



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

**Dinámica y Control de Procesos**

**(clave 1819)**

Noviembre / 2024

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

La siguiente información presenta un resumen de contenidos bibliográficos para el estudio del curso “Dinámica y Control de Procesos”. Se considera que la información presentada en esta guía es únicamente una base de referencia, por lo que se invita al estudiante a aprovechar este conocimiento básico y complementar por su cuenta con referencias y ejercicios adicionales.

### **BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

Los siguientes libros fueron escogidos como fuente principal para esta guía:

[1] Stephanopoulos, George. *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*, Prentice Hall, 1984

[2] Babatunde A. Ogunnaike & W. Harmon Ray. *Process Dynamics Modeling and Control*, Oxford University Press, 1994.

### **TEMARIO**

#### **1. INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA Y CONTROL DE PROCESOS QUÍMICOS**

- 1.1. Introducción
- 1.2. Clasificación de las variables de un proceso
- 1.3. Filosofías básicas de control

#### **2. TIPOS DE MODELOS MATEMÁTICOS EN INGENIERÍA QUÍMICA**

- 2.1. Bases para el desarrollo de modelos dinámicos
- 2.2. Las ecuaciones de conservación en la formulación de modelos dinámicos.

#### **3. ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE PROCESOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y EN EL DOMINIO DE LAPLACE**

- 3.1. Clasificación de las ecuaciones dinámicas
- 3.2. Perturbaciones en los procesos químicos
- 3.3. Linealización de sistemas dinámicos no lineales

- 3.4. Variables de desviación y funciones de transferencia
- 3.5. Respuesta dinámica de sistemas de primer orden
- 3.6. Respuesta dinámica de sistemas de segundo orden
- 3.7. Sistemas dinámicos interactuantes y no interactuantes
- 3.8. Respuesta dinámica de sistemas de orden superior
- 3.9. Tiempo muerto
- 3.10. Concepto de estabilidad en sistemas dinámicos

#### **4. CONCEPTOS GENERALES DE LOS LAZOS DE CONTROL**

- 4.1 Conceptos Generales del Control
- 4.2 Filosofías básicas de Control
- 4.3 Componentes de un lazo de control: Elementos primarios de medición, transmisores de señales, controladores y válvulas de control

#### **5. SÍNTESIS DE DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL Y SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES**

- 5.1. Síntesis de diagrama de bloques de circuitos de control
- 5.2. Análisis dinámico del control Feedback y Feedward
- 5.3. Criterios de estabilidad en circuitos de control
- 5.4. Métodos de sintonización de controladores

#### **6. DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL CON RESPUESTA A LA FRECUENCIA**

- 6.1. Conceptos básicos de respuesta a la frecuencia
- 6.2. Gráfica de Nichols y gráfica polar
- 6.3. Criterio de estabilidad de Bode y de Nyquist
- 6.4. Diseño de controladores por margen de fase y margen de ganancia

## RECOMENDACIONES DE ESTUDIO

### 1) INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA Y CONTROL DE PROCESOS QUÍMICOS

El primer tema es un acercamiento introductorio a la dinámica y control de procesos. Presenta el contexto de trabajo y la utilidad de la materia.

#### Referencia recomendada:

[2], Capítulo 1: *Introductory Concepts of process control*. pp 5-30

### 2) MODELADO: TIPOS DE MODELOS EN INGENIERÍA QUÍMICA

El segundo tema es en esencia un recordatorio de balances de materia, energía y momento desde el punto de vista transitorio. Se repasan además conceptos básicos de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales.

#### Referencia recomendada:

[1] Capítulo 4: *Development of a Mathematical model*. pp 45-68

[2] Capítulo 4: *The Process Model*. pp 89-104

### 3) ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE PROCESOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y EN EL DOMINIO DE LAPLACE

Uno de los temas más extensos es la descripción de dinámica de procesos por medio de modelos de referencia. Es indispensable la capacidad de desarrollar balances de propiedades y su respectiva transformación a ecuaciones diferenciales ordinarias lineales. Además, el análisis de dichas ecuaciones puede realizarse desde el espacio del tiempo o desde el espacio de Laplace (Utilizando el método de transformada de Laplace).

#### Referencias recomendadas para subtemas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4

[1] Capítulo 6: *Computer Simulation and Linearization of Non Linear Systems*. pp 113-126

[1] Capítulo 7: *Laplace Transform*. pp 128-142

[1] Capítulo 8: *Solution of differential equations using Laplace transforms*. pp 143-157

[1] Capítulo 9: *Transfer Functions and the Input-Output Models*. pp 159-163

### **Referencias recomendadas para subtemas 3.5**

- [1] Capítulo 10: *Dynamic Behavior of First Order Systems* pp 173-184
- [2] Capítulo 5: *Dynamic Behavior of Linear Low-Order Systems* pp 139-151

### **Referencias recomendadas para subtemas 3.6 y 3.7**

- [1] Capítulo 11: *Dynamic Behavior of second order systems.* pp 186-205
- [2] Capítulo 6: *Dynamic Behavior of higher order systems.* pp 175-199

### **Referencias recomendadas para subtemas 3.8 y 3.9**

- [1] Capítulo 12: *Dynamic Behavior of Higher Order Systems*
- [2] Capítulo 6: *Dynamic Behavior of Higher order systems.* pp 200-211
- [2] Capítulo 8: *Time -Delay Systems* pp. 245-261

### **Referencias recomendadas para subtemas 3.10**

- [2] Capítulo 11: *Stability* pp. 333 343

## **4) CONCEPTOS GENERALES DE LOS LAZOS DE CONTROL**

En este tema se da una introducción sobre sistemas de control considerando que ya se tienen las bases de análisis dinámico. Se plantean los lazos hacia adelante y hacia atrás, presentando algunos de los elementos de hardware necesarios para su implementación.

### **Referencias recomendadas:**

- [1] Capítulo 13: *Introduction to Feedback Control.* pp. 241-257

## **5) SÍNTESIS DE DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL Y SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES**

Se aborda de manera teórica el efecto dinámico de los distintos tipos de control hacia atrás y hacia adelante. Es necesario saber utilizar álgebra de bloques y análisis de funciones de transferencia.

### **Referencias recomendadas para subtemas 5.1 y 5.2**

- [1] Capítulo 14: *Dynamic Behavior or Feedback-Controlled Processes.* pp. 258-280
- [2] Capítulo 14: *Feedback Control Systems.* pp 471-485

### **Referencias recomendadas para subtemas 5.2 y 5.3**

- [1] Capitulo 15 *Stability Analysis of Feedback Systems*. pp 281-296
- [2] Capitulo 14 *Feedback Control Systems* pp. 486-494

### **Referencias recomendadas para subtema 5.4**

- [2] Capitulo 15: *Conventional Feedback Controller Design*. pp 513-541
- [1] Capitulo 16: *Design of Feedback Controllers*. pp 297-315
- [1] Capitulo 21: *FeedForward and Ratio Control*. pp 411-429

## **6) DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL CON RESPUESTA A LA FRECUENCIA**

Este tema estudia los efectos de entradas oscilantes y los métodos para analizar el comportamiento dinámico de sistemas sometidos a este tipo de entradas. Además, se estudian criterios de estabilidad y sintonización apoyados en el análisis de respuesta a la frecuencia.

### **Referencias recomendadas para subtemas 6.1, 6.2 y 6.3**

- [1] Capitulo 17: *Frequency response of Linear Processes*. pp 317-343

### **Referencias recomendadas para subtemas 6.4**

- [1] Capitulo 18: *Design of Feedback Control Systems Using Frequency Response Techniques*. pp 344 - 358