



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

**Ingeniería de Reactores I**

**(clave 1642)**

Noviembre / 2024

## **AL ESTUDIANTE:**

En esta guía para el examen extraordinario de la asignatura Ingeniería de Reactores I clave 1642, encontrará una recopilación de las secciones de las principales referencias bibliográficas que corresponden a los temas presentes en el programa de la asignatura para el plan de estudios vigente.

Este documento no pretende sustituir a los cursos impartidos en la Facultad, sólo pretende ser una guía para que el estudiante recurra a las referencias más importantes del curso. Debido a la naturaleza de la materia se recomienda que el estudiantado realice los ejercicios propuestos en las referencias proporcionadas.

Antes de revisar esta guía conviene recordar que el estudio es una responsabilidad personal, a veces puede parecer una tarea difícil, pero es una labor valiosa para su futuro. Siendo conscientes de lo que significa ser estudiantes pueden tener las siguientes ventajas:

1. *Empoderamiento Personal:* Cuando toman la responsabilidad de su propio estudio, se empoderan. Ustedes tienen el control de su aprendizaje y eso les da una gran satisfacción y confianza en ustedes mismos.
2. *Preparación para la Vida Real:* En la vida, muchas veces tendrán que aprender cosas nuevas por su cuenta. Desarrollar esta habilidad ahora los preparará para enfrentar desafíos futuros con mayor facilidad.
3. *Mejores Resultados:* Cuando se comprometen personalmente con su estudio, los resultados mejoran. No solo porque estudian más, sino porque lo hacen con más interés y dedicación.
4. *Desarrollo de Habilidades Clave:* La responsabilidad personal en el estudio les ayuda a desarrollar habilidades importantes como la autodisciplina, la gestión del tiempo y la capacidad de resolver problemas de manera independiente.
5. *Motivación y Satisfacción:* Ver cómo sus esfuerzos personales se traducen en éxitos académicos es increíblemente motivador. Cada logro es una prueba de su capacidad y esfuerzo.

Recuerden, el estudio no es solo una obligación, es una oportunidad para crecer y convertirse en la mejor versión de ustedes mismos. ¡Ustedes tienen el poder de hacer una gran diferencia en su propio futuro!

Ahora pasemos a la guía de estudio.

### **Guía de Estudio para Exámenes Extraordinarios realizada por miembros del claustro que imparten la asignatura**

En las siguientes secciones utilizaremos tres libros básicos:

1. Smith, J. M., *Ingeniería de la Cinética Química*, 3<sup>a</sup>. Edición, México, Compañía Editorial Continental, 1986.
2. Levenspiel, O., *Ingeniería de las Reacciones Químicas*, 3<sup>ra</sup> Edición, Limusa-Wiley, 2004.

Se tiene el conocimiento que la versión de libro de texto que se tiene en la biblioteca de la Facultad de Química, UNAM es:

3. Fogler, S., *Elements of Chemical reaction Engineering.*, Fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

Por lo que en la presente guía al hablar del libro de Fogler nos referiremos a esta edición

#### **Tema I Importancia del Reactor Químico en los procesos de transformación**

##### **1.1 Papel fundamental del reactor en un proceso.**

##### **1.2 Naturaleza del problema del diseño del reactor químico: necesidad del trabajo experimental a escalas laboratorio y piloto.**

Smith, J. M., *Ingeniería de la Cinética Química*:

- Capítulo 1: Introducción
- Sección 1.5: Clasificación de reactores.
- Sección 1.2 Cinética química
- Sección 1.3 Cinética y termodinámica
- Sección 1.4 Termodinámica de las reacciones químicas.

Levenspiel, O., Ingeniería de las Reacciones Químicas:

- Capítulo 1: ingeniería de las reacciones químicas.

**Tema II. Conceptos básicos de cinética química, catálisis homogénea y termodinámica**

**2.1 Conceptos de rapidez de reacción**

**2.2  $\Delta H$  reacción, equilibrio termodinámico**

**2.3 Conceptos de catálisis homogénea**

Smith, J. M., Ingeniería de la Cinética Química:

- Capítulo 2: Cinética química
- Sección 2.1: fundamentos de ecuaciones de velocidad
- Sección 2.3 efecto de la temperatura -ecuación de Arrhenius

Levenspiel, O., Ingeniería de las Reacciones Químicas:

- Capítulo 2 cinética de las reacciones homogéneas.
- Conceptos de rapidez de reacción
- 2.1 Término dependiente de la temperatura en la ecuación cinética
- Capítulo 9 efectos de la presión y la temperatura. (pág. 207)
- Sección 9.1 reacciones sencillas (pág. 207)  
Calores de reacción a partir de la termodinámica (pág. 207)  
Constantes de equilibrio a partir de la termodinámica (pág. 210)

Fogler, S., Elements of Chemical reaction Engineering., fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

- Chapter 3. Rate Law  
Section 3.2.3 The reaction Order and Rate Law.  
Section 3.3 Rates and the Reaction Rate Constant  
Section 3.3.2 The Arrhenius Plot

### **Tema III. Establecimiento de los modelos de reactores químicos ideales**

**3.1 Establecimiento del balance de materia generalizado de un sistema con generación. Obtención de las ecuaciones de balance de materia para los reactores intermitentes, semi intermitente, tanque agitado, cascada de tanques y tubular.**

**3.2 Establecimiento del balance de energía generalizado de un sistema con generación. Obtención de las ecuaciones de balance de energía para los reactores intermitente, tanque agitado, cascada de tanques y tubular.**

**3.3 Análisis comparativo entre los diferentes tipos de reactor en base a los balances de materia y energía.**

J. M. Smith, 3ª Edición,

- Capítulo 3: Fundamentos de diseño y ecuaciones de conservación de la masa para reactores ideales
  - Sección 3.1 Obtención de las ecuaciones de balance de materia para los reactores intermitentes, mezcla completa (CSTR) y tubular (PFR)
  - Sección 3-2: Conservación de la masa en los reactores (pág. 135)
  - Sección 3-3: Reactor ideal de tanque con agitación (CSTR) (pág. 139)
  - Sección 3-4: Reactor ideal de flujo tubular (PFR) (pág. 143)

Estas secciones te proporcionarán las ecuaciones y fundamentos necesarios para los balances de materia y energía en los diferentes tipos de reactores

Octave Levenspiel, 3ª Edición, Wiley, 2004, en las siguientes secciones:

3.1 Obtención de las ecuaciones de balance de materia para los reactores intermitentes, mezcla completa (CSTR) y tubular (PFR)

3.2 Obtención del balance de energía generalizado de un sistema con reacción. Obtención de las ecuaciones de balance de energía para los reactores intermitente, de mezcla completa (CSTR) y tubular (PFR)

- Capítulo 4: Introducción al diseño de reactores
  - Sección 4.1: Discusión general (pág. 83)
- Capítulo 9: Efectos de la presión y temperatura.

Calores de reacción a partir de la termodinámica (pág. 207)

Constantes de equilibrio a partir de la termodinámica (pág. 210)

Operaciones adiabáticas (pág. 220)

Fogler, S., Elements of Chemical reaction Engineering., Fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

- Capítulo 2: Conversion and Reactor Sizing
  - Section 2.2. Batch reactor design equation (pág. 32)
  - Section 2.3 Design Equations for Flow Reactors
    - 2.3.1 CSTR Design Equations for Flow Reactors
    - 2.3.2 Tubular Flow Reactor (PFR) (pág. 36)
  - Section 2.4 Sizing Continuous-Flow Reactors

#### **TEMA IV. Reactor Intermitente**

**4.1 Dimensionamiento del equipo en base a la producción y rendimientos requeridos. Operación isotérmica.**

**4.2 Dimensionamiento del equipo en base de una secuencia de operación no isotérmica y supeditada a una producción requerida.**

J. M. Smith, 3ª Edición,

- Capítulo 4: Reactores isotérmicos para reacciones homogéneas
  - Sección 4-1: Procedimiento de diseño-reactores intermitentes (pág. 166).
- Capítulo 5: Reactores no isotérmicos (pág. 261)
  - Sección 5.2 Reactores por lotes (pág. 266)

Octave Levenspiel, 3ª Edición, Wiley, 2004.:

- Capítulo 5: Reactores ideales para una sola reacción
  - Sección 5.1. Reactores intermitentes ideales (pág. 91)

Fogler, S., Elements of Chemical reaction Engineering., fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

- Capítulo 5: Isothermal Reactor Design: Conversion
  - Section 5.2. Batch reactor (BRs) (pág. 144).
  - Section 2.3 Design Equations for Flow Reactors (pág. 35)
    - Section 2.3.1 CSTR (Also Known as a Backmix Reactor or a Vat) (pág. 36)
  - Section 2.4 Sizing Continuous-Flow Reactors

## **TEMA V. Reactor Continuo Agitado Ideal**

### **5.1 Dimensionamiento del equipo**

### **5.2 Análisis de la sensibilidad de parámetros**

### **5.3 Estudio del arreglo de tanques agitados en serie**

### **5.4 Análisis comparativo del comportamiento de un tanque y una serie de tanques.**

### **5.5 Ventajas y desventajas del empleo de este tipo de reactor**

J. M. Smith, 3ª Edición,

- Sección 3-3: Reactor ideal de tanque con agitación (CSTR) (pág. 139)
- Capítulo 4. Reactores isotérmicos para reacciones homogéneas.
- Sección 4-5: Reactores de un solo tanque con agitación (CSTR) (pág. 209).
- Capítulo 5: Reactores no isotérmicos (pág. 261)
    - Sección 5.2 Reactores continuos de tanque con agitación (pág. 288)

Octave Levenspiel, 3ª Edición, Wiley, 2004.:

- Capítulo 5: Reactores ideales para una sola reacción
  - Sección 5.2 Reactores de tanque agitado en estado estacionario (pág. 94)

Fogler, S., Elements of Chemical reaction Engineering., fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

- Capítulo 5: Isothermal Reactor Design: Conversion
  - Sección 5.3. Continuous Stirred Tank reactors (CSTRs)) (pág. 152)

## **Tema VI. Reactor Tubular Ideal**

### **6.1 Dimensionamiento del equipo**

### **6.2 Efecto de la transferencia de calor con el exterior sobre el comportamiento del reactor.**

### **6.3 Análisis comparativo del comportamiento del reactor tubular, un tanque agitado y una serie de tanques.**

### **6.4 Ventajas y desventajas del empleo del reactor tubular.**

### **6.5 Criterios de selección de los tipos de reactores químicos.**

J. M. Smith, 3ª Edición.

- Capítulo 4. Reactores isotérmicos para reacciones homogéneas



Sección 4-4: Procedimiento de diseño-reactores de flujo tubular (PFR) (pág. 196)

- Capítulo 5: Reactores no isotérmicos (pág. 261)

Sección 5.2 Reactores de flujo tubular (pág. 276)

Octave Levenspiel, 3ª Edición, Wiley, 2004.:

- Capítulo 4: Introducción al diseño de reactores
  - Sección 4.1: Discusión general (pág. 83)
  - Sección 5.3: Reactores de flujo pistón en estado estacionario (pág. 101)

Fogler, S., Elements of Chemical Reaction Engineering., Fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

- Capítulo 2: Conversion and Reactor Sizing
  - Sección 2.3 Design Equations for Flow Reactors (pág. 35)

Dimensionamiento del equipo

- Capítulo 2: Conversion and Reactor Sizing (pág. 31).
- Capítulo 5: Isothermal Reactor Design: Conversion
  - Sección 5.4. Tubular Reactors (pág. 162)
- Capítulo.11: *Nonisothermal Reactor Design. The Steady-State Energy, Balance and Adiabatic, PFR Applications* (pág. 493).
  - Section 11.2 Energy Balance (pág. 465)
  - Section 11.4 Adiabatic Operation
  - Section 11.5 Adiabatic Equilibrium Conversion

## **TEMA VII. Desviaciones del comportamiento ideal**

### **7.1 Conceptos de macro y micromezclado**

### **7.2 Distribución de tiempos de residencia, estudio por medios de métodos estímulo respuesta**

### **7.3 Modelos de distribución de tiempos de residencia**

J. M. Smith, 3ª Edición,

Capítulo 6. Desviaciones al comportamiento ideal de los reactores (pág. 317)

Estas secciones te proporcionarán las ecuaciones y fundamentos necesarios para los balances de materia y energía en los diferentes tipos de reactores. Si necesitas más detalles específicos o ejemplos, te recomiendo revisar los problemas y ejemplos prácticos que se encuentran al final de cada capítulo.

Fogler, S., Elements of Chemical reaction Engineering., fifth. Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2016

### 7.1 Conceptos de macro y micromezclado

- Capítulo 16. Residence time distribution of chemical reactor (pág. 767)
  - Sección 16.1: General considerations (pág. 767)

### 7.2 Distribución de tiempos de residencia, estudio por medios de métodos estímulo-respuesta

- Section 16.1.1: Residence Time Distribution (RTD) Function (pág. 769)
- Sección 16.2: Measurement of the RTD ((pág. 770)
- Section 16.3 Characteristics of the RTD (pág. 777)

- Capítulo 13: Nonideal Reactors
  - Sección 16.4 RTD in Ideal reactors (pág. 794)
  - Sección 16.4.1: RTD in Batch and Plug reactors (pág. 794)
  - Sección 16.4.2 Single CSTR-RTD (pág. 785)
  - Sección 16.5 PFR/CSTR Series RTD (pág. 789)
  - Simple Diagnostics and troubleshooting Using RTD for Ideal reactors

Octave Levenspiel, 3ª Edición, Wiley, 2004.:

- Capítulo 11: Conceptos básicos de flujo no ideal (pág. 257)
- Capítulo 13: El modelo de dispersión
  - Sección 13.1 Dispersión axial (pág. 293)
  - Sección 13.3 Reacción Química y Dispersión (pág. 312)
- Capítulo 14: El Modelo de Tanques en Serie
  - Sección 14.1 Experimentos de estímulo-respuesta y la RTD (pág. 321)