viscoso estacionario y transiente. Flujo potencial bidimensional. Determinación de perfiles de velocidad, velocidad media, fuerza de roce y densidad de flujo en superficies. Revisión de artículos sobre el tema.</p> <p><u>UNIDAD III: TRANSPORTE DE INTERFASE EN FLUJO ALREDEDOR DE OBJETOS</u></p>

	<p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno conocerá y aplicará fundamentos de transporte de interfase para diferentes sistemas de flujo alrededor de objetos sumergidos.</p> <p>CONTENIDO: Fuerzas de arrastre y sustentación. Coeficientes de arrastre para diferentes geometrías. Aplicaciones para flujo alrededor de objetos. Velocidades límites. Revisión de papers sobre métodos para determinar velocidades de sedimentación</p> <p><u>UNIDAD IV: CLASIFICACIÓN DE PULPAS</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno será capaz de aplicar criterios de separación de partículas basadas en sus diferentes velocidades límite y determinar velocidades y rangos de tamaño de partícula y área de clasificadores.</p> <p>CONTENIDO: Equipos. Criterios de separación. Separación completa de sistemas multicomponentes. Problemas de aplicación.</p> <p><u>UNIDAD V: CARACTERIZACIÓN DE PULPAS Y ESPESAMIENTO</u></p> <p>OBJETIVOS: Comprensión de las principales características de las pulpas metalúrgicas, y de los procesos de espesamiento, a través de estudio de las variables más importantes, fundamentos teóricos, aplicaciones industriales, optimización de dosis de reactivos y dimensionamiento de espesadores.</p> <p>CONTENIDO: Correlaciones básicas para el balance de materiales en separación sólido - líquido. Reología de suspensiones. Teoría de sedimentación de partículas. Equipos de espesamiento y métodos de diseño de espesadores. Aglomeración: floculantes y coagulantes. Revisión y análisis de artículos científicos.</p> <p><u>UNIDAD V: FILTRACIÓN</u></p> <p>OBJETIVOS: Comprensión de las principales características de los fenómenos asociados al flujo de fluidos en lechos rellenos y su aplicación a filtración. Lecturas de artículos sobre el tema</p> <p>CONTENIDO: Equipos. Flujo de fluidos en lechos rellenos. Ecuaciones de Blake-Kosening, Burke-Plumer y de Ergún. Balances de masa y ecuación fundamental de filtración. Filtración de tortas incompresibles a presión constante, caudal constante y diferencia de presión y caudal variables. Ciclo de filtración. Optimización del ciclo de filtración. Extensión a filtros continuos. Revisión de papers recientes.</p>
<p>Modalidad de evaluación</p>	<p>Prueba 1: Taller 1 Evaluación de capacidad de síntesis y análisis de artículo científico ISI: (25%)</p>

	<p>Prueba 2: Taller 2: Resolución de ejercicios y Diseño de un sedimentador (25 %)</p> <p>Prueba escrita. Teórica y práctica (50 %)</p>
<p>Bibliografía</p>	<p>Básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, “Fenómenos de Transporte”. Editorial: Reverte; N.º 1 edición 2020. • Christie John Geankoplis, A. Allen Hersel, Daniel H. Lepek, Transport Processes and Separation Process Principles, Ed. Prentice Hall, 5th Edition, 2018 • Ladislav Svarovsky, Solid-Liquid Separation, 4th Edition. October 2000. • Fernando Concha A., Solid–Liquid Separation in the Mining Industry. Ed Springer International Publishing, 2014. • Steve Tarleton Richard Wakeman, Solid Liquid Separation: Equipment Selection and Process Design”. 1st Edition Elsevier Science, 2006. • Yunus Çengel, John M. Cimbala. Fluid Mechanics Fundamentals and Applications. McGraw-Hill College. Fourth edition. 2017
	<p>Recomendada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yunus A. Çengel, John M. Cimbala. Mecánica de fluidos, Editorial: McGraw-Hill Interamericana. 2a. ed. 2012. • Concha F. “Manual de filtración y separación”. Centro de tecnología mineral, CETTEM, Editorial diario el Sur S.A., 2001. • Matteson, M J, and Orr, C. Filtration: Principles and practices. 2. edition. United States: N. p., 1998 • Tarleton S., Wakeman R., Solid/Liquid Separation: Scale-up of Industrial Equipment, Elsevier, 2011. • Hlaing N. D., Sirivat A., Siemanond K., Wilkes J. O., Vertical two-phase flow regimes and pressure gradients: Effect of viscosity. Experimental Thermal and Fluid Science, Volume 31, Issue 6, May 2007, Pages 567-577. • STREETER Y WYLIE, "Mecánica de fluidos", Editorial McGraw-Hill, 2000. Ninth edition.

Nombre del curso	DISEÑO AVANZADO DE PROCESOS
Descripción del curso	El curso se basa en el estudio de metodologías para el diseño conceptual de procesos o síntesis de procesos. El curso revisa diferentes estrategias para el diseño de procesos en el ámbito de la ingeniería metalurgia y procesamiento de minerales. También, se incluyen estrategias para el análisis y mejoras de procesos. Se revisan y discuten las tendencias actuales en el ámbito de la investigación en el área.
Objetivos	Que el alumno sea capaz de realizar diseño conceptual de procesos asociados a procesos mineros metálicos y no-metálicos, y conozca los avances y dificultades actuales de esta disciplina.
Contenidos	<p>Introducción: Esta unidad revisa los aspectos básicos de diseño conceptual, tales como definición, su importancia en el diseño de procesos, problemas asociados al proyecto, estado actual, y estrategias de diseño.</p> <p>Diseño conceptual de procesos basado en heurísticos: Esta unidad presenta el uso de heurísticos para el diseño conceptual de procesos. Se presentan los heurísticos más usados y se aplican a ejemplos simples. Aplicación de heurísticos en forma jerarquizada. Aplicación a producción de ácido bórico y flotación de minerales.</p> <p>Diseño conceptual de procesos basado en métodos híbridos: Esta unidad presenta métodos que combinan aspectos teóricos con reglas o intuiciones para diseñar procesos. Análisis lineal de circuitos. Ventajas y desventajas de estos procedimientos.</p> <p>Análisis de Procesos: En esta unidad se analiza el efecto de la incertidumbre epistémica en el comportamiento de procesos. Análisis de sensibilidad global y análisis de incertidumbre. Identificación de cuellos de botella y su solución. Aplicación a circuitos de flotación.</p> <p>Diseño conceptual basado en optimización: Estrategia basado en optimización. Superestructuras y alternativas. Modelado de superestructura. Determinación de estructuras óptimas. Aplicación al diseño de circuitos de flotación.</p>
Modalidad de evaluación	Talleres, exposiciones orales, prueba escrita
Bibliografía	<p>Básica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Luis A. Cisternas, Dale F. Rudd, "Process Designs for Fractional Crystallization from Solution", Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol.32, 1993-2005, 1993. 2. Cisternas L.A., Swaney R., "Separation System Synthesis of Fractional Crystallization Processes using a Network Flow Model", Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 37, 2761-2769, 1998. 3. L.A Cisternas., E.D. Galvez, M.F. Zavala, J. Magna, "A MILP model for the design of mineral flotation circuits", International Journal of Mineral Processing, Vol. 74, 121-131 (2004). 4. Gálvez E.D., C. A. Vega, R. E. Swaney, L.A. Cisternas, "Design of Solvent Extraction Circuit Schemes", Hydrometallurgy, Vol. 74 Pags 19-38 (2004) 5. Cisternas L.A., C.M. Vásquez, and R.E. Swaney, On the Design of Crystallization-Based Separation processes: Review and Extension, AIChE J., vol.52, No.5, 1754-1769 (2006) 6. Padilla GA, Cisternas LA, Cueto JY, On the optimization of heap leaching, Minerals Engineering , 21(9), 673-678, (2008). (ISI)

7. David A. Mendez, Edelmira D. Gálvez, Luis A. Cisternas, State of the art in the conceptual design of flotation circuits, *International Journal of Mineral Processing*, 90(1-4), 1-15 (2009). (ISI)
8. Karla Ossandón, Patricio Pinto, Luis A. Cisternas, Planning and scheduling of salt harvest in solar evaporation ponds, *Computers & Chemical Engineering*, 34 (5), 620-630 (2010) (ISI)
9. Mario E. Mellado, Edelmira D. Gálvez, Luis A. Cisternas, On the optimization of flow rates on copper heap leaching operations, *International Journal of Mineral Processing*, 101 (1-4), 75-80 (2011)
10. Montenegro M. R., F. D. Sepúlveda, E. D. Gálvez, L. A. Cisternas, Methodology for process analysis and design with multiple objectives under uncertainty: Application to flotation circuits, *International Journal of Mineral Processing*, 118, 15-27 (2013)
11. Montenegro, M.R., Bruckard, W.J., Gálvez, E.D, Cisternas, L.A., Arsenic-rejection flotation circuit design and selection based on a multiple-objective evaluation, *Minerals Engineering*, 45, 22-31 (2013)
12. Trujillo, J.Y., Cisternas, L.A., Gálvez, E.D., Mellado, M.E., Optimal design and planning of heap leaching process. Application to copper oxide leaching, *Chemical Engineering Research and Design*, 92, 308-317 (2014)
13. Luis A. Cisternas, Freddy Lucay, Edelmira D. Gálvez, Effect of the objective function in the design of concentration plants, *Minerals Engineering*, 63, 16-24 (2014)
14. M. Donoso, P.A. Robles, E.D. Gálvez, and L. A. Cisternas, Particle Size Effect on the Efficient Use of Water and Energy in Mineral Concentration Processes, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52, 17686–17690 (2013)
15. Felipe D. Sepúlveda, Luis A. Cisternas, Edelmira D. Gálvez, The Use of Global Sensitivity Analysis for Improving Processes: Applications to Mineral Processing, *Computers & Chemical Engineering*, 66, 221-232 (2014)
16. Edelmira D. Gálvez, Ronald Cruz, Pedro A. Robles, Luis A. Cisternas, Optimization of dewatering systems for mineral processing, *Minerals Engineering*, 63, 110-117 (2014).
17. F. Lucay, L.A. Cisternas, E.D. Gálvez, 2015, Global sensitivity analysis for identifying critical process design decisions, *Chemical Engineering Research and Design*, 103, 74-83.
18. Luis A. Cisternas, Nathalie Jamett, Edelmira D. Gálvez, Approximate recovery values for each stage are sufficient to select the concentration circuit structures, *Minerals Engineering*, 83, (2015) 175-184
19. Daniel A. Calisaya, Alejandro López-Valdivieso, Marcos H. de la Cruz, Edelmira E. Gálvez, Luis A. Cisternas, A strategy for the identification of optimal flotation circuits, *Minerals Engineering*, 96-97, 157-167 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.06.010>
20. Hernández, I.F., Ordóñez, J.I., Robles, P.A., Gálvez, E.D., Cisternas, L.A., A methodology for design and operation of heap leaching systems, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 38(3), 180-192, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/08827508.2017.1281807>
21. R. Acosta-Flores, F. A. Lucay, L. A. Cisternas, E. D. Gálvez, Two Phases Optimization Methodology for the Design of Mineral Flotation Plants Including Multi-species, Bank or Cell Models, *Minerals & Metallurgical Processing Journal*, 35(1), 24-34 (2018)

22. L. A. Cisternas, F. A. Lucay, R. Acosta-Flores, E. D. Gálvez, A quasi-review of conceptual flotation design methods based on computational optimization, *Minerals Engineering*, 117, 24-33 (2018)
23. Lucay, F.A., Gálvez, E.D., Salez-Cruz, M., Cisternas, L.A., Improving milling operation using uncertainty and global sensitivity analyses, *Minerals Engineering*, 2019, 131, 249-261.; DOI: 10.1016/j.mineng.2018.11.020
24. María P. Arancibia-Bravo, Freddy A. Lucay, Jean López, Luís A. Cisternas, Modeling the effect of air flow, impeller speed, frother dosages, and salt concentrations on the bubbles size using response surface methodology, *Minerals Engineering*, 2019, 132, 142-148.; DOI:/10.1016/j.mineng.2018.12.001
25. Freddy A. Lucay, Edelmira D. Gálvez, and Luis A. Cisternas, Design of Flotation Circuits Using Tabu-Search Algorithms: Multispecies, Equipment Design, and Profitability Parameters, *Minerals* 2019, 9, 181, 1-22; doi:10.3390/min9030181
26. Freddy A. Lucay, Teresa Lopez-Arenas, Mauricio Sales-Cruz, Edelmira D. Gálvez, Luis A. Cisterna, Performance Profiles for Benchmarking of Global Sensitivity Analysis Algorithms, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 19, No. 1 (2020) 423-444
27. Luis A. Cisternas, Renato Acosta-Flores, Edelmira D. Gálvez. Some Limitations and Disadvantages of Linear Circuit Analysis, *Minerals Engineering*, 149 (2020) 106231, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106231>
28. Freddy A. Lucay, Luis A. Cisternas, Edelmira D. Gálvez, An LS-SVM classifier based methodology for avoiding unwanted responses in processes under uncertainties, *Computers & Chemical Engineering*, 138 (2020) 106860,1-11, DOI 10.1016/j.compchemeng.2020.106860
29. Renato Acosta-Flores, Freddy A. Lucay, Edelmira D. Gálvez, Luis A. Cisternas, The effect of regrinding on the design of flotation circuits, *Minerals Engineering* 156 (2020) 106524, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106524>

Nombre del curso	HIDROMETALURGIA AVANZADA
Descripción del curso	En esta asignatura se pretende actualizar y profundizar los conocimientos de hidrometalurgia incluyendo procesos de lixiviación, extracción por solventes y electro obtención, como operaciones de transferencia de masa reforzando conceptos, principios y métodos básicos, termodinámica, cinéticas, procesos físicos, químicos, electroquímicos e innovaciones en aplicaciones industriales. Las temáticas de extracción por solvente y electro obtención, no se verán en profundidad, debido a que se imparten cursos electivos para mayor detalle de la temática.
Objetivos	<p>Objetivo general: Al final del curso los participantes serán capaces de diferenciar los procesos y/o etapas que comprende la hidrometalurgia para la obtención de un compuesto de interés y conocerán su aplicación en procesos industriales actuales mineros.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reforzar conceptos básicos de lixiviación, extracción por solventes, electro obtención, sus principios y metodologías. 2. Diferenciar las reacciones involucradas en los procesos hidrometalúrgicos, su termodinámica y cinética. 3. Conocer la aplicabilidad de estos procesos en la industria minera actual. 4. Conocer algunas investigaciones actuales que se están realizando en el área, con énfasis en procesos verdes.
Contenidos	<p>Unidad I: Aspectos generales de hidrometalurgia. Objetivo Introducir el tema de la hidrometalurgia en procesos mineros, a través del repaso de conceptos básicos, mecanismos y procesos. Contenidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La importancia de los minerales. 2. Conceptos básicos de hidrometalurgia. 3. Campos de acción de la hidrometalurgia. 4. Ventajas y desventajas. 5. Historia. Desafíos actuales. <p>Unidad II: Lixiviación: Termodinámica y cinética en medio acuoso. Objetivo Proporcionar las herramientas conceptuales necesarias para determinar la posibilidad de la ocurrencia del proceso de disolución y/o reacción química a través de la termodinámica. Estudiar los conceptos de velocidad de reacción y determinar mecanismos que controlan el proceso de lixiviación. Contenido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Concepto de lixiviación, química de soluciones, reactivos, reacciones. 2. Equilibrio químico y electroquímico. 3. Diagramas Eh-pH. 4. Coeficientes de actividad. Iones complejos. 5. Cinética heterogénea. 6. Velocidad de reacción, orden de una reacción. 7. Modelos cinéticos y etapa controlante.

8. Efecto de variables en la cinética: temperatura, agitación, concentración de reactivos, tamaño de partícula.

Unidad III: Técnicas de lixiviación.

Objetivo

Conocer las diferentes técnicas de lixiviación que se utilizan para procesos de disolución de minerales.

Contenido

1. Lixiviación "in-situ".
2. Lixiviación en botaderos (dump leaching).
3. Lixiviación en pilas (heap leaching).
4. Lixiviación en bateas inundadas (vat leaching).
5. Lixiviación por agitación.
6. Lixiviación a presión.
7. Biolixiviación.
8. Aglomeración y curado.

Unidad IV: Medios lixiviantes y nuevos disolventes.

Objetivo

Estudiar los medios de lixiviación que se utilizan para disolución de minerales metálicos y no metálicos.

Contenido

1. Lixiviación en medio ácido.
2. Lixiviación en medio alcalino.
3. Lixiviación oxidativa/reductora.
4. Lixiviación en medio clorurado.
5. Lixiviación de metales.
6. Lixiviación de sales industriales.
7. Nuevos disolventes. Innovaciones.

Unidad V: Extracción por solventes (Descriptivo).

Objetivo

Identificar características de extractantes y disolventes. Efecto del pH. Reacciones de extracción y re-extracción. Representación del equilibrio y determinación de número de etapas mediante el Diagrama de McCabe-Thiele. Identificar los equipos y las variables relevantes en extracción por solventes.

Contenido

1. Nociones de purificación soluciones.
2. Tipos de extractantes y disolventes.
3. Isotermas de extracción.
4. Extracción y re-extracción de cobre.
5. Diagrama de McCabe-Thiele.
6. Equipos y variables.

Unidad VI: Electro obtención (Descriptivo).

Objetivo

Identificar los equipos y variables relevantes en electro obtención.

Contenido

1. Aspectos teóricos de electro obtención.
2. Reacciones químicas de proceso.
3. Variables de proceso. Eficiencia de corriente.
4. Equipos.

	<p>NOTA: el concepto “descriptivo” en las unidades anteriores es para resaltar que dichos contenidos se deberán profundizar en cursos de extracción líquido-líquido y electroquímica y corrosión; procesos electroquímicos industriales.</p>
Modalidad de evaluación	<p>Prueba final escrita. Exposición de artículo científico para discusión y análisis de sus resultados. Talleres.</p>
Bibliografía	<p>Básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esteban M Domiç M, Hidrometalurgia, fundamentos, procesos y aplicaciones, primera edición 2001. • Ballester, A., Verdeja, L.F., Sancho, J., Metalurgia Extractiva Volumen 1 - Fundamentos. Madrid: Síntesis, 2000. • Rosenqvist, T., Principles of extractive metallurgy. Tapir academic press, 2004. • Young, C. A., Kawatra, S. K. SME Mineral Processing and Extractive Metallurgy Handbook, Editor, Dunne, R. v 1-2. 2019. <p>Recomendada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Davenport, W.G., King, M., Schlesinger, M. Biswas, A.K., Extractive Metallurgy of Copper, Elsevier, 5th Ed., 2011. • Havlik, T. Hydrometallurgy. Principles and applications. CRC Press, 2014. • Burkin, A. Chemical Hydrometallurgy. Theory and Principles. Imperial College Press, 2001. • Garrels, R.M y Christ, C., Solutions Minerals and Equilibria, Freeman Copper & Co. E.E.U.U., 1965. • Free, M. Hydrometallurgy. Fundamentals and Applications. John Wiley Sons, Inc. 2013. • Habashi, F., Handbook of Extractive Metallurgy, Wiley, 1997. • Levenspiel, O., Ingeniería de las reacciones químicas, Reverté. 2010. • Smith, J. M., Ingeniería de la cinética química, McGraw-Hill, 1991. • Newton, B.J., Ionic Equilibrium, Ed. Addison-Wesley Pub. Co. Inc., EE.U.U., 1964. • Habashi, F., Hydrometallurgy: Theory and Practice, Ed. Gordon and Breach, EE.UU. 1994. • Sohn, H.Y. and Wadsworth, M.E., Cinética de los Procesos de la Metalurgia Extractiva, Editorial Trillas, México, 1986. • Han Kenneth N. Fundamentals of Aqueous Metallurgy. Ed. Soc. Metall. 2002. • Artículos científicos y patentes de invención.

Nombre del curso	EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO
Descripción del curso	<p>El curso de extracción líquido-líquido (ELL) aborda en una primera instancia tópicos generales sobre la ELL y su aplicación en ingeniería, a continuación se aborda la ELL aplicada a la separación de iones, en tal sentido se introducen terminologías propias de la extracción por solventes para después introducir al alumno a temas más específicos como son los diferentes constituyentes de los solventes orgánicos y sus aplicaciones. En este sentido se analizan principalmente extractantes para la recuperación de cobre, molibdeno, renio y uranio, sin dejar de mencionar algunos extractantes para la recuperación de tierras raras. Esta información es complementada a través de diagramas de equilibrio como lo son diagramas McCabe-Thiele. Posteriormente el curso se complementa con elementos presentes en la industria como lo son las configuraciones y el tema de las impurezas y sus efectos en la operación. Adicionalmente se abordan los últimos avances en la extracción por solventes, como por ejemplo el desarrollo de nuevos extractantes o la extracción a pequeña escala.</p>
Objetivos	<p>Conocer y utilizar los principios fundamentales de la extracción líquido-líquido y su aplicación en el ámbito de la industria minera.</p> <p>Familiarización de terminología de extracción por solventes (SX); conocer sobre la química de SX; representar y analizar datos experimentales en un diagrama McCabe Thiele; determinar el número de etapas de extracción y retroextracción; conocer las configuraciones del proceso de SX; identificar los posibles contaminantes en la etapa de SX y conocer su efecto en el proceso.</p> <p>Conocer sobre el desarrollo de nuevos extractantes (líquidos iónicos, solventes eutécticos profundos, entre otros.) o sistemas de extracción (ATPS) y su aplicación en minería.</p>
Contenidos	<p><u>Unidad I: EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción. - Razones para utilizarla. - Aplicaciones. - Factores que afectan la extracción. - Criterio de selección del solvente. - Diagramas de equilibrio ternario. - Equipos. <p><u>Unidad II: Extracción por Solventes en Hidrometalurgia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción. - Extracción. - Lavado. - Re-extracción.

- Regeneración.
- Nomenclatura para el proceso de extracción por solvente.
- Flujos manejados en la extracción por solventes.
- Diluyente.
- Extractante.
- Tipos de extractantes.

Unidad III: Procedimiento de Curvas de Distribución de Extracción y Retroextracción.

- Introducción.
- Preparación de muestras iniciales o acondicionamiento.
- Curvas de extracción.
- Curva de equilibrio de retroextracción.
- Recta de operación.
- Diagramas de McCabe-Thiele.
- Cálculo de eficiencia de etapa (aproximación al equilibrio).

Unidad IV: Configuraciones

- Introducción.
- Configuración serie y/o paralelo.
- Etapas de lavado.
- Configuraciones especiales.

Unidad V: Balance de Orgánico

- Introducción.
- Balance en el orgánico.
- Degradación.
- Reportes de consumo y distribución de las pérdidas

Unidad VI: Impurezas

- Introducción.
- Efecto de impurezas en soluciones.
- Efecto de impurezas en el proceso.
- Efecto de impurezas en extracción por solventes.
- Correlaciones y propiedades de transporte asociadas a las impurezas.

Unidad VII: Avances en ELL

- Líquidos iónicos.
- Solventes eutécticos profundos.
- Sistemas acuosos bifásicos.

Modalidad de evaluación	Talleres y/o prácticas a domicilio y en clases. Defensa de un artículo asociado a la materia y resumen del mismo. Prueba escrita.
Bibliografía	Básica: <ul style="list-style-type: none"> - Extractive Metallurgy of Copper, M. Schlesinger, M. King, K.C. Sole, W.G. Davenport, Elsevier, 5th Ed., 2011. - Solvent Extraction: Classical and Novel Approaches, V. S. Kislik, Elsevier, 1th Ed., 2012. - Apuntes de Extracción líquido-líquido, Y.P. Jimenez Bellott, Universidad de Antofagasta, 2019. - Solvent Extraction. Principles and Practice, J. Rydberg, M. Cox, C. Musikas, G. R. Choppin, CRC Press, 2th Ed., 2004.
	Recomendada: <ul style="list-style-type: none"> - Novel approaches for lithium extraction from salt-lake brines: A review, G. Liua, Z. Zhao, A. Ghahreman, Hydrometallurgy, 2019, 187, 81-100. - A critical review on solvent extraction of rare earths from aqueous solutions, F. Xie, T.A. Zhang, D. Dreisinger, F. Doyle, <i>Miner. Eng.</i> 2014, 56, (0), 10-28. - Solvent extraction: the coordination chemistry behind extractive metallurgy, A.M. Wilson, P.J. Bailey, P.A. Tasker, J.R. Turkington, R.A. Grant, J.B. Love, <i>Chem. Soc. Rev.</i>, 2014, 43, 123-134. - Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones, E.M. Domic, NULL, 1 Ed., 2001.

Nombre del curso	LIXIVIACIÓN DE MINERALES
Descripción del curso	<p>En esta asignatura se pretende actualizar y profundizar los conocimientos de lixiviación como operación de transferencia de masa reforzando conceptos, principios y métodos básicos, revisando aspectos de termodinámica y cinética, estudiando los procesos físicos, químicos, electroquímicos, tipos de lixiviación y lixiviación de diferentes minerales (metálicos y no metálicos).</p> <p>Este conocimiento permitirá que el alumno sea capaz de comprender procesos de lixiviación de diferentes minerales, conocer su aplicación en el ámbito de la industria minera y utilizar lo aprendido en las disciplinas que lo ameriten.</p>
Objetivos	<p>Objetivo general: Al final del curso los participantes conocerán los avances en la lixiviación de minerales, cuáles son sus desafíos actuales y podrán describir el proceso de lixiviación considerando aspectos termodinámicos, cinéticos y técnicos.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reforzar conceptos básicos de lixiviación, sus principios y metodologías. 2. Conocer las reacciones de disolución involucradas en el proceso y a través de termodinámica y cinética determinar si son viables. 3. Estudiar las diferentes técnicas de lixiviación de minerales utilizadas a lo largo del tiempo. 4. Conocer los mecanismos de lixiviación de minerales metálicos y no metálicos en medios ácidos, alcalinos, clorurados y oxidativos.
Contenidos	<p>Unidad I: Aspectos generales de lixiviación Objetivo Introducir el tema de la lixiviación en el contexto minero, a través del repaso de conceptos básicos, mecanismos y procesos. Contenidos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceptos básicos, concepto de lixiviación • Química de soluciones. • Reactivos comúnmente usados. • Reacciones de disolución. • Procesos: físicos, químicos, electroquímicos, electrolíticos, biológicos. <p>Unidad II: Termodinámica en medio acuoso. Objetivo Proporcionar las herramientas conceptuales necesarias para determinar la posibilidad de la ocurrencia del proceso de disolución y/o reacción química a través de la termodinámica. Contenido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio químico. • Equilibrio electroquímico. • Diagramas Eh-pH. • Uso de HSC para Eh-pH y factibilidad termodinámica de la reacción. • Iones complejos. • Coeficientes de actividad.

	<p>Unidad III: Cinética de lixiviación de minerales. Objetivo Estudiar los conceptos de velocidad de reacción y determinar mecanismos que controlan el proceso de lixiviación. Contenido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de reacciones. • Cinética heterogénea. • Velocidad de reacción. • Orden de una reacción. • Efecto de la temperatura. • Efecto de la agitación. • Efecto de la concentración de reactivos. • Efecto del tamaño de partícula. <p>Unidad IV: Técnicas de lixiviación. Objetivo Conocer las diferentes técnicas de lixiviación que se utilizan para procesos de disolución de minerales. Contenido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lixiviación "in-situ". • Lixiviación en botaderos (dump leaching). • Lixiviación en pilas (heap leaching). • Lixiviación en bateas inundadas (vat leaching). • Lixiviación por agitación. • Lixiviación a presión. • Biolixiviación. <p>Unidad V: Aspectos de lixiviación de minerales. Objetivo Estudiar los medios de lixiviación que se utilizan para disolución de minerales metálicos y no metálicos. Contenido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lixiviación en medio ácido. • Lixiviación en medio alcalino. • Lixiviación oxidativa. • Lixiviación en medio clorurado. • Lixiviación de metales. • Lixiviación de sales industriales.
Modalidad de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Talleres y ejercicios de desarrollo. • Trabajo colaborativo de estudio de caso. • Exposición oral de un artículo científico a través de modalidad póster. • Elaboración de infograma.
Bibliografía	Básica: <ul style="list-style-type: none"> • Esteban M Domić M, Hidrometalurgia, fundamentos, procesos y aplicaciones, primera edición 2001.

- Rosenqvist, T., Principles of extractive metallurgy. Tapir academic press, 2004.
- Young, C. A., Kawatra, S. K. SME Mineral Processing and Extractive Metallurgy Handbook, Editor, Dunne, R. v 1-2. 2019.

Recomendada:

- Davenport, W.G., King, M., Schlesinger, M. Biswas, A.K., Extractive Metallurgy of Copper, Elsevier, 5th Ed., 2011.
- Havlik, T. Hydrometallurgy. Principles and applications. CRC Press, 2014.
- Burkin, A. Chemical Hydrometallurgy. Theory and Principles. Imperial College Press, 2001.
- Garrels, R.M y Christ, C., Solutions Minerals and Equilibria, Freeman Copper & Co. E.E.U.U., 1965.
- Habashi, F., Handbook of Extractive Metallurgy, Wiley, 1997.
- Levenspiel, O., Ingeniería de las reacciones químicas, Reverté. 2010.
- Smith, J. M., Ingeniería de la cinética química, McGraw-Hill, 1991.
- Newton, B.J., Ionic Equilibrium, Ed. Addison-Wesley Pub. Co. Inc., EE.U.U., 1964.
- Habashi, F., Hydrometallurgy: Theory and Practice, Ed. Gordon and Breach, EE.UU. 1994.
- Artículos científicos y patentes de invención.

Nombre del curso	MODELACIÓN APLICADA A MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
Descripción del curso	Aplicar los principios fundamentales de la Ingeniería Química a la modelación de procesos que ocurren en el medio ambiente (minería).
Objetivos	Al finalizar el curso el estudiante debería ser capaz de aplicar los principios básicos de Ingeniería Química a procesos que ocurren en el medio ambiente y minería. Debería ser capaz de identificar los principales mecanismos que determinan estos procesos y determinar cuál es la etapa que controla la velocidad del proceso en cada caso. Finalmente formular un modelo que describa los procesos ocurriendo en el caso específico.
Contenidos	<p>UNIDAD I: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES Establecer que los componentes usados en la descripción de operaciones unitarias son, en la mayoría de los casos, suficientes para describir procesos ocurriendo en medio ambiente. Pero donde las escalas de tamaño y tiempo suelen ser diferentes. Mostrando que procesos en medio ambiente pueden ser desglosados en una suma de principios fundamentales tales como: transferencia de materia, energía y momento; equilibrio químico; reacciones químicas (neutralización, oxidación-reducción).</p> <p>UNIDAD II: SOLUTO A TRAVÉS MEDIOS POROSOS Definir los conceptos básicos de flujo de soluto a través medios porosos tanto cualitativamente como cuantitativamente. Incluyendo flujo de líquidos a través de medios porosos saturados y no-saturados. Retención y tiempo de retención. Dispersión y Número de Peclet. Difusión, difusión en el poro y difusión efectiva. Diferencia entre dispersión y difusión. Área específica de las partículas/poros. Equilibrio versus cinética. Manejo de las escalas de tiempo y tamaño. Finalmente, aplicación a algún caso de estudio.</p> <p>UNIDAD III: INTERACCIÓN SOLUTO-PARTÍCULA. Estudiar las posibles reacciones químicas que pueden ocurrir entre el líquido y el sólido y como usar estas reacciones en modelación. Tenemos que revisar la ubicación de los reactantes en la partícula y los modelos para describir las reacciones. Coeficiente de transferencia de materia partícula-fluido. Adsorción e isothermas de adsorción, adsorción multi-componente. Columnas de adsorción.</p> <p>UNIDAD IV: CASO DE ESTUDIO Aplicar los conocimientos a un caso específico: Atenuación de la contaminación desde un depósito de relaves conteniendo pirita. Descripción del depósito de relave, composición, mineralogía. Posibles soluciones: cubierta seca usando una capa de arcilla compactada sobre el depósito o ubicar el depósito bajo un volumen de agua. Descripción de los procesos más importantes, reacciones químicas, factores que controlan las velocidades de las reacciones y el flujo de contaminantes.</p> <p>UNIDAD V: CONCEPTOS DE MODELACION. Modelar el transporte de contaminantes (soluto) a través de un medio poroso (depósito de relaves, lixiviación u otro, por ejemplo). Componentes de un modelo: modelo conceptual, simplificaciones. Condiciones de borde típicas. Formulación del modelo matemático. Solución de las ecuaciones. Solución analítica versus solución numérica. Aplicación a un caso de estudio. Algunos softwares útiles.</p>
Modalidad de evaluación	La evaluación del curso es mediante trabajo individual o en grupos (talleres). Una exposición sobre un artículo científico relacionado con el curso. Evaluación: examen escrito u oral.

	<p>Básica: Bird R.B., W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport phenomena, Revised Second Edition, John Wiley & Sons, Inc. 2007. Smith G.D., Numerical solution of partial difference equations. Finite difference methods. Oxford University Press, 1985</p>
<p>Bibliografía</p>	<p>Recomendada: Moreno, L. and I. Neretnieks, Long-term environmental impact of tailings deposits, Hydrometallurgy, 83, 176-183, 2006 Ordóñez J.I., Moreno L., Gálvez E.D., Cisternas L.A., Seawater leaching of caliche mineral in column experiments, Hydrometallurgy 139, 79–87, 2013 Strang G., Introduction to applied mathematics, Wellesley-Cambridge Press, 1986.</p>

Nombre del curso	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TRATAMIENTO DE RESIDUOS MINEROS
Descripción del curso	En este curso se profundizará sobre las estrategias biotecnológicas para el tratamiento ambiental y extractivo de metales y otros elementos de valor desde residuos mineros, con énfasis en relaves y ripios.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar y diferenciar entre diferentes estrategias tradicionales y biotecnológicas para el tratamiento y valorización de residuos mineros. 2. Aplicar elementos de ingeniería para la planificación de proyectos de valorización económica de elementos valiosos.
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a los procesos de minerales. • Cuantificación y caracterización de Residuos mineros masivos. • Fundamentos de microbiología y biotecnología ambiental aplicada a procesos de minerales. • Tópicos avanzados de Biohidrometalurgia • Tópicos avanzados de Biobeneficiación • Tópicos avanzados de Biorremediación
Modalidad de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Taller expositivo de referencias bibliográficas seleccionadas (25%) • Proyecto de valorización de ripios/relaves mineros (50%) • Evaluación escrita final del curso (25%)
Bibliografía	<p>Básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Domic, E. Hidrometalurgia: Fundamentos, procesos y aplicaciones. 2001. • McCabe, W., Smith, J., Harriott, P. Operaciones unitarias en ingeniería química. 2007. • Kotrba, P., Mackova, M., Macek, T., (Eds). Microbial biosorption of metals. 2011. • Singh, O., (Ed). Bio-nanoparticles: Biosynthesis and sustainable biotechnological implications. 2015. • Natarajan, K.E. Biotechnology of metals: Principles, recovery methods and environmental concerns. 2018. • Spitz, K., Trudinger, J. Mining and the environment: From ore to metal, 2nd Edition. 2019 <p>Recomendada:</p> <p>Publicaciones científicas en revista de corriente principal asociadas a la temática de estudio. Algunos ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortés, S., Soto, E.E., Ordóñez, J.I. Recovery of Copper from Leached-Tailing Solutions by Biosorption. Minerals 10: 1-18. 2020. https://doi.org/10.3390/min10020158 • Wong-Pinto, L.-S., Menzies, A., Ordóñez, J.I. Bionanomining: biotechnological synthesis of metal nanoparticles from mining waste—opportunity for sustainable management of mining environmental liabilities. Applied Microbiology and Biotechnology 104: 1859-1869. 2020. https://doi.org/10.1007/s00253-020-10353-0 • Rao, K.H., Vilinska, A., Chernyshova, I.V. Minerals bioprocessing: R&D needs in mineral biobeneficiation. Hydrometallurgy 104, 465–470. 2010. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.01.016

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Zhao, H., Zhang, Yisheng, Zhang, X., Qian, L., Sun, M., Yang, Y., Zhang, Yansheng, Wang, J., Kim, H., Qiu, G. The dissolution and passivation mechanism of chalcopyrite in bioleaching: An overview. <i>Miner. Eng.</i> 136, 140–154. 2019. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.03.014 |
|--|---|

Nombre del curso	SISTEMAS COLOIDALES EN OPERACIONES DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO
Descripción del curso	<p>La industria minera está continuamente enfrentándose a desafíos operacionales que amenazan la sustentabilidad del sector. Es común que las leyes de los minerales sean cada vez más bajas, por tanto su procesamiento se hace más complicado. En muchos casos es necesario realizar moliendas muy exigentes para lograr una adecuada liberación de los minerales valiosos, lo que inevitablemente trae consecuencias desfavorables como un elevado consumo energético y la generación de importantes cantidades de mineral fino. También la ganga está presentando minerales más complejos y las arcillas forman parte de numerosos sistemas, incluyendo minerales de cobre, platino, nickel, potasa, etc. Por este motivo, el control de las operaciones de concentración es cada vez más complejo, pero a su vez es imperante incorporar nuevos procedimientos y tecnologías que permitan asegurar eficiencias aceptables para la industria. Sin embargo, los fenómenos que rigen la eficiencia de las operaciones ocurren a escala microscópica (o bien, escala coloidal) y las interacciones entre partículas juegan un rol preponderante para definir el comportamiento de los procesos. En el presente curso se realizará una revisión detallada para establecer los fundamentos fisicoquímicos en que gobiernan el comportamiento de los sistemas a escala coloidal (partículas finas). Se describen los principales tipos de interacciones que juegan un rol relevante en la estabilidad de pulpas mineras, analizando las diferencias entre las teorías DLVO y DLVO modificada. Se introducen los conceptos de tensión superficial, mojabilidad, y ángulo de contacto. Posteriormente se utilizan los conocimientos adquiridos para analizar casos prácticos de la industria minera, focalizando los estudios en operaciones de concentración.</p>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar críticamente los fenómenos de interacción de partículas que ocurren a escala coloidal. • Vincular la eficiencia y comportamiento de las operaciones mineras con los fenómenos fisicoquímicos que ocurren a escala coloidal.
Contenidos	<p>Capítulo 1: Introducción.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué son los sistemas coloidales? • Coloides en la naturaleza. • Coloides en operaciones industriales. • Coloides en procesos mineros. <p>Capítulo 2: Fuerzas de interacción intermoleculares.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interacción entre moléculas permanentemente cargadas y moléculas polares. • Interacciones que involucran polarización de moléculas • Fuerzas de van der Waals. • Interacciones especiales: puente hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, e interacciones hidrofílicas. <p>Capítulo 3: Interacciones entre partículas y superficies</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contraste entre fuerzas intermoleculares, interpartícula, e intersuperficiales. • Potenciales de interacción entre cuerpos macroscópicos. • Aproximación de Derjaguin.

	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerzas de van der Waals entre partículas y superficies. • Fuerzas electrostáticas entre superficies en medio líquido. • Teoría DLVO. • Teoría DLVO modificada: solvatación, hidratación estérica, atracción hidrofóbica, fuerzas poliméricas. <p>Capítulo 4: Fenómenos de adhesión y mojabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energía superficial e interfacial. • Tensión superficial. • Mojabilidad y ángulo de contacto. • Comportamiento microscópico de reactivos: surfactantes, espumantes, colectores, dispersantes, floculantes. <p>Capítulo 5: Análisis microscópico de operaciones mineras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos de flotación. • Fundamentos de espesamiento. • Fundamentos del manejo de relaves. • Fundamentos de reología.
Modalidad de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición individual: 20% • Trabajo de investigación: 50% • Prueba escrita: 30%
Bibliografía	<p>Básica: Stokes, R.J., Evans, D.F. (1997) <i>Fundamentals of Interfacial Engineering</i>. Wiley-VCH. K.S. Birdi (2009) <i>Surface and Colloid Chemistry: Principles and Applications</i>. CRC Press. Shaw, D.J. (2003) <i>Colloid & Surface Chemistry</i>. Butterworth Heinemann.</p> <p>Recomendada: Parsigan, V.A. (2005) <i>Van der Waals Forces: a Handbook for Biologists, Chemists, Engineers, and Physicists</i>. Cambridge University Press. Hiemenz, P.C., Rajagopalan, R. (2016) <i>Principles of Colloid and Surface Chemistry, revised and expanded</i>. CRC press. Principles of Colloid and Surface Chemistry, revised and expanded. CRC press.</p>

Nombre del curso	USOS DE MINERALES INDUSTRIALES EN ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO SOLAR
Descripción del curso	<p>Presentar el escenario energético mundial y de Chile. Entregar al estudiante las herramientas que permitan al estudiante al finalizar el curso seleccionar el material y el sistema de almacenamiento térmico más apropiado para una instalación solar. Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:</p> <p>a) identificar las energías renovables no convencionales y el potencial que tiene Chile para desarrollo de energía solar;</p> <p>b) reconocer los procesos de obtención de minerales industriales en el Norte de Chile e identificar materiales con potencial aplicación en sistemas de almacenamiento térmico;</p> <p>c) distinguir las tecnologías usadas en las instalaciones de energía solar térmica y diferenciarlas de la tecnología solar eléctrica;</p> <p>d) reconocer distintos sistemas de almacenamiento térmico y de seleccionar los materiales de almacenamiento apropiados;</p>
Objetivos	<p>a) Dar a conocer las energías renovables no convencionales y el potencial que tiene Chile para desarrollo de energía solar;</p> <p>b) Identificar los procesos de obtención de minerales industriales en el Norte de Chile y materiales con potencial aplicación en sistemas de almacenamiento térmico;</p> <p>c) Describir las tecnologías usadas en las instalaciones de energía solar térmica y presentar principales diferencias con la tecnología solar eléctrica;</p> <p>d) Identificar las principales aplicaciones de minerales industriales en sistemas de almacenamiento térmico a diferentes temperaturas</p>
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> • INTRODUCCION: Situación energética mundial y de Chile • UNIDAD 1: Identificación de minerales industriales, potenciales TES materiales • UNIDAD 2: Almacenamiento de energía térmica • UNIDAD 3. Aplicaciones baja, media y alta T • UNIDAD 4. Estudio de casos
Modalidad de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • un taller (diseño de un sistema solar de calentamiento de agua, con estanque de almacenamiento agua (caso 1) y agua+PCM (caso 2)) (20%), • una prueba escrita (60%) • una presentación oral (20%)
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>1. Federico Nacif ; Miguel Lacabana. ABC del Litio Sudamericano. Soberanía, ambiente, tecnología e industria, Buenos Aires/Argentina, Editorial Atuel y Cara o Ceca. 2015, ISBN 978-987-3920-14-1</p>

	<p>2. I. Garcés “EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA SALITRERA” http://intranetua.uantof.cl/salitre/Sistema%20Paradas%20%20a%20Guggenheim.pdf</p> <p>3. L.Cabeza “Advances in thermal energy storage systems: Methods and application”. Woodhead Publishing,2020, 2da Edicion</p> <p>4. Stephan Pierre, 2017. Desarrollo de materiales de cambio de fase y su aplicación en sistema domestico de calentamiento solar de agua. Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta</p>
	<p>Recomendada:</p> <p>1. “Key World Energy STATISTICS 2020”, IEA</p> <p>2. Gutierrez A., 2015, Design and characterization of materials based on inorganic salts and mixtures to be applied as TES materials, Doctorado en Ingeniería de Procesos de Minerales, Tesis, Universidad de Antofagasta</p> <p>3. Marin P., 2017, Implementación de PCM comerciales en la climatización pasiva de construcciones modulares a escala piloto en clima costero. Magister en Cs de Ingeniería, mención Ing de Procesos de Minerales, Tesis, Universidad de Antofagasta.</p>

Nombre del curso	TERMODINÁMICA DE SOLUCIONES DE ELECTROLITOS
Descripción del curso	Presenta aspectos teóricos de las disoluciones iónicas y métodos de estimación de propiedades termodinámicas y fisicoquímicas, para su aplicación en ingeniería de procesos.
Objetivos	Mediante el uso de modelos termodinámicos representar el equilibrio sólido-líquido de sales inorgánicas, construir diagramas entalpía-concentración y predecir propiedades de sistemas de electrolitos multicomponentes: coeficientes de actividad y osmótico, presión de vapor, elevación de la temperatura de ebullición, descenso de temperatura de solidificación, entalpía de cristalización, solubilidad de sales inorgánicas, densidad, capacidad calorífica, etc.
Contenidos	<p>UNIDAD I: INTRODUCCIÓN</p> <p>Características de las disoluciones iónicas Clasificación de electrolito Principio de electro-neutralidad Interacción de largo y corto alcance</p> <p>UNIDAD II: INTERACCIONES EN DISOLUCIONES IÓNICAS</p> <p>Interacciones ion-disolvente (carácter bipolar del agua, número de hidratación, modelo de Born) Interacción ion-ion (modelo de Debye-Hückel)</p> <p>UNIDAD III: ESTIMACIÓN DE PROPIEDADES</p> <p>Coefficiente de actividad, Coeficiente osmótico, Solubilidad, Modelación equilibrio sólido-líquido, Densidad, Presión de vapor, Elevación del punto de ebullición. Entalpía de cristalización. Diagrama Entalpía-Concentración Capacidad calorífica, Viscosidad dinámica</p>
Modalidad de evaluación	La evaluación del curso es mediante talleres, una disertación sobre un artículo científico relacionado con el curso y una prueba escrita.
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>-K. S. Pitzer, "Activity Coefficients in Electrolyte Solutions", CRC Press, 2º Ed., Boca Raton, 2018.</p> <p>- H. Galleguillos, Y.P. Jimenez, Apuntes de Termodinámica de disoluciones de electrolitos, Universidad de Antofagasta, 2020.</p> <p>- K. Thomsen, "Electrolyte Solutions: Thermodynamics, Crystallization, Separation methods", DTU, 2009.</p>
	<p>Recomendada:</p> <p>- L.L. Lee, "Molecular Thermodynamics Of Electrolyte Solutions", World Scientific, 2º Ed., 2021.</p> <p>- A. Anderko, P. Wang, M. Rafal, "Electrolyte solutions: from thermodynamic and transport property models to the simulation of industrial processes", Fluid Phase Equilib. 2002, 194–197, 123-142.</p>

	-L. Cisternas, H. Galleguillos, T. Graber, M. Taboada, "Fundamentos de Procesamiento de No Metálicos", Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antofagasta, 1997
--	---

Nombre del curso	DIAGRAMAS DE FASES
Descripción del curso	En el curso se revisan y analizan, los conceptos termodinámicos involucrados en la construcción de diagramas de fases en sistemas acuosos multicomponentes y, sus aplicaciones para el diseño de procesos de separación de sales. Se hace especial énfasis en los métodos gráficos de la construcción de diagramas de fases y cálculos cuantitativos a partir de los diagramas de equilibrio en sistemas acuosos multicomponentes.
Objetivos	<p>A partir de los subsistemas, los minerales y equilibrios de fases relevantes serán discutidos, así como también propiedades de las sales dobles. Se revisarán las posibilidades de su producción. La construcción y el uso de diagramas de fases serán objetivos centrales del curso, orientada a desarrollar las capacidades de cálculo, análisis y diseño de procesos cuantitativos a partir de los diagramas de equilibrio.</p> <p>En el curso se expondrán los fundamentos de los diagramas de fases de las sales en solución, su construcción y aplicaciones de interés ingenieril. Se estudiarán sistemas de dos, tres, cuatro y cinco componentes, haciendo énfasis en aquellos sistemas constituidos por los iones <i>litio, potasio, magnesio, sodio, calcio, cloruro, nitrato y sulfato</i>.</p>
Contenidos	<p>Tema 1.- Introducción, sistemas, fases, y componentes. Condiciones termodinámicas de equilibrio. Regla de las fases, solubilidad, saturación y sobresaturación.</p> <p>Tema 2.- Sistemas binarios. Diagramas de fases. Congruencia e incongruencia. Representación de procesos. Balances de materia. Regla de la palanca.</p> <p>Tema 3.- Sistemas ternarios. Métodos de representación. Propiedades del triángulo de concentraciones. Tipos de sistemas. Líneas de equilibrio. Congruencia e incongruencia de sales y soluciones. Manejo de diagramas de fases para el análisis y diseño de procesos.</p> <p>Tema 4.- Sistemas cuaternarios. Sistemas aditivos. Métodos de representación espacial. Proyecciones. Contenido de agua de las soluciones. Cristalización de soluciones congruentes e incongruentes. Líneas de cristalización y de transición. Punto de secado. Pares salinos recíprocos. Proyección de Janecke. Contenido de agua de soluciones y proyección acuosa. Manejo de diagramas de fases cuaternarios para el análisis y diseño de procesos.</p> <p>Tema 5.- Sistemas quaternarios. Modelo espacial y proyecciones. Evaporación solar de soluciones en pozas con y sin separación de sales. Trayectorias de</p>

	evaporación.
Modalidad de evaluación	Talleres (5) y presentación oral de paper.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> • Linke, W.F., and A. Seidell. Solubilities of inorgánica and metal organic compounds. Vol II, 4 ed. ACS, Washington, D.C. 1965. • Stanley Walas , Phase Equilibria in Chemical Engineering, Butterworth,1985 • Findlay, A., Campbell, A.N., Smith; N.G. The Phase rule and its applications. Dover publications, INC. 1951. • Purdon, F.F. and Slater, V.W. Aqueous solution and the phase diagram. London. 1946. • Fitch, B. How to design fractional crystallization processes. Ind.Eng. Chem.62,6-23.1970. • Robert Bethon; Représentation des équilibres et utilisation des diagrammes. Monographies de Chimie Minerale. Hier-Vilars Editeur. 1962 • Eberhard Usdowski, Martin F. Atlas and Data of Solid-Solution Equilibria of Marine Evaporites. Springer Science & Business Media, 2012. • Luis A. Cisternas; Diagramas de Fases y su Aplicación. Editorial Reverté, 2009. • Artículos científicos, 2010-2020.

Nombre del curso	CRISTALIZACIÓN INDUSTRIAL
Descripción del curso	En base a material entregado en clases sobre la operación industrial y los principios de la cristalización sumado el análisis y discusión de artículos científicos recientes, se entrega una visión amplia de la cristalización como operación unitaria de separación y su aplicación a procesos de minerales, con énfasis en la obtención de sales inorgánicas (litio, potasio, cobre, nitratos, sulfatos, etc.)
Objetivos	Al término del curso los alumnos podrán: 1) calcular balances de materia y energía aplicados al diseño de procesos de cristalización, 2) determinar cinéticas de cristalización en cristalizadores batch y continuos, 3) diseñar cristalizadores y procesos de cristalización, 4) analizar comportamiento de cristalizadores reales y su modelación matemática y 5) conocer y experimentar con equipamiento moderno utilizado en investigaciones de frontera en esta área.
Contenidos	<p>1. INTRODUCCIÓN A LA CRISTALIZACIÓN: Caracterización de los cristales y distribución de tamaño de cristal (DTC o CSD). Cristales amorfos y Polimorfismo. Saturación y solubilidad. Sobresaturación y cristalización. Determinación de curvas de sobresaturación. Aplicaciones</p> <p>2. DISEÑO DE PROCESOS DE CRISTALIZACIÓN: Determinación experimental de los equilibrios de fase. Diagramas de equilibrio de fases. Procesos de Cristalización en sistemas multicomponentes.</p> <p>3. PROCESOS DE CRISTALIZACIÓN: Selección del solvente. Selección del proceso. Selección del cristalizador. Diseño de procesos de cristalización. Equipos de Cristalización Industrial.</p> <p>4. CINÉTICA DE CRISTALIZACIÓN: Nucleación y crecimiento. Teoría de la distribución de tamaño de cristal. Balance de población en cristalización. Cristalizador continuo agitado MSMPR. Modelación de cristalizadores reales como alejamiento de MSMPR. Cristalizadores batch. Aplicaciones</p>
Modalidad de evaluación	Exposición y análisis de papers y patentes recientes. Un examen final
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>. Mullin J. W. "Crystallization". 4th Edition By J. W. Mullin. 2001. Butterworth Heinemann: Oxford, UK.</p> <p>. Nyvlt, J., Shöhnel, O., Matuchová, M., Broul, M., "The Kinetics of Industrial Crystallization", Editorial Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokio, (1985).</p> <p>. Randolph, A. (2012). <i>Theory of particulate processes: analysis and techniques of continuous crystallization</i>. Elsevier.</p> <p>. Tavare N. "Industrial Crystallization". Ed Plenum Press. New York and London. (1995)</p> <p>Recomendada:</p> <p>1. Download M Libro - Hidrometalurgia Fundamentos, Procesos y Aplicaciones. Esteban Domic. October 2019. Size: 83.1MB. Author: Boris Ávalos</p> <p>2. Conceptual Design of Crystallization Processes (De Gruyter Stem) Noviembre 2020. Ka Ming Ng , Christiano Wibowo Seidell A.</p> <p>3. Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (Eds.). (2001). Manual del ingeniero químico (Vol. 2). Madrid: McGraw-Hill.</p>

- | | |
|--|---|
| | <ol style="list-style-type: none">4. Christie J. Geankoplis. " Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, C.E.C.S.A, 1982, México.5. Patentes y artículos científicos 2011-2021 |
|--|---|

Nombre del curso	ELECTROQUÍMICA Y CORROSIÓN
Descripción del curso	En este curso se describen diversos tipos de reacciones químicas que están asociadas a fenómenos de separación y transporte de carga eléctrica y que pueden ocurrir distribuidas ya sea en volumen de soluciones electroactivas o en superficies de electrodos. Partiendo de principios fundamentales de carga eléctrica asociados con reacciones químicas, se clasifica la gran variedad de fenómenos (electroforesis, corrosión, etc.), dispositivos (sensores, dispositivos de visualización, baterías y celdas de combustible) y tecnologías relevantes (electrólisis, electro obtención, electro síntesis de una gran variedad de productos). El uso de herramientas de simulación numérica y de análisis de circuitos eléctricos son ejercitadas en casos específicos.
Objetivos	Capacitar a alumnos para el manejo de conceptos electroquímicas, herramientas experimentales de medición y métodos de análisis numérico con el objeto de ser aplicados al diseño de diversos procesos electroquímicos de interés tecnológico
Contenidos	<p>Celda electroquímica y potencial de celda. Determinación de potenciales de celda, actividades y concentraciones de especies electroactivas, potencial electroquímico. Celda galvánicas y electrolíticas.</p> <p>Clasificación de electrodos. Electrodos de referencia. Movimiento de iones en solución difusión y migración. Conductividad y movilidad. Potencial de fases líquidas, electrodos ion selectivo y bio membranas.</p> <p>Interfaces: Doble capa en el electrolito: densidad de carga, y capacidad de carga. Modelos de doble capa. Adsorción específica.</p> <p>Fundamentos de cinética y mecanismos de reacciones de electrodo.</p> <p>Transporte de masa. Control por difusión. Corriente limitada por la difusión. Electrodos planos. Microelectrodos. Capa límite de difusión. Convección y difusión: sistemas hidrodinámicos.</p> <p>Diversas formas de corrosión y su clasificación. Métodos instrumentales de medición de la corrosión. Métodos de prevención de la corrosión. Breve mención a diversos tipos de aceros y sus características.</p>
Modalidad de evaluación	Talleres, presentación personal, prueba escrita
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>Electrochemical Systems, John Newman, Nitash Balsara, Wiley, Hoboken USA, 2021</p> <p>Physical Electrochemistry, Noam Eliaz, Eliezer Gileadi, Wiley, Weinhem, Germany, 2019.</p> <p>Electrochemical Engineering, Thomas Fuller, John Harb, Wiley, 2018.</p> <p>Understanding Voltammetry, Richard Compton, Craing Banks, World Scientific, 2018.</p>

Electrochemistry and Corrosion Science, Nestor Perez, Springer International Publishing, Switzerland 2016

Electrochemistry - The Basics, with Examples, Christine LEFROU, Pierre FABRY and Jean-Claude POIGNET, Springer, 2012

Recomendada:

Electrochemical Methods Fundamental and Applications, Bard A, Faulkner L John Wiley and Sons, 2001

Electrochemical Impedance spectroscopy, Mark E. Orazem, Bernard Tribollet, John Wiley & Sons, Inc., 2008

Fundamentals of Metallic Corrosion, Schweitzer, Philip A., CRC Press, 2007
Taylor & Francis Group

Para aplicaciones específicas, estudios de sistemas electroquímicos específicos y nuevos dispositivos de medición

Artículos en

- Corrosion Science, Elsevier
- Electroquímica Acta, Elsevier
- The Journal of Electrochemical Science
- Journal of the Electrochemical Society
- Metals

Nombre del curso	MÉTODOS FÍSICOS DE CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL
Descripción del curso	El curso describe los aspectos teóricos fundamentales de las técnicas de Análisis Estructural más importantes en estado sólido, específicamente Difracción de rayos X en polvo y en monocristal.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar los conocimientos teóricos para interpretar espectros de difracción de muestras en estado de polvo cristalino 2. Aplicar los conocimientos teóricos para interpretar espectros de difracción de muestras en estado de Monocristales
Contenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Concepto de cristal 2.- Redes de traslación 3.- Celdilla Unidad. Parámetros cristalográficos 4.- Tipos de Celdilla. Redes de Bravais 5.- Planos reticulares. Índices de Miller 6.- Simetría. Grupos puntuales. Grupos espaciales 7.- Red recíproca. 8.- Dispersión de los rayos X, Técnicas 9.- Método del Polvo Cristalino y del Monocristal.
Modalidad de evaluación	Pruebas escritas, trabajos de investigación, lectura de papers.
Bibliografía	Básica: - Marc De Graef and Michael E. McHenry. Structure of Materials: An Introduction to Crystallography, Diffraction and Symmetry. 2012. - Bermudez-Polonio, J. Métodos de Difracción de rayos X. Principios y aplicaciones. Pirámide, Madrid 1981
	Recomendada: - http://www.relaq.mx/RLQ/cristalografia.html - Stout., G.H. & Jensen, L.H. X-ray structure determination ... A Practical Guide . Macmillan , London. -W. Massa, R. B. Gould, Crystal Structure Determination. Springer, Berlin, 2004.

Nombre del curso	TECNOLOGIA DE FLOTACION DE MINERALES
Descripción del curso	Introducir aspectos fundamentales de la fenomenología del proceso de flotación, interpretar la interacción entre las variables hidrodinámicas y los reactivos químicos en procesos industriales, comparar las tecnologías disponibles de equipos de flotación, usar datos metalúrgicos de laboratorio y de planta para realizar escalamiento de equipos y circuitos, con el fin de proponer mejoras operacionales, incorporar nuevos equipos y sistemas de control en plantas concentradoras, que tengan un impacto significativo en la operación de plantas concentradoras.
Objetivos	<p>-Introducir fenomenología del proceso de flotación.</p> <p>-Conocer e interpretar, la interacción entre las variables hidrodinámicas y los reactivos químicos en procesos industriales</p> <p>-Comparar las tecnologías disponibles de equipos de flotación</p> <p>-Ser capaz de incorporar nuevos equipos y sistemas de control con el fin de proponer mejoras operacionales</p>
Contenidos	<p><u>UNIDAD I: Introducción a la tecnología de la flotación</u></p> <p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • identificar etapas del proceso y la relación con hidrodinámica • describir la operación unitaria y zonas en equipo • comparar celdas mecánicas y columnas e identificarlas en un circuito • contextualizar y extender aplicaciones del proceso de flotación <p><u>UNIDAD II: Físico-química de la flotación y reactivos usados</u></p> <p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretar hidrofobicidad y tensión superficial en flotación • describir la acción de los colectores y estructura molecular • definir el rol de pH, depresantes y activantes • describir la acción de los espumantes y estructura molecular • relacionar los parámetros hidrodinámicos y reactivos químicos • aplicar criterios para selección del tipo y concentración de reactivos • identificar las interacciones fisicoquímicas - hidrodinámicas que afectan la eficiencia de flotación <p><u>UNIDAD III: Máquinas de flotación y tendencias futuras</u></p> <p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • identificar tipos de máquinas de flotación y describir su operación • comparar equipos disponibles en el mercado para seleccionar tecnologías • identificar partes y configuraciones de celdas • introducir los indicadores metalúrgicos <p><u>UNIDAD IV: Circuitos de flotación y ajustes de balance</u></p> <p>OBJETIVOS:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • analizar el impacto variables operacionales sobre indicadores metalúrgicos • aplicar ajustes de balances por nodos • calcular indicadores metalúrgicos en circuitos • aplicar ajustes de balances usando datos de planta
Modalidad de evaluación	La evaluación comprende un examen escrito, un trabajo práctico consistente en el balance de materia de una planta-concentradora y una presentación oral de un paper, relacionado con el tópico de flotación..
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>Avinash Lele and Sonam Patel Vandana Rao. Mineral Processing: (Including Mineral dressing, Experiments and numerical). Editorial : I K International Publishing House; 2017.</p> <p>Dianzuo Wang. Flotation Reagents: Applied Surface Chemistry on Minerals Flotation and Energy Resources Beneficiation: Volume 1: Functional Principle. Flotation Reagents: Applied Surface Chemistry on Minerals Flotation and Energy Resources Beneficiation: Volume 2: Applications. Editorial : Springer; 1ra ed. 2016 edición</p>
	<p>Recomendada:</p> <p>Quintanilla, P; Neethling, SJ; Brito-Parada, PR. Modelling for froth flotation control: A review. MINERALS ENGINEERING, Volumen: 162, 106718, 2021</p> <p>Matiolo, E; Couto, HJB; Lima, N; Silva, K; de Freitas, AS. Improving recovery of iron using column flotation of iron ore slimes. MINERALS ENGINEERING, Volumen: 158, 106608, 2020</p> <p>Vallejos, P; Yianatos, J; Grau, R; Yanez, A. Evaluation of flotation circuits design using a novel approach. MINERALS ENGINEERING, Volumen: 158, 106591, 2020</p>

Nombre del curso	TECNICAS DE CARACTERIZACION DE MATERIALES
Descripción del curso	En este curso se presentan las bases teóricas y se familiariza al estudiante con las aplicaciones prácticas de distintas técnicas de caracterización de materiales. Además, el curso entrega las herramientas que permitan al estudiante, realizar una óptima selección de la(s) técnica(s) apropiada(s) para caracterizar cualitativa- y cuantitativamente la materia prima, producto intermedio o producto terminado de un proceso a escala laboratorio, planta piloto o industrial.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> -Entregar conocimiento básico sobre Cristalografía -Conocer las bases de funcionamiento y análisis de los resultados de DRX -Conocer aplicaciones de Microscopía electrónica con énfasis en -aplicaciones SEM-EDX en minería metálica y no metálica -Saber campo de aplicación de análisis térmico con énfasis en aplicaciones de TGA y DSC. -Conocer la técnica de infrarrojo y sus ventajas y limitaciones en aplicación a la minería.
Contenidos	<p><u>UNIDAD I: INTRODUCCIÓN A LA CRISTALOGRAFIA</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Redes de Bravais. Planos e índices de Miller. -Simetría y Sistemas cristalinos. Operaciones de simetría. Elementos de simetría. -Grupos puntuales. Grupos espaciales. Posiciones particulares. Posiciones generales. Multiplicidad -Estructuras cristalinas. Empaquetados compactos. Coordinación. <p><u>UNIDAD II: DIFRACCION DE RAYOS X - DRX</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción a los métodos de resolución de estructuras cristalinas. -Análisis de resultados: parámetros estructurales y representaciones gráficas. -Empleo de internet y software en cristalografía de RX. -Base de datos Cristalográfica de Cambridge -Aplicación práctica DRX en polvo: determinación de fases minerales en mezclas, estimación de tamaño de cristales; análisis cuantitativo por DRX <p><u>UNIDAD III: MICROSCOPIA ELECTRONICA</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción a la microscopia electrónica. Conceptos básicos. Interacción electrón-materia. -Fundamentos del microscopio electrónico de barrido (SEM). Imágenes y detectores. Análisis químicos. -Preparación de muestras -Fundamentos del microscopio electrónico de transmisión (TEM). Imágenes. Difracción de electrones. -Análisis químicos. Preparación de muestras. -Ejemplos de aplicaciones prácticas del SEM y TEM -Introducción a AFM <p><u>UNIDAD IV: ANÁLISIS TÉRMICO (TERMOGRAVIMETRIA Y CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE BARRIDO)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción y definiciones. Instrumentación. Reporte de resultados. -Estudios de estabilidad térmica, cinética química y otros, por métodos termogravimétricos. -Determinación de calor específico Cp, entalpías y conductividad térmica por DSC.

	<p><u>UNIDAD V: ESPECTROSCOPIA VIBRACIONAL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Origen espectros moleculares -Instrumentación y preparación de muestra -Análisis del espectro IR -Aplicaciones industriales y ambientales <p>LABORATORIOS</p> <p>Laboratorio 1: Análisis por DRX en polvo de una muestra cristalina, análisis cualitativo y cuantitativo de fases de difractograma experimental mediante software Crystallographica Search-Match</p> <p>Laboratorio 2. Análisis de una muestra cristalina mediante SEM-EDX y elaboración del informe con los resultados de investigación</p> <p>Laboratorio 3. Análisis DSC de una muestra, interpretación de los peak en la curva de DSC. Elaboración del informe</p>
<p>Modalidad de evaluación</p>	<p>Un examen escrito, una presentación oral del paper y análisis de los informes de tres laboratorios</p>
<p>Bibliografía</p>	<p>Básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Marc De Graef, Michael E. McHenry. Structure of Materials: An Introduction to Crystallography, Diffraction and Symmetry. 2012. ISBN-13: 978-1107005877 -Principles of X-Ray Diffraction. 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 3-527-31052-5 -Höhne, G., Hemminger, W. F., & Flammersheim, H. J. 2013. Differential scanning calorimetry. Springer Science & Business Media. <p>Recomendada:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ushak S., Milian Y Texto docente: Técnicas de caracterización de materiales, 2017, Biblioteca de la Universidad de Antofagasta -Lista de softwares cristalográficos: http://www.relaq.mx/RLQ/cristalografia.html Ultimo acceso abril 2021 - Marwa El-Azazy. Infrared Spectroscopy: Principles, Advances, and Applications, 2019. Editorial : IntechOpen, ISBN-10 : 1789849683, ISBN-13 : 978-1789849684

Nombre del curso	PROCESOS ELECTROQUIMICOS INDUSTRIALES
Descripción del curso	Ingeniería Electroquímica. Análisis de los diagramas de Pourbaix. Cinética electroquímica. Desarrollo de procesos industriales electrometalúrgicos (Electrowinning y electrorefinación). Tecnología de membranas de intercambio iónico. Diseño de reactores electroquímicos. Procesos Industriales de separación y purificación usando tecnología de membranas. Selección de equipos, dimensionamiento, elementos auxiliares y accesorios más adecuados en función de las necesidades del proceso al que se apliquen.
Objetivos	<p>Al término del curso el alumno podrá Diseñar y desarrollar procesos electroquímicos para obtención de cobre y otros minerales.</p> <p>Diseñar y desarrollar sistemas de purificación de líquidos utilizando tecnología de membranas y energías no convencionales (Energía solar).</p> <p>También podrá formular soluciones a casos particulares de procesos de ingeniería electroquímica usados actualmente en la industria.</p> <p>Proponer implementación de nueva tecnología y/o optimización de la misma.</p> <p>Una parte importante del curso es desarrollar en el alumno un espíritu crítico a través del análisis y exposición de diferentes papers de avances en el tema y pruebas de laboratorio.</p>
Contenidos	<p><u>UNIDADES DE APRENDIZAJE</u></p> <p><u>UNIDAD I: INTRODUCCION</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el estudiante desarrollará y reforzará conceptos generales de la electroquímica aplicada a procesos. Además, con el conocimiento básico adquirido en esta unidad, el estudiante podrá tener una visualización teórica del campo de acción de la electroquímica, sobre todo aplicada a los procesos industriales.</p> <p>CONTENIDO: Introducción. La electroquímica como ciencia. Convenciones respecto a las celdas electroquímicas. Celdas reversibles e irreversibles. Medida de la fuerza electromotriz de una celda galvánica. Convenio respecto al signo de la fuerza electromotriz.</p> <p><u>UNIDAD II: TERMODINÁMICA DE SOLUCIONES</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno construir y visualizar gráficamente probables reacciones que ocurren en soluciones electrolíticas acuosas usando diagramas de Pourbaix.</p> <p>Podrá determinar condiciones de operación para diferentes procesos electroquímicos industriales planteados en el curso. Podrá, además, interpretar diagramas de Pourbaix de diferentes compuestos desarrollados en manuales Eh-pH.</p> <p>CONTENIDO: Reacciones termodinámicas. Diagramas de Pourbaix. Construcción de Diagrama Cobre- Agua. Diagrama Hidróxido de litio. Potenciales normales de electrodo</p>

	<p><u>UNIDAD III: PROCESOS DE ELECTRODO</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno conocerá las propiedades de los materiales de los electrodos y el electrólito. Las condiciones de medición durante un proceso electrolítico. Conversiones de los diferentes materiales empleados en los electrodos de referencia.</p> <p>CONTENIDO: Electrodos. Tipos de Electrodos. Electrodos de referencia. La doble capa Electroquímica. El electrólito</p> <p><u>UNIDAD IV: CINÉTICA ELECTROQUÍMICA Y SISTEMAS ELECTROQUÍMICOS FORZADOS.</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el alumno será capaz de aplicar conceptos de la cinética electroquímica a procesos electrometalúrgicos de obtención de cobre (Electrowinning, Electrorefinación). Determinar los parámetros de operación y control de procesos electro obtención de cobre.</p> <p>CONTENIDO: Cinética electroquímica. Régimen de activación ley de Butler – Volmer. Ecuación de Fick. Ecuación de Tafel. Descripción celda Electrólisis. Parámetros de control de procesos Electrolíticos. Electrorefinación de Cobre. Principios Teóricos. Rol de los Electrodos. Rol del Electrólito. Electroobtención de Cobre. Introducción. Principio Teóricos. Reacciones de Electroobtención de Cobre.</p> <p><u>UNIDAD V: TECNOLOGIA DE MEMBRANAS</u></p> <p>OBJETIVOS: En esta unidad el estudiante podrá diseñar y desarrollar procesos usando membranas de intercambio iónico. Conocer y aplicar tecnologías solares no convencionales para procesos industriales.</p> <p>CONTENIDO: Teoría de las membranas de intercambio iónico permoselectivas. Propiedades de las membranas. Procesos de membranas: Osmosis inversa y Nanofiltración, Microfiltración y Ultrafiltración, Electrodiálisis y Electrodesionización. Configuraciones típicas y rendimientos de producción. Energías renovables en desalinización y procesos mineros. Ejemplos desarrollados de aplicaciones industriales. Revisión y análisis de artículos científicos.</p> <p><u>UNIDAD VI: REACTORES ELECTROQUÍMICOS</u></p> <p>OBJETIVOS: Diseñar y desarrollar reactores electroquímicos tomando en cuenta la fenomenología del proceso. Determinar parámetros energéticos y Eficiencia del proceso. Lecturas de artículos sobre el tema</p> <p>CONTENIDO: Requerimientos para el diseño de reactores. Criterios de clasificación de los reactores. Tipos de reactores. Escalamiento de reactores.</p>
Modalidad de evaluación	1ª Prueba Parcial: (30 %) (Investigación y exposición artículo científico en temática de “Electroquímica - Energía solar”)

	<p>2ª Prueba Parcial: (30 %) (Investigación y exposición artículo científico en temática de “Procesos electrometalúrgicos”</p> <p>3ª Prueba Final: (40 %) (Taller de Ejercicios e Investigación aplicada en diseño de reactores electroquímicos)</p>
	<p>Básica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Electroquímica moderna Bockris y Reddy Volumen 1 y 2, Editorial Reverté. 2001. 2. Un Primer Curso de Ingeniería Electroquímica, Frank Walsh, Editorial Club Universitario, 1999. 3. Petrovic, Slobodan, “Electrochemistry Crash Course for Engineers”. Publisher Springer International Publishing, 2021. DOI 10.1007/978-3-030-61562-8. 4. Konstantin Ivanovich Popov, Stojan S. Djokić, Branimir N. Grgur, “Fundamental Aspects of Electrometallurgy”, 2002, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 5. Industrial Electrolysis and Electrochemical Engineering Volumen 6, Número 9 de ECS transactions. Editor G. Pillay; Edición ilustrada The Electrochemical Society, 2007. 6. Derek Pletcher Zhong-Qun Tian David E. Williams. “Developments in Electrochemistry: Science Inspired by Martin Fleischmann”; Editor John Wiley & Sons, 2014.
<p>Bibliografía</p>	<p>Recomendada:</p> <p>REVISTAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cynthia G. Zoski, Handbook of Electrochemistry Book. Imprint Elsevier Science 2007. ISBN 978-0-444-51958-0. 2. F. Goodridge, K. Scott, Electrochemical Process Engineering, Publisher Springer US. 1995. DOI 10.1007/978-1-4899-0224-5. 3. Christine Lefrou, Pierre Fabry, Jean-Claude Poignet. “Electrochemistry: The Basics, With Examples” . Ed. Springer, 2012 4. Journal of The Electrochemical Society use this URL: http://intl.jes.ecsdl.org. 5. Electrochimica Acta use this URL: http://www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta/ 6. Journal of Applied Electrochemistry use this URL: http://www.journals.elsevier.com/electrochimica-acta/ 7. Coeuret F. “Introducción a la ingeniería electroquímica”, Editorial Reverté, 1. ed. (1992). 8. Journal of membrane science use this URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037673881630062X

Nombre del curso	INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
Descripción del curso	La asignatura desarrolla las habilidades necesarias en los alumnos para el diseño e implementación de modelos de gestión de conocimiento de los procesos de innovación en productos y/o servicios, su posterior estrategia de introducción en el mercado, a través de la vigilancia, transferencia y comercialización de tecnología
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir al alumno en los conceptos básicos que permiten desarrollar una planificación estratégica en una empresa. • Introducir al alumno sobre el concepto de la innovación para el desarrollo de un prototipo de producto y/o servicio • Introducir al alumno en los procesos de los diversos métodos del análisis de mercado para los procesos de desarrollo de I+D • Introducir al alumno en los procesos de protección, empaquetamiento y transferencia de las tecnologías desarrolladas
Contenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTRATEGIAS DE NEGOCIOS. Introducción a Planificación Estratégica (conceptos). Análisis del Entorno Competitivo de la Empresa (conceptos). Ventajas Competitivas v/s Ventajas Comparativas. Concepto y Tipos de Estrategias 2. GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN: Introducción al Concepto de Innovación (descripción de tendencias). Tipos de Innovación (conceptualización). Taller de Metodología de Design Thinking (diseño de prototipo de producto o servicio) 3. PROCESOS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA. Concepto de Vigilancia Tecnológica (Técnica). Análisis de Bases de Datos de Publicaciones ISI (Estado de arte). Análisis de Key players (concentración de mercado). Análisis de Base de Datos de Patentes (claims) 4. PROCESOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA. Protección y Secreto Industrial (Estrategias de Patentamiento). Empaquetamiento Tecnológico (procedimientos). Licenciamiento de Tecnología (procedimientos). Joint Venture & Spin Off
Modalidad de evaluación	Las clases serán expositivas de las materias asignadas, considerando trabajos prácticos de aplicación de contenidos en casos o en desarrollo de simulaciones en software específicos. Se realizarán talleres y un trabajo final
Bibliografía	<p>Unidad I</p> <p>1.- Libro de Estrategias de los Océanos Azules (Blue Oceans) http://www.motahar.ac.ir/Files/CourseFiles/89.pdf</p> <p>2.- Apuntes del Curso Estrategias Globales y Organizaciones MIT OpenCourseWare http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-220-global-strategy-and-organization-spring-2012/download-course-materials/</p> <p>Unidad II</p> <p>1.- Institute for Strategy and Competitiveness http://www.isc.hbs.edu/econ-clusters.htm</p> <p>2.- Manual de OSLO http://www.oecd.org/dataoecd/36/0/2367614.pdf</p> <p>3.- Estrategia Nacional de Innovación</p>

<http://biblioteca.cnic.cl/>

4.- Estrategia Regional de Innovación

[http://www.goreantofagasta.cl/attachments/article/1774/ESTRATEGIA%20REGIONAL%20I%20NOVACION%20ANTOFAGASTA%20\(14.12.12\).docx](http://www.goreantofagasta.cl/attachments/article/1774/ESTRATEGIA%20REGIONAL%20I%20NOVACION%20ANTOFAGASTA%20(14.12.12).docx)

5.- Design Thinking

<http://www.designthinkingforeducators.com/design-thinking/>

6.- Apuntes del Curso Gestión de Innovación y el Emprendimiento MIT OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-351-managing-innovation-and-entrepreneurship-spring-2008/download-course-materials/>

Unidad III

1.- ISI Webscience

<http://portal.isiknowledge.com/>

2.- WIPO: Organización Mundial de Propiedad Intelectual (documentación y BD)

<http://www.wipo.int/patentscope/es/>

3.- Prochile: información de Mercados

<http://www.prochile.gob.cl/importadores/seleccion-idiomas/>

Unidad IV

1.- Manual de Propiedad Intelectual de la Universidad de Chile

<http://www.uchile.cl/uchile/download.jsp?document=5096&property=attachment&index=0&content=>

2.- Ley de propiedad Intelectual en Chile (17336)

http://www.editoresdechile.cl/App_Themes/main/file/Ley_17336%5B1%5D.pdf

3.- Apuntes del Curso Patentes, Derecho de Autor y leyes PI MIT OpenCourseWare.

<http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-628j-patents-copyrights-and-the-law-of-intellectual-property-spring-2013/download-course-materials/>

Nombre del curso	PASANTIA INVESTIGACIÓN
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el alumno realizará una estadía de investigación en algún centro/instituto/grupo externo al Programa de Doctorado. Dedicación: 6 créditos transferibles
Objetivos	Fortalecer competencias en desarrollo de investigación del estudiante, complementado su tesis con capacidades disponibles en otros grupos de investigación, y facilitar oportunidades de vinculación nacional/internacional.
Contenidos	- Realizar investigación según Plan de Trabajo acordado con los investigadores del centro o institución a visitar
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica en base al Informe entregado al final de la pasantía.
Bibliografía	Básica: Dependerá del tema a desarrollar en la visita y se especificará en el Plan de Trabajo.
	Recomendada: Dependerá del tema a desarrollar en la visita y se especificará en el Plan de Trabajo.

Nombre del curso	SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación, el estudiante auscultará un posible tema de tesis, trabajando con un profesor perteneciente al claustro del programa Dedicación: 3 créditos transferibles
Objetivos	Aprender a buscar bibliografía para un tema sugerido por el profesor o el propio estudiante y tener una visión preliminar de un posible tema de tesis
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una revisión bibliográfica sobre un tema específico - Analizar la recopilación bibliográfica - Visualizar una problemática a investigar - Proponer posibles objetivos a investigar
Modalidad de evaluación	El Profesor Tutor califica a la asignatura en base al avance del alumno en el tema, ya sea con presentaciones o informes escritos
Bibliografía	Básica: Publicaciones actualizadas y otros documento que dependerá del tema de tesis
	Recomendada: Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. Raimund K., Snachéz V. "La lógica de la investigación científica". Ed. Tecnos (2008) Rodriguez J. M. "Libertad de investigación científica". Revista catalana de dret públic, Issue 44, pp.225-252 (2012)

Nombre del curso	SEMINARIO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA.
Descripción del curso	<p>A través de esta asignatura de investigación, el estudiante participará en cursos y seminarios dictados por expertos nacionales, internacionales y profesionales de una empresa. Actualmente, a través de La Cátedra de Postgrado AMSA-UA, profesionales de AMSA que exponen sobre temáticas de punta en Procesos de Minerales y sobre los desafíos que se presentan en la industria.</p> <p>Van cambiando año a año.</p> <p>Dedicación: 6 créditos transferibles</p>
Objetivos	Relacionarse con la Empresa local y actualizar conocimientos sobre diferentes aspectos de los procesos de minerales.
Contenidos	Cambian año a año. Algunos ejemplos: Lixiviación y Flotación en medio clorurado, oportunidades para la innovación en minería y energía, balances metalúrgicos en Metsim, Fortalecimiento de las capacidades de innovación y emprendimiento de los programas de postgrado de la UA, entre otros.
Modalidad de evaluación	El expositor del curso invitado califica a la asignatura en base, ya sea con presentaciones o informes escritos y el Profesor a cargo de la cátedra coordina y apoya dicha labor.
Bibliografía	<p>Básica:</p> <p>Publicaciones actualizadas y otros documento que dependerá del tema de la Cátedra que varía año a año.</p>
	<p>Recomendada:</p> <p>Publicaciones actualizadas y otros documento que dependerá del tema de la Cátedra que varía año a año.</p>

Nombre del curso	TESIS 1
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el alumno inscribirá e iniciará formalmente el trabajo de Tesis con un profesor perteneciente al claustro del programa Dedicación: 19 créditos transferibles
Objetivos	Definir el tema de tesis y avanzar en la revisión del estado del arte en el tema
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Selección del tema de tesis - Revisión bibliográfica y su discusión - Descripción del problema a investigar - Plantear hipótesis y objetivos - Presentación del formulario de pre-inscripción de la tesis
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica en base al Informe entregado y la exposición del alumno en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Dependerá del tema de tesis
	Recomendada: Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). <i>Metodología de la investigación</i> (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. Raimund K., Snachéz V. "La lógica de la investigación científica". Ed. Tecnos (2008) Rodríguez J. M. "Libertad de investigación científica". Revista catalana de dret públic, Issue 44, pp.225-252 (2012)

Nombre del curso	TESIS 2
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el alumno escribirá la presentación de su proyecto de tesis para dar el Examen de Calificación Dedicación: 24 créditos transferibles
Objetivos	Avanzar en el desarrollo de la tesis elegida para rendir el Examen de Calificación
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización de la revisión bibliográfica - Descripción de los materiales y métodos - Avance en desarrollo teórico o experimental. Presentación en Seminario de tesis ante profesores y alumnos
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica la asignatura en base al avance del alumno y a la exposición del alumno en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Dependerá del tema de tesis
	Recomendada: Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). <i>Metodología de la investigación</i> (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. Raimund K., Snachéz V. "La lógica de la investigación científica". Ed. Tecnos (2008) Rodriguez J. M. "Libertad de investigación científica". Revista catalana de dret públic, Issue 44, pp.225-252 (2012)

Nombre del curso	TESIS 3
Descripción del curso	A través de este curso el alumno continuará el avance de su tesis y rendirá el Examen de Calificación Dedicación: 24 créditos transferibles
Objetivos	Alcanzar un avance en el desarrollo de la tesis que permita rendir el examen de calificación
Contenidos	-Trabajo en desarrollo de experiencias y/o desarrollo teórico según tesis - Redacción del proyecto de tesis - Rendir el Examen de Calificación
Modalidad de evaluación	Nota del examen de calificación ante una comisión evaluadora según reglamento del programa
Bibliografía	Básica: Depende del tema de tesis
	Recomendada:

Nombre del curso	TESIS 4
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el estudiante continuará el avance de su tesis Dedicación: 30 créditos transferibles
Objetivos	Avanzar en el desarrollo de la tesis
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Avance en el desarrollo de experiencias y/o desarrollo teórico según tesis. - Actualización bibliográfica. - Informe de avance y exposición en Seminario de Tesis
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica la asignatura en base al avance del alumno y a la exposición del estudiante en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Depende del tema de tesis
	Recomendada:

Nombre del curso	TESIS 5
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el estudiante continuará el avance de su tesis Dedicación: 30 créditos transferibles
Objetivos	Avance en el desarrollo de la tesis
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Avance en el desarrollo de tópicos de la tesis y actualización de la discusión bibliográfica. - Preparación de trabajos para presentación en congreso. - Informe de avance y exposición en Seminario de Tesis
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica la asignatura en base al trabajo realizado y a la exposición del alumno en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Depende del tema de tesis
	Recomendada:

Nombre del curso	TESIS 6
Descripción del curso	A través de esta asignatura de investigación el estudiante continuará el desarrollo de su tesis Dedicación: 30 créditos transferibles
Objetivos	Avance en el desarrollo de la tesis
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Avance en tópicos de la tesis - Actualización bibliográfica y discusión. - Avances en redacción de artículos y redacción de la tesis. - Exposición en Seminario de Tesis
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica la asignatura en base al trabajo realizado y a la exposición del alumno en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Depende del tema de tesis
	Recomendada:

Nombre del curso	TESIS 7
Descripción del curso	Esta asignatura de investigación corresponde a la etapa de término de tesis. Al final de esta asignatura y con la revisión y aprobación de parte del profesor Guía se entregará un ejemplar electrónico y tres ejemplares en papel de la tesis para rendir el examen de grado. Dedicación: 30 créditos transferibles
Objetivos	Redactar y entregar la tesis
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - última actualización y discusión bibliográfica - Finalización del desarrollo de experiencias y/o desarrollo teórico - Redacción de la tesis y su entrega para rendir Examen de Grado
Modalidad de evaluación	El Profesor Guía califica la asignatura en base al trabajo realizado y a la exposición del alumno en el Seminario de Tesis que organiza la dirección del doctorado.
Bibliografía	Básica: Depende del tema de tesis
	Recomendada: