



CATÁLISIS

- 1.- **Carreras:** Ingeniería Química con orientaciones: Petroquímica y/o Medio Ambiente
- 2.- **Año de Vigencia:** 2012
- 3.- **Carga Horaria:** 90 horas
- 4.- **Equipo de cátedra:**

Profesor Titular: Laura Elizabeth Najar
Ingeniera en Petroquímica y Mineralurgia
Especialista en Ingeniería Ambiental

Jefe de Trabajos Prácticos: Adriana Beatriz Guajardo
Ingeniera en Petroquímica y Mineralurgia
MSc en Gestión Ambiental

Ayudante de Trabajos Prácticos: Vanesa Garcia
Ingeniera Química

5 - Objetivos del Espacio Curricular.

- Identificar el fenómeno catalítico, tanto a nivel microscópico como macroscópico.
- Establecer la importancia de los conceptos de Catálisis homogénea y heterogénea, en la industria química actual.
- Adquirir conocimientos del concepto de catálisis química heterogénea y su relación con los fenómenos de adsorción-desorción superficial y de difusión, así como del desarrollo de los modelos de difusión-reacción.
- Desarrollar los conceptos básicos de cinética química y fenómenos de transporte que conforman la cinética de las reacciones catalíticas heterogéneas.
- Adquirir conocimientos acerca del fenómeno de desactivación de catalizadores y el modelado de los procesos con desactivación.
- Definir las ecuaciones de diseño de un reactor catalítico en los procesos específicos



6.- Contenidos a desarrollar en el Espacio Curricular

UNIDAD TEMÁTICA	Bibliografía
<p>Nº 1 - REACCIONES CATALÍTICAS – CATÁLISIS HOMOGÉNEA</p> <p>1.1 Fundamentos de catálisis. Catalizadores. Naturaleza y mecanismos.</p> <p>1.2 Catálisis enzimática: Generalidades. Inhibidores de enzimas</p> <p>1.3 Catálisis homogénea. Catálisis en fase gaseosa.</p> <p>1.4 Catálisis en fase líquida: Esterificación e hidrólisis de ésteres..</p> <p>1.5 Catálisis ácido – base: Generalidades. Esterificación de ácidos y alcoholes. Halogenación en grupos carbonilos. Saponificación de ésteres..</p> <p>1.6 Polimerización de olefinas. Inversión de azúcares. Mutarrotación de la glucosa. Disociación del peróxido de hidrógeno.</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">• BREWSTER, R. Q; McEWEN, W.E., Química Orgánica, Ed. Prentice Hall, 1996.• MORRISON, R. T.; BOYD, R. N.. “Química Orgánica”. Ed: Addison – Wesley.• LEVENSPIEL, O. El Omnilibro de los reactores químicos. Ed Reveté 1986• NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO• GONZALEZ VELASCO, J.R.; GONZALEZ MARCOS, J.A.; GONZALEZ MARCOS, M.P. ; GUTIERREZ ORTIZ. J.I. ; GUTIERREZ ORTIZ, M.A. ; Cinética Química Aplicada. Editorial Síntesis.1999 <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">• FROMENT,G. BISCHOFF,K. Chemical reactor analysis and design. Wiley Series in Chemical Engineering.• RASE, H. Chemical reactor design for Process plants. Vol. 1 y 2. Ed. Wiley. 1977.• Publicaciones técnicas: Hidrocarbon Processing ; Chemical Engineering; Ingeniería Química
<p>Nº 2 - REACCIONES CATALÍTICAS – CATÁLISIS HETEROGÉNEA</p> <p>2.1 Cinética de catálisis fluído-sólido. Etapas físico-químicas en una reacción catalítica heterogénea. Adsorción en superficies sólidas: Fisorción y Quimisorción.</p> <p>2.2 Isotermas de adsorción Tipos de adsorción: el modelo de Langmuir. Modelo de adsorción física. Tipos de isotermas de fisorción.</p> <p>2.3 Teoría de la adsorción en multicapas: Teoría de B.E.T. Otras Isotermas. Relevancia de la quimisorción en catálisis. Cinética y equilibrio de la quimisorción</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">• SCOTT FOGLER, H. Elementos de Ingeniería de la Reacciones Químicas, Ed. Prentice Hall , 2001• LEVENSPIEL, O. Ingeniería de la reacciones químicas-Ed. Reverté 1974.• SMITH J.M. Ingeniería de la cinética química CECSA, 1986.• NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">• WALAS.S.N. Cinética de las reacciones químicas. Aguilar 1965• HILLAR,S.;CASTRO, A.; RAUSEI,D.; Procesos Unitarios. Dpto. Impresiones y Publicaciones F.I.Q., UNL. 1983• HOUGEN Y WATSON. Principio de los procesos químicos.-Tomo III, Cinética y catálisis. Ed. Géminis 1977.• GUERASIMOV, YA. Y OTROS, Curso de Química Física. Ed.MIR 1977



	<ul style="list-style-type: none"> • CUNNINGHAM, R.E.; LOMBARDI, L.; Fundamentos de Diseño de Reactores. Tomo I y II. EUDEBA. 1978 • CARBERRY, J. Cinética de la Reac. Qcas y Catalíticas. Ed. Géminis. 1963 • GONZALEZ VELASCO, J.R.; GONZALEZ MARCOS, J.A.; GONZALEZ MARCOS, M.P. ; GUTIERREZ ORTIZ. J.I. ; GUTIERREZ ORTIZ, M.A. ; Cinética Química Aplicada. Editorial Síntesis. 1999
<p>Nº 3: CATALIZADORES: PROPIEDADES Y CLASIFICACIÓN</p> <p>3.1 Propiedades físicas de los catalizadores y de los lechos catalíticos. Determinación del área superficial. Volumen de huecos y densidad de sólidos. Distribución del volumen de poros. Método de penetración de mercurio. Método de desorción del nitrógeno.</p> <p>3.2 Clasificación de catalizadores. Preparación. Promotores. inhibidores. Regeneración. Pérdida de actividad.</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SCOTT FOGLER, H. Elementos de Ingeniería de la Reacciones Químicas, Ed. Prentice Hall , 2001 • LEVENSPIEL, O. Ingeniería de la reacciones químicas-Ed. Reverté 1974. • SMITH J..M. Ingeniería de la cinética química CECSA, 1986. • NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • WALAS.S.N. Cinética de las reacciones químicas. Aguilar 1965 • HOUGEN Y WATSON. Principio de los procesos químicos.-Tomo III, Cinética y catálisis. Ed. Géminis 1977. • GUERASIMOV, YA. Y OTROS, Curso de Química Física. Ed.MIR 1977 • CUNNINGHAM, R.E.; LOMBARDI, L.; Fundamentos de Diseño de Reactores. Tomo I y II. EUDEBA. 1978 • CARBERRY, J. Cinética de la Reac. Qcas y Catalíticas. Ed. Géminis. 1963 • HILLAR, S.; CASTRO, A.; RAUSEI, D.; Procesos Unitarios. Dpto. Impresiones y Publicaciones F.I.Q., UNL. 1983 • Publicaciones técnicas: Hidrocarbon Processing ; Chemical Engineering; Ingeniería Química
<p>Nº 4: CINÉTICA DE REACCIONES CATALÍTICAS</p> <p>4.1 Modelos cinéticos de reacciones catalíticas tipos de controles. Modelo de Huogen y Watson. Otros modelos.</p> <p>4.2 Reacciones catalizadas por sólidos.</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SCOTT FOGLER, H. Elementos de Ingeniería de la Reacciones Químicas, Ed. Prentice Hall , 2001 • LEVENSPIEL, O. Ingeniería de la reacciones químicas-Ed. Reverté 1974. • SMITH J..M. Ingeniería de la cinética química CECSA, 1986.



<p>Ecuación cinética:</p> <p>4.3 Interpretación de datos cinéticos Etapas físicas y etapas químicas. Análisis cualitativo de ecuaciones y datos cinéticos. Transferencia ínterpartícula. Módulo de Thiele. Números adimensionales característicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO ▪ Complementaria: • CUNNINGHAM, R.E.; LOMBARDI, L.; Fundamentos de Diseño de Reactores. Tomo I y II. EUDEBA. 1978 • CARBERRY, J. Cinética de la Reac. Qcas y Catalíticas. Ed. Géminis. 1963 • LEVENSPIEL, O. El Omnilibro de los reactores químicos. Ed Reveté 1986 • FROMENT, G. BISCHOFF, K. Chemical reactor analysis and design. Wiley Series in Chemical Engineering. • RASE, H. Chemical reactor design for Process plants. Vol. 1 y 2. Ed. Wiley. 1977 • Publicaciones técnicas: Hidrocarbon Processing ; Chemical Engineering; Ingeniería Química
<p>Nº 5. REACTORES CATALÍTICOS - TRANSPORTE EXTERNO E INTERNO DE CALOR Y MASA</p> <p>5.1 Transporte interno y externo de calor y masa en catalizadores porosos. Efectos de los procesos físicos sobre las velocidades de reacción globales. Correlaciones de transferencia de calor y masa. Cálculo de la diferencias de concentración - temperatura. Factor de efectividad.</p> <p>5.2 Control difusional y velocidad de reacción. Caso isotérmico. Factor de efectividad en casos no isotérmicos.</p> <p>5.3 Control difusional y selectividad. Reacciones independientes, paralelas y consecutivas.</p> <p>5.4 Transporte de masa y calor en el exterior de catalizadores sólidos. Factores de efectividad externos.</p> <p>5.5 interacción entre el transporte interno de calor y masa. Factor de efectividad. Caso isotérmico y no isotérmico.</p> <p>5.6- Factores de efectividad. Selectividad y envenenamiento de los catalizadores</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SCOTT FOGLER, H. Elementos de Ingeniería de la Reacciones Químicas, Ed. Prentice Hall , 2001 • LEVENSPIEL, O. Ingeniería de la reacciones químicas-Ed. Reverté 1974. • SMITH J..M. Ingeniería de la cinética química CECSA, 1986. • NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SHERWOOD, T.; PIGFORD, R.; WILKE, CH.; Transferencia de Masa. Ed. Géminis. 1979. • HINES, A; MADDOX, R.; Transferencia de masa, Fundamento y aplicaciones , Ed Prentice Hall. • CUNNINGHAM, R.E.; LOMBARDI, L.; Fundamentos de Diseño de Reactores. Tomo I y II. EUDEBA. 1978 • CARBERRY, J. Cinética de la Reac. Qcas y Catalíticas. Ed. Géminis. 1963 • LEVENSPIEL, O. El Omnilibro de los reactores químicos. Ed Reveté 1986 • FROMENT, G. BISCHOFF, K. Chemical reactor analysis and design. Wiley Series in Chemical Engineering. • RASE, H. Chemical reactor design for Process plants. Vol. 1 y 2. Ed. Wiley. 1977 • Publicaciones técnicas: Hidrocarbon Processing ; Chemical Engineering; Ingeniería Química •
<p>Nº 6. DISEÑO DE REACTORES</p>	



<p align="center">CATALITICOS</p> <p>6.1 - Transferencia intrapartícula.</p> <p>6.2. Pérdida de actividad en catalizadores. Factores de efectividad. Selectividad y envenenamiento de los catalizadores. Regeneración del Catalizador</p> <p>6.3. Reactores de laboratorio: homogéneos y heterogéneos. Interpretación de datos cinéticos. Ecuación cinética</p> <p>6.4 Reactores de lecho fijo, fluidizado, de suspensión y percolador. Correlaciones de transporte de calor y masa. Construcción y operación. Modelos. Diseño</p>	<p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SCOTT FOGLER, H. Elementos de Ingeniería de la Reacciones Químicas, Ed. Prentice Hall , 2001 • LEVENSPIEL, O. Ingeniería de la reacciones químicas-Ed. Reverté 1974. • SMITH J..M. Ingeniería de la cinética química CECSA, 1986. • NAJAR, LAURA, Recopilación apuntes de Cátedra Catálisis – 2012, FCAI, UNCUYO <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CUNNINGHAM, R.E.; LOMBARDI, L.; Fundamentos de Diseño de Reactores. Tomo I y II. EUDEBA. 1978 • CARBERRY, J. Cinética de la Reac. Qcas y Catalíticas. Ed. Géminis. 1963 • LEVENSPIEL, O. El Omnilibro de los reactores químicos. Ed. Reverté 1986 • Publicaciones técnicas: Hidrocarbon Processing ; Chemical Engineering; Ingeniería Química
---	---

7. Descripción de Actividades de aprendizaje.

Las Clases teóricas se desarrollan en forma expositivas-participativas. con utilización de materiales y recursos como pizarrón, transparencias, análisis de bibliografía, catálogos de equipos y revistas de divulgación científica. Aplicación de Investigación bibliográfica con temáticas específicas.

Resolución de problemas abiertos con aplicación a industrias químicas de las orientaciones.

Las actividades de aprendizaje se organizaron tomando en cuenta los contenidos de las correspondientes unidades y las sugerencias del equipo de cátedra y las expresadas por los alumnos en relación a los diferentes contenidos. Estas actividades consistieron en clases teóricas participativas, prácticas de aula, investigaciones bibliográficas y en internet, entre otras.

Nº DEL TRABAJO	TEMA
1: Investigación Bibliográfica	Reacciones homogéneas: en fase gaseosas y enzimáticas
2 : Investigación Bibliográfica	Preparación de catalizadores
3: Investigación Bibliográfica	Ecuaciones cinéticas
4: Investigación Bibliográfica	Perdida de actividad
5: Investigación Bibliográfica	Reactores catalíticos

8. Descripción de Actividades de Investigación de la Cátedra

NOMBRE LA ACTIVIDAD	DURACIÓN	REQUISITOS PARA LA PARTICIPACIÓN DE LOS ESTUDIANTES
1) Diseño de reactor a escala Piloto 2) Determinaciones experimentales en laboratorio	2011-2013	Alumnos avanzados



9. Procesos de intervención pedagógica.

Esta asignatura corresponde al Bloque de Tecnologías Aplicadas y con su dictado se pretende que los alumnos logren:

- Aprender estrategias de análisis y de optimización de procesos.
- Interpretar y aplicar las bases cinéticas necesarias para la especificación; operación e introducción al diseño de reactores.
- Comprender, analizar y calcular equipos para llevar a cabo reacciones químicas de generación de productos químicos.

Corresponde al orden N° 22 y se dicta en el primer semestre de Cuarto año de la carrera de Ingeniería Química de las tres Especializaciones: en Petroquímica, Mineralurgia y Medio Ambiente. Se bien el cursado es común a las especializaciones las actividades prácticas y la resolución del Problemas se orienta a la especialización de cada alumno.

Según el régimen de correlatividades el alumno para cursarla tiene que tener cursados y regularizados los contenidos de: Balance y Fenómenos de Transporte, Físicoquímica y Tecnología del Calor; y aprobada: Termodinámica. Para rendir tiene que tener aprobadas: Balance y Fenómenos de Transporte, Físicoquímica y Tecnología del Calor.

Actividades Teóricas:

Clases teóricas expositivas-participativas. con utilización de materiales y recursos como pizarrón, transparencias, proyecciones de imágenes, catálogos de equipos y revistas de divulgación científica. Aplicación de Investigación bibliográfica con temáticas específicas. Resolución de problemas abiertos.

Actividades Prácticas:

Prácticos de Aula con explicación de las situaciones problemáticas y aplicaciones propuestas para el alumno, resolución con utilización de planillas de calculo (MS Excel). Simulación de reacciones químicas y procesos, con análisis de respuestas a cambios de parámetros de diseño.

Trabajos Prácticos de Aula y Laboratorio:

- TP N°1: Catálisis Enzimática
- TP N°2: Catálisis Ácido Base
- TP N°3: Catálisis Heterogénea. Propiedades Físicas.
- TP Lab. N° 1: Acción comparativa de las enzimas y catalizadores no biológicos.
- TP N°4: Catálisis Heterogénea. Isotermas de Adsorción.
- TP Lab. N° 2: Adsorción de Acido Acético en Carbón Activado- Isoterma de Langmuir.
- TP N°5: Desactivación de Catalizadores
- TP N°6: Diseño de Reactores Catalíticos
- TP N°7: Cinética de difusión en los poros: Etapas controlantes.

10. Organización por comisiones

	Teóricas	Actividades Áulicas	Tareas de Campo
cantidad e comisiones	10	De Investigación De resolución De Desarrollo experimental	
cantidad de alumnos por comisión	2 a 3	-----	total



11. Condiciones de regularización:

- Asistencia al 75 % de las actividades teóricas.
- Asistencia 90.% de las actividades prácticas.
- Aprobación de las presentaciones de investigación teórico-prácticas

12. Evaluación

La evaluación corresponde a procesos que tienen en cuenta las actividades planificadas durante el cursado y la instancia de examen final, por lo que la calificación final se emitirá con base en una evaluación continua en la que se tienen en cuenta los siguientes ítem:

- Actividades en las clases participativas.
- Resultados de exámenes parciales.
- Presentación escrita de informes de investigación y de prácticos de aula, en tiempo y en forma.
- Discusión y análisis de las investigaciones realizadas.
- Evaluación teórico - práctica a través de un parcial Teórico- Práctico y dos parciales prácticos. (con el correspondiente recuperatorio)
- La regularidad se completa con el 75% de asistencia, carpeta de trabajos prácticos aprobada y aprobado el correspondiente parcial.
- Examen final en el cual se evalúa la parte práctica, en la que el alumno resuelve ejercicios y si aprueba dicha instancia rinde el examen final oral de la parte teórica.

13. Temporalización de las Actividades

Actividades teóricas	Fecha
UT N° 1	01- 08 al 17 - 08
UT N° 2	17- 08 al 24-08
UT N° 3	24-08 al 14- 09
UT N° 4	14-09 al 04-10
UT N° 5	04-10 al 18-10
UT N° 6	18-10 al 02-11

Actividades prácticas	Fecha
TP N°1: Catálisis Enzimática	7 de agosto
TP N°2: Catálisis Ácido Base	14 de agosto
TP N°3: Catálisis Heterogénea. Propiedades Físicas.	21 y 28 de agosto
TP Lab. N° 1: Acción comparativa de las enzimas y catalizadores no biológicos.	4 de setiembre
TP N°4: Catálisis Heterogénea. Isotermas de Adsorción.	11 y 18 de setiembre
TP Lab. N° 2: Adsorción de Acido Acético en Carbón Activado- Isoterma de Langmuir.	2 de octubre
TP N°5: Desactivación de Catalizadores	9 y 16 de octubre
TP N°6: Diseño de Reactores Catalíticos	23 de octubre
TP N°7: Cinética de difusión en los poros: Etapas controlantes.	30 de octubre



14. Distribución de la carga horaria.

Actividades	Horas
1. Teóricas	55
2. Apoyo teórico (incluye trabajos prácticos de aula)	20
3. Trabajo investigación	3
4. Experimentales (Laboratorio)	10
5. Resolución de Problemas de Ingeniería (sólo incluye Problemas Abiertos)	2
Total de Horas de la Actividad Curricular	90