

Año 2003

**OPERACIONES UNITARIAS I**

Este curso tiene como objetivo dar los fundamentos teóricos de los procesos cinéticos o de transporte: transporte de cantidad de movimiento, transporte de energía térmica y de materia. Aplicar estos conceptos a los procesos tecnológicos de la industrialización de los alimentos.

**Curso teórico-práctico:**

Clases teóricas con análisis y resolución de problemas tipo.

Clases de problemas con resolución de guías de trabajos prácticos a cargo de docentes auxiliares.

Trabajos prácticos de Planta piloto (dos prácticas).

**Carga horaria total: 128 horas**

Teóricas: 4 horas/semanales

Prácticos: 4 horas/semanales

**Contenidos Mínimos:**

- ❖ Balances Macroscópicos de Materia.
- ❖ Balances Macroscópicos de Cantidad de Movimiento.
- ❖ Balances Macroscópicos de Energía.
- ❖ Transporte de Cantidad de Movimiento.
- ❖ Flujo Viscoso. Ecuaciones de Variación para sistemas isotérmicos.
- ❖ Análisis Dimensional. Cambio de escala. Teoría de la Semejanza.
- ❖ Balances de Energía Mecánica. Cálculo y diseño de cañerías.
- ❖ Ecuaciones de Variación para sistemas no isotérmicos.
- ❖ Transporte de energía térmica. Conducción. Convección. Radiación.
- ❖ Transporte de Materia. Ecuaciones de Variación para Multicomponentes.
- ❖ Difusión y Convección de Materia.
- ❖ Analogías.

**PROGRAMA ANALÍTICO:****UNIDAD 1**

Balances macroscópicos. Volumen de control. Teoremas de transporte de Reynolds. Aplicaciones. Balance macroscópico de materia: régimen estacionario y variable. Balance en sistemas de varios componentes. Reciclo. Purga. Balance de materia con reacción química. Balance macroscópico de cantidad de movimiento: segunda ley de Newton. Balance macroscópico de energía.

**UNIDAD 2**

Viscosidad. Ley de Newton. Tensión de corte y velocidad de deformación. Estimación de viscosidad en gases líquidos. Fluidos no-newtonianos: viscosidad aparente. Medición de viscosidad.

### **UNIDAD 3**

Ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. Ecuación de Navier-Stokes. Aplicaciones: Flujo Couette; Flujo laminar en caños; Flujo en cilindros rotatorios concéntricos. Flujo Bingham en película descendente y en caños. Flujo reptante alrededor de una esfera. Ecuación de Stokes.

### **UNIDAD 4**

Transporte de cantidad de movimiento en flujo turbulento. Ajuste en el tiempo de la ecuación de Navier-Stokes. Tensión de corte turbulenta. Expresiones semiempíricas para las tensiones de Reynolds. Viscosidad turbulenta. Intensidad de turbulencia. Perfil universal de velocidad en un caño.

### **UNIDAD 5**

Teoría de capa límite. Ecuación de cambio para capa límite. Método aproximado: ecuación de Von-Kármán. Aplicación al flujo laminar y turbulento en placa plana. Flujo en capa límite alrededor de una esfera. Desprendimiento de capa límite: fricción de forma y fricción de superficie.

### **UNIDAD 6**

Transporte de interfase en sistemas isotérmicos. Definición de factor de fricción: flujo de conductos y en cuerpos sumergidos. Adimensionados de la ecuación de Navier-Stokes. Rugosidad absoluta y relativa. Estimación del factor de fricción en conductos: ecuación de Fanning. Diagrama de Moody. Estimación del factor de fricción en cuerpos sumergidos. Integral de Von-Kármán.

### **UNIDAD 7**

Balance diferencial de energía mecánica. Balance macroscópico de energía mecánica. Ecuación de Bernoulli para flujo estacionario e incompresible. Aplicaciones. Medición de caudal: tubo Pitot; Venturi: placa orificio. Cálculo de cañerías. Redes.

### **UNIDAD 8**

Análisis dimensional. Teorema Pi. Números adimensionales: utilidad y significado de los mismos. Adimensionalización de la ecuación de Navier-Stokes y condiciones de contorno. Teoría de la semejanza. Cambio de escala. Aplicaciones.

### **UNIDAD 9**

Balance macroscópico de energía mecánica. Flujo en conductos. Sistemas de impulsión de fluidos. Bombas. Clasificación. Bombas centrífugas. Leyes de afinidad. Compresores.



## **UNIDAD 10**

Transporte de energía. Mecanismos de transporte. Conductividad térmica en gases, líquidos y sólidos. Conducción estacionaria en sólidos. Pared plana simple y compuesta. Pared cilíndrica. Coeficiente global de transferencia. Conducción de calor con manantial calórico. Superficies extendidas.

## **UNIDAD 11**

Conducción de calor en régimen variable. Pared plana infinita. Sólido semiinfinito. Integración de la ecuación de conducción de calor unidireccional en régimen no estacionario para Biot finito. Caso de un sólido con conductividad térmica infinita. Métodos gráficos de resolución. Regla de Newman. Aplicación de métodos numéricos a la resolución de ecuaciones a derivadas.

## **UNIDAD 12**

Transporte de interfase en sistemas no isotérmicos. Coeficiente de transparencia de calor para convección forzada en conductos. Coeficiente de transparencia de calor en cuerpos sumergidos. Adimensionalización de la ecuación de energía térmica. Cálculo de coeficientes de transferencia de calor. Uso de correlaciones para convección natural y forzada. Modelo de capa límite térmica. Analogías.

## **UNIDAD 13**

Transporte de energía por radiación. El espectro electromagnético. Absorción y emisión en superficies sólidas. Ley de distribución de Plank, Ley de Stefan-Boltzman. Radiación directa entre cuerpos negros en el vacío. Radiación directa entre cuerpos grises. Paredes refractarias. Factor de visión. Convección y radiación combinadas.

## **UNIDAD 14**

Intercambiadores de calor en flujo paralelo: cocorriente y contracorriente. Ecuación de diseño. Diferencia media logarítmica. Coeficiente globales de transferencia en intercambiadores. Resistencia de ensuciamiento. Transporte de energía con cambio de fase: condensación y evaporación. Calentamiento de un líquido en un tanque agitado.

## **UNIDAD 15**

Transporte de Materia. Definiciones de concentración, velocidades y densidades de flujo de materia. Ley de Fick de la difusión. Estimación de la difusividad en gases, líquidos y sólidos; difusividad efectiva y difusividad Knudsen.

## **UNIDAD 16**

Difusión estacionaria en gases, líquidos y sólidos. Contradifusión equimolar. Difusión de un gas a través de otro quieto. Determinación del coeficiente de difusión. Difusión con reacción química heterogénea. Difusión con reacción química homogénea. Difusión en película descendente en régimen laminar. Ecuación de variación para sistemas de multicomponentes.

## **UNIDAD 17**

Difusión en régimen no estacionario. Segunda ley de Fick. Difusión inidireccional: placa plana infinita: solución analítica y gráfica. Control difuncional. Control peculiar. Sólido semiinfinito. Solución asintónica de la segunda ley de Fisk. Solución de tiempos cortos.

## **UNIDAD 18**

Transporte de masa por convección. Definición de coeficiente de transferencia de materia en una fase. Convección forzada en régimen laminar. Casos particulares: flujo en película descendente; flujo laminar en caños. Teoría de la penetración. Solución de Leveque. Convección forzada en régimen turbulento. Correlaciones. Analogías. Modelo de capa límite. Convección natural. Transferencia de masa y calor combinados: ecuación de bulbo húmedo. Transferencia de masa entre fases. Teoría de la doble película: coeficiente global de transferencia de materia. Aplicaciones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa.**  
J.M.Welti; 2da. Edición - Limusa Wiley, 1999.
- **Fenómenos de Transporte**  
R.B.Bird; N.E.Stewart; E.N.Lightfoot  
Willey, 1960.
- **Operaciones Básicas de la Ingeniería Química**  
W.L. McCabe; J. Smith; P. Harriott  
4ta. Edición - Mc Graw Hill, 1991
- **Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias**  
C.J. Geankoplis - CECSA  
1ra. Edición, 1982
- **Introducción to Food Engineering**  
J.P. Singh; H. Heldman  
2da. Edición - Academic Press, 1993
- **Chemical Engineering Handbook**  
J.H.Perry - 4ta.edición - Mc Graw Hill, 1963
- **Ingeniería de la Industria Alimentaria- Volumen I**  
José Aguado editor; Editorial Síntesis, 1999
- **Transferencia de Masa**  
T.K. Sherwood - Ed. Géminis, 1966
- **Ingeniería Bioquímica**  
F.C. Webb - Ed. Acribia, 1966



Dr. CONSTANTINO SUAREZ F.  
DIRECTOR TITULAR  
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS