

PROGRAMA DE SIMULACION DE PROCESOS

Carrera: Ingeniería en Alimentos

Asignatura: Simulación de Procesos

Núcleo al que pertenece: Superior Complementario¹

Docente: Carlos Mulreedy

Prerrequisito obligatorio: Fenómenos de Transporte

Prerrequisito recomendado: Operaciones Unitarias

Objetivos

Se espera que quienes cursen la asignatura:

- Adquieran conocimientos elementales de programación y métodos numéricos, de modo de poder elaborar programas para resolver problemas específicos.
- Descubran que, utilizando dichos programas, estarán en condiciones de reproducir una situación dada todas las veces que sea necesario, cambiando los parámetros de diseño o funcionamiento

Contenidos mínimos

Revisión de métodos numéricos simples utilizados en simulación y modelado. Simulación y modelado. Modelos de fenómenos de transporte. Simulación de procesos en Ingeniería de alimentos con y sin solución analítica. Control de procesos y adquisición de datos.

Carga horaria: 4 horas semanales

¹ En el plan vigente RCS N° 454/15. Para el plan RCS N°163/02, pertenece al núcleo Superior Electivo.

Programa analítico

Unidad 1: Repaso conceptos introductorios: sistemas abiertos, cerrados, volúmenes de control, formulación de balances, definición del problema, función objetivo. Modelos matemáticos.

Unidad 2: Estructuras básicas de programación e instrucciones elementales. Matrices y vectores. Representaciones gráficas.

Unidad 3: Naturaleza de la Simulación. Enfoques de la simulación: enfoque Modular Secuencial aplicado a procesos y a ecuaciones. Diagrama de Lee-Rudd.

Unidad 4: Herramientas básicas de Métodos Numéricos: Método de convergencia por iteración. Método de Raphson-Newton. Métodos explícitos de convergencia.

Unidad 5: Empleo de matrices espaciales y resolución por diferencias finitas de ecuaciones diferenciales.

Actividades prácticas

Descripción de las Actividades prácticas:

Actividad 1: **Letalidad:** Cuando las bacterias o esporas bacterianas se exponen al calor, mueren de tal modo que la velocidad con la que lo hacen sigue un modelo matemático exponencial. La integral de la curva del tiempo de muerte térmica nos permite calcular la letalidad del proceso; pero los valores experimentales no permiten que se obtenga una función, de modo que la letalidad del proceso se puede obtener a partir de métodos basados que extraen información de la gráfica obtenida. Nosotros aplicaremos los métodos de Simpson y trapecial a partir de programas muy sencillos. Durante la introducción teórica, además, utilizaremos datos experimentales para construir una curva de decrecimiento bacteriano a partir de datos experimentales.

Actividad 2: **Estrategia general de simulación:** Un proceso cerrado en el cual el número de ecuaciones resulte ser inferior al número de incógnitas puede resolverse mediante el método iterativo de Lee y Rudd, asignándosele a alguna (o algunas) de las incógnitas valores convenientes, que habrán de ser verificados oportunamente. El empleo de una planilla de cálculo nos permitirá determinar cuáles serán dichas variables y en qué orden habrá de resolverse el proceso, a partir de los sistemas de ecuaciones correspondientes a cada uno de los equipos que intervengan.

Actividad 3: **Dinámica:** Al simular un problema elemental de Física I podemos aclarar un tema que suele no quedar claro como lo es el del efecto del rozamiento estático sobre un sistema. Basta con tomar dos cuerpos vinculados y graficar lo que sucede a medida que la masa de uno de ellos va cambiando para obtener un gráfico de las aceleraciones del sistema en función de dicha masa. En dicho gráfico se observa claramente el rango dentro del cual el sistema permanece en reposo debido al rozamiento estático, así como también entre que rangos el sistema se mueve en sistema horario o anti horario.

Actividad 4: **Equilibrio térmico:** El concepto de equilibrio térmico se plantea a partir de un problema teórico. El programa empleado permite utilizar por primera vez matrices espaciales (en realidad, matrices que manejan tres dimensiones, una de las cuales es en nuestro caso el tiempo) a la vez que propone el empleo de expresiones que generan valores en forma aleatoria. Esto permite simular una condición de tipo micro que no suele tenerse en cuenta en problemas de este tipo. El registro y la discusión de los resultados obtenidos cada vez que se ejecuta el programa permiten profundizar en el fenómeno bajo estudio.

Actividad 5: **Calorimetría:** Nuevamente trabajamos con un problema de Calor. En este caso, las diversas posibilidades en lo que respecta al estado final de un sistema (dependiendo de diversos factores como las masas de las distintas fases o sus temperaturas iniciales) permiten que en el análisis previo al desarrollo del programa construyamos el diagrama de flujo del mismo (una herramienta cuya utilidad va más allá de la programación). El empleo de vectores para el

almacenado de la información nos permite construir la gráfica de temperaturas en función de cantidades de calor intercambiadas.

Actividad 6: **Evaporador de efecto simple:** La evaporación es una operación básica que se utiliza normalmente para eliminar agua de alimentos líquidos diluidos, obteniendo así productos más concentrados. La eliminación de agua proporciona estabilidad microbiológica. En el curso partiremos de un problema que se encuentra en la bibliografía correspondiente a la materia Fenómenos de Transporte para simular el funcionamiento de un evaporador de efecto simple.

Actividad 7: **Evaporadores de efecto múltiple:** Este tipo de evaporador utiliza el vapor vivo solo en el primer efecto, utilizando el vapor generado en cada uno de los equipos como medio calefactor del siguiente. De este modo se obtienen diversos beneficios, comenzando por el aumento de eficacia en el uso de la energía consumida. Siguiendo con lo visto en la Actividad anterior, simularemos lo que sucede con un evaporador de dos efectos y otro de tres efectos.

Actividad 8: **Sedimentación gravitatoria:** Se denomina de ese modo al método físico mediante el cual las partículas sólidas contenidas en los líquidos se separan de los mismos. Las partículas descienden por gravedad en el seno del fluido y las distintas fuerzas que actúan sobre ellas determinan el valor de la velocidad terminal. En primer lugar, utilizaremos un simulador sencillo mediante el cual recordaremos conceptos de Física, particularmente la Ley de Stokes para esferas en el seno de un fluido. Seguidamente, diseñaremos dos programas basados en la bibliografía correspondiente a la materia Operaciones Unitarias. El primero de ellos supone que solo existe rozamiento entre una partícula sólida y el fluido (sedimentación libre); en el segundo habrán de tenerse en cuenta las interacciones entre diversas partículas (sedimentación impedida). Dado que diversos factores influyen en cada caso, estudiaremos previamente los diagramas de flujo que permiten redactar las líneas de cada uno de los programas.

Actividad 9: **Esterilización en autoclave:** Utilizando el método de diferencias finitas para trabajar con la ecuación diferencial en derivadas parciales que

describe la transmisión de calor en un cuerpo cilíndrico, simularemos lo que sucede dentro del autoclave con una lata de Supersopa. Gracias a la colaboración de su Directora, la Ingeniera Carolina Reid, contamos con valores experimentales que nos permiten comparar la curva obtenida mediante el modelo matemático empleado con aquellos, de modo de verificar la validez de éste último. Los datos obtenidos mediante la simulación nos permiten, además, dibujar la curva de velocidad letal en función del tiempo, y utilizando nuevamente el método de Simpson, obtener la letalidad del proceso. En este caso no solo hemos de emplear Matlab, sino que, además, emplearemos el GeoGebra (programa de simulación dinámica que se emplea en varias de las asignaturas del Área Matemática) para representar mediante animaciones sencillas algunas de las etapas del proceso.

Bibliografía

Bibliografía obligatoria

- Aguado, J.; Calles, J.; Cañizares, P.; López, B.; Santos, A.; Serrano, D.(2002) Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volúmen II: Operaciones de procesado de alimentos. Editorial Síntesis: Madrid
- Casado, M.C (2005) Manual Básico de Matlab. Servicios Informáticos de la Universidad Católica de Madrid: Madrid
- Charley, H.(1998) Tecnología de Alimentos Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos. Limusa: México
- Ciro Velázquez, H.; González, C., García, E. (2009). Modelación Numérica de Procesos de Esterilización Térmica de Alimentos usando Volúmenes de control. Aproximación Cilíndrica. Dyna, Año 76, Número 159, Medellín, Sept. 2009
- García de Jalón, J; Rodríguez, J. (2005) Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales: Madrid
- Geankoplis, C (1993) Transport Processes and Unnit Operations. Prentice Hall: New York
- Singh, P; Heldman, D. (1998) Introducción a la Ingeniería de Alimentos. Editorial Acribia: Zaragoza

- Valiente Barderas, A. (1998) Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria. Limusa Noriega Editores: Madrid

Bibliografía de consulta

- Alvarado, J.; Martínez, G.; Navarrete, J.; Botello, E.; Calderón, M.; Jiménez, H. (2009) Fenomenología de la Esterilización de Alimentos Líquidos Enlatados.
- Dto. de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya
- Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia- Número 50
- Coultane, T. (1998) Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos
- Ed. Acribia: Zaragoza
- Giles, R.; Evett, J.; Cheng, L.(1999) Mecánica de los Fluidos e Hidráulica.
- Mc Graw Hill: Madrid
- Luyben, W (1990) Process Modelling, Simulation and Control for Chemical Engineers. Mc Graw Hill: New York
- Luyben, W (2002) Plantwide Dynamic Simulators in Chemical Processing and Control. CRC Press: New York
- Morán, M.; Shapiro, H. (1998) Fundamentos de Termodinámica Técnica. Reverté: Barcelona
- Mouré, J.; Abril, J.; Virseda, P. (1997) Control por Ordenador del Proceso de Esterilización de conservas Vegetales. Transmisión de Calor por Conducción.
- Universidad Pública de Navarra- Departamento de Tecnología de Alimentos- Pamplona- Información Tecnológica- Vol 8 – Número 5- 1997
- Streeter, V; Wylie, B (1999). Mecánica de los Fluidos. Mc Graw Hill: México

Organización de las clases

Los contenidos del curso se desarrollan en la clase semanal teórico-práctica, apoyada por los Apuntes de clase.

Las actividades prácticas están conformadas por la redacción de programas de computadora que permitan simular diversos procesos. Para ello habrán de emplearse diversos programas: el Matlab, el GeoGebra y, eventualmente, planillas de cálculo programadas. Se emplearán programas modelo, cuyo

desarrollo habrá de ser precedido por un breve repaso de los conceptos básicos del fenómeno bajo estudio. Se efectuarán en cada caso los desarrollos matemáticos mediante los cuales se obtendrán las expresiones que habrán de incluirse dentro del programa. El estudiantado partirá de dichos programas para redactar las líneas de código correspondientes a sus propias versiones de los mismos, que serán subidas al campus en formato Word, para poder ser corridas y revisadas por el docente en su propio equipo.

Modalidad de evaluación

La modalidad de evaluación y aprobación será según el Régimen de estudios vigente (Res. CS 201/18).

Modalidad regular

Los contenidos teóricos se evaluarán mediante dos evaluaciones parciales. Además, deberán aprobar todas las Actividades prácticas. La calificación final de la asignatura quedará determinada por el promedio de las notas de los parciales y de las actividades prácticas. Eventualmente, la recuperación de alguno de los parciales teóricos puede concretarse mediante un coloquio oral, que habrá de ser grabado.

Modalidad libre

En la modalidad de libre, se evaluarán los contenidos de las asignaturas en un examen escrito, un examen oral e instancias de evaluación similares a las realizadas en la modalidad presencial. Los contenidos a evaluar serán los especificados anteriormente incluyendo contenidos teóricos y resolución de problemas de aplicación construyendo las planillas de cálculo adecuadas a cada caso específico.

CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana	Tema/Unidad	Actividad				Evaluación
		Teórico	Práctico			
			Res. Probl.	Laboratorio	Otros	
1	Modelos matemáticos y estructuras básicas de programación Actividad 1: letalidad	X	X			
2	Enfoques de simulación Actividad 2: Lee y Rudd	X				
3	Modelos matemáticos y estructuras básicas de programación. Analogías entre fenómenos de distinta naturaleza: decrecimiento bacteriano, enfriamiento de los cuerpos y decaimiento radioactivo	X	X			
4	Actividad 3: Rozamiento en un sistema conformado por dos cuerpos (Dinámica)	X	X			
5	Empleo de matrices espaciales. Actividad 4: equilibrio térmico en un sistema aislado	X	X			
6	Empleo de diagramas de flujo para facilitar la programación: Actividad 5: Calorimetría(estudio de sistemas en los que una misma sustancia se encuentra en dos estados de agregación distintos)	X	X			
7						Primer Parcial
8	Aplicación de la simulación en el diseño: Actividad 6: Evaporadores de efecto simple	X	X			
9	Aplicación de la simulación en el diseño: Actividad 6: Evaporadores de efecto doble y triple					
10	Aplicación de la simulación en operaciones unitarias Actividad 7: Sedimentación libre	X	X			

11	Aplicación de la simulación en operaciones unitarias Actividad 8: Sedimentación impedida	X	X			
12	Validación de un modelo matemático a partir de datos experimentales	X	X			
13	Método de diferencias finitas para su empleo en ecuaciones diferenciales en derivadas parciales	X				
14	Actividad 9 :Esterilización en autoclave (parte 1): estudio del fenómeno y de las hipótesis del modelo	X				
15	Actividad 9 :Esterilización en autoclave (parte 2): análisis de los resultados obtenidos y comparación del modelo con los datos experimentales	X	X			
16	Segundo Parcial					X
17	Recuperatorios del Primer y Segundo parciales					X
18	Integrador					X