

# IQ57A: Dinámica y control de procesos

## Capítulo 2: Modelación de procesos

J. Cristian Salgado - [jsalgado@ing.uchile.cl](mailto:jsalgado@ing.uchile.cl)

Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología, Universidad de Chile

August 11, 2008

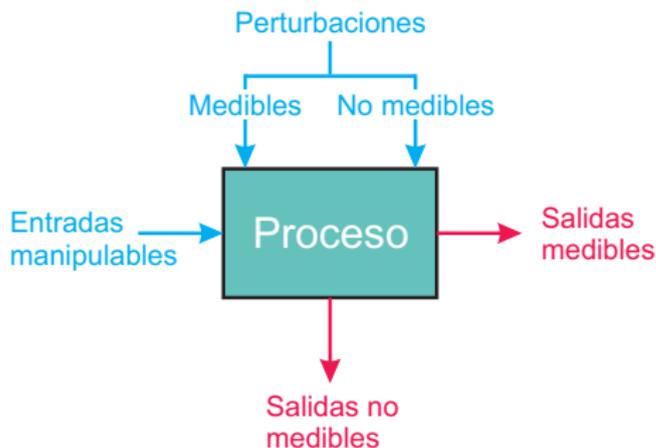
## Objetivos

Al final de esta clase usted será capaz de

- Comprender la importancia y el alcance de la modelación matemática de procesos.
- Identificar variables de estado y obtener ecuaciones de estado de procesos simples.
- Calcular grados de libertad para un sistema.
- Conocer el efecto de un controlador en los grados de libertad de un sistema

## Relación entre entradas y salidas de un proceso

Considere un sistema como el de la figura



### Diseño

El diseño de un sistema de control requiere determinar el efecto de las perturbaciones y las entradas manipuladas sobre las salidas del proceso.

## Modelo matemático del sistema

Las entradas y salidas de un proceso pueden ser relacionadas mediante un modelo matemático:

### Modelo empírico

- Intensiva en el uso de recursos materiales y tiempo.
- No generalizable fácilmente.

### Modelo teórico

- Requiere un conocimiento profundo del sistema.
- Puede alejarse fácilmente de la realidad.



Nunca se debe olvidar...

o perder de vista la palabra **MODELO** en la expresión **modelo matemático**.

Los modelos matemáticos son el resultado de una abstracción de la realidad fruto de la observación y el entendimiento de un fenómeno físico y no necesariamente capturan toda la complejidad del fenómeno.

## Descripción de un sistema

Un sistema puede ser descrito mediante:

- Un set de variables que describen el estado del sistema.
- Un conjunto de ecuaciones que determinan como cambia el estado del sistema en función del tiempo.

## Ingeniería de procesos: procesos químicos/biológicos

### Magnitudes fundamentales

- Energía
- Masa
- Cantidad de movimiento

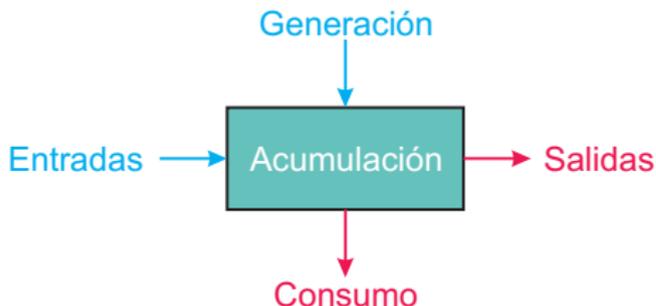
### Variables de estado

- Densidad
- Concentración
- Temperatura
- Presión
- Flujo

## Principio de conservación

### Relación entre las variables de estado

$$\text{Acumulación de S} = \text{Entrada de S} - \text{Salida de S} + \text{Generación de S} - \text{Consumo de S}$$

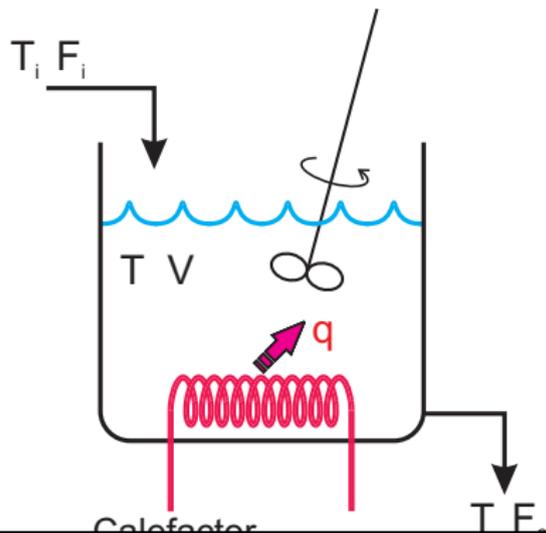


Lo que se aplica en general a balances de masa, energía y cantidad de movimiento.

## Grados de libertad

### Definición

Número de variables que deben ser especificadas de manera de obtener un sistema determinado

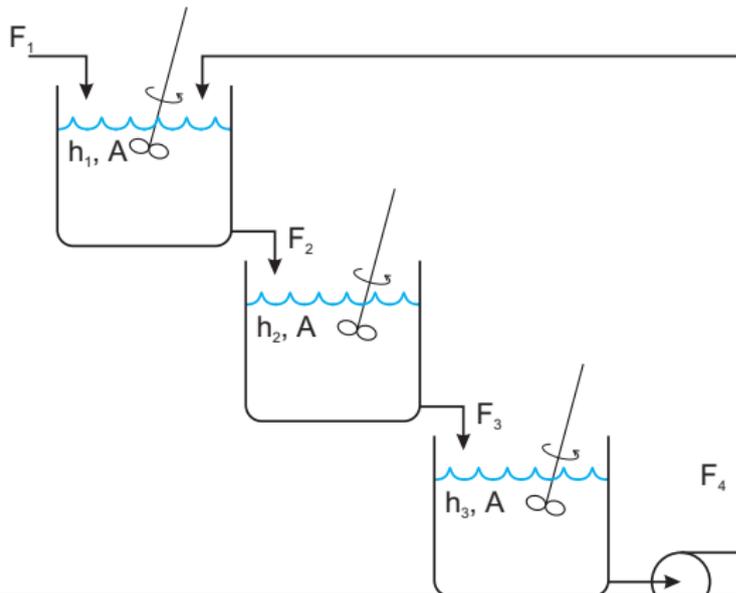


Considere el reactor CSTR donde se calienta la entrada desde  $T_i$  hasta  $T$

- ¿Cuáles son los grados de libertad del sistema?
- ¿Qué efecto tiene el lazo de control sobre los grados de libertad del sistema?

## Ejemplo 1: Estanques en serie

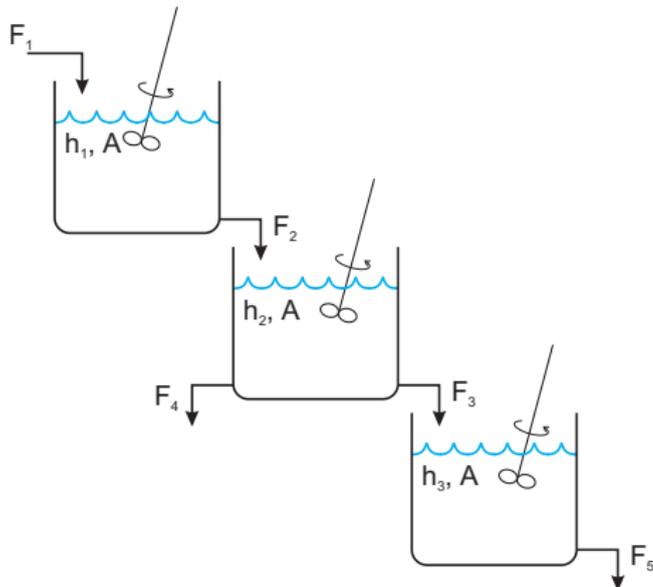
Obtenga el modelo matemático del siguiente sistema. Señale grados de libertad, variables y ecuaciones de estado.



Suponga  $F_2$  y  $F_3$  proporcionales a la presión hidrostática y que  $F_4$  está definida por la bomba.

## Ejemplo 2: Estanques en serie

Obtenga el modelo matemático del siguiente sistema y simule su comportamiento dinámico



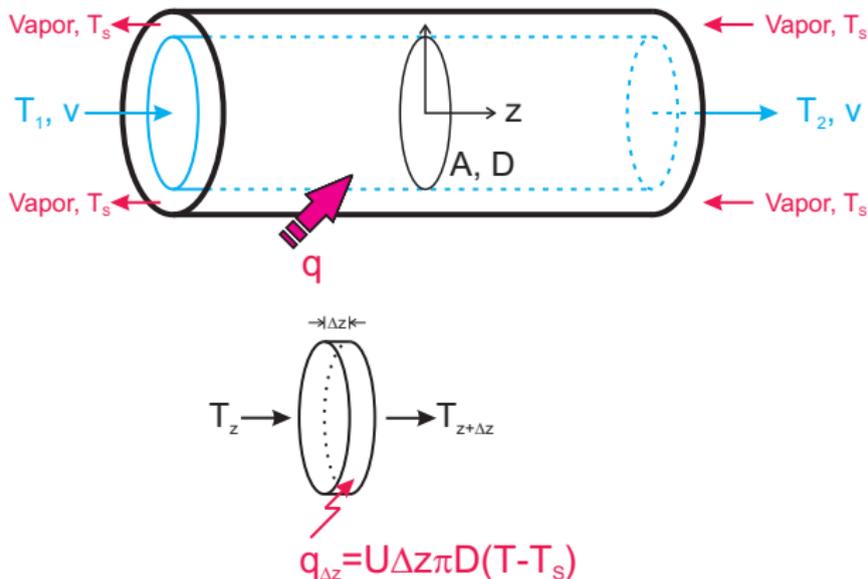
### Supuestos

$F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$  proporcionales a la presión hidrostática

$\rho$	=	1 [kg/lit]
Area	=	10 [m <sup>2</sup> ]
$R_1$	=	0.5 [s/m <sup>2</sup> ]
$R_2$	=	0.5 [s/m <sup>2</sup> ]
$R_3$	=	0.3 [s/m <sup>2</sup> ]
$R_4$	=	0.9 [s/m <sup>2</sup> ]
$F_1$	=	1 [m <sup>3</sup> /s]

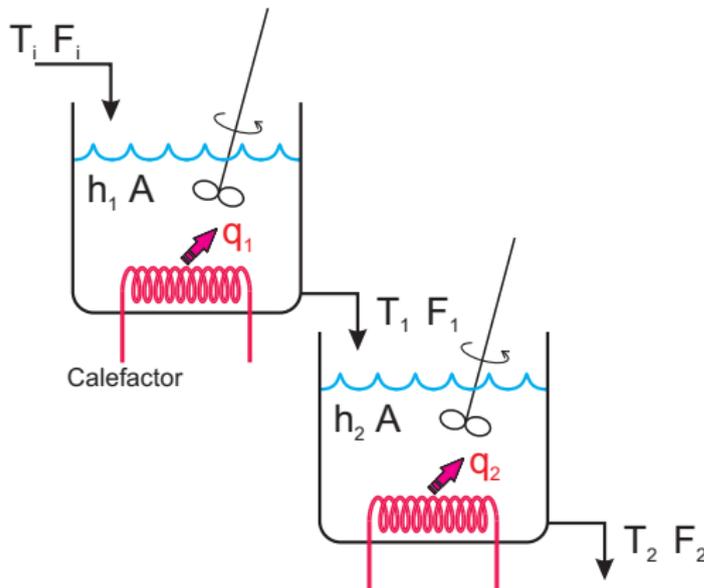
## Ejemplo 3: Intercambiador de calor

Obtenga el modelo dinámico del siguiente intercambiador de calor.



## Ejemplo 4: Estanques en serie con calefactores

Obtenga el modelo dinámico, grados de libertad, variables y ecuaciones de estado.

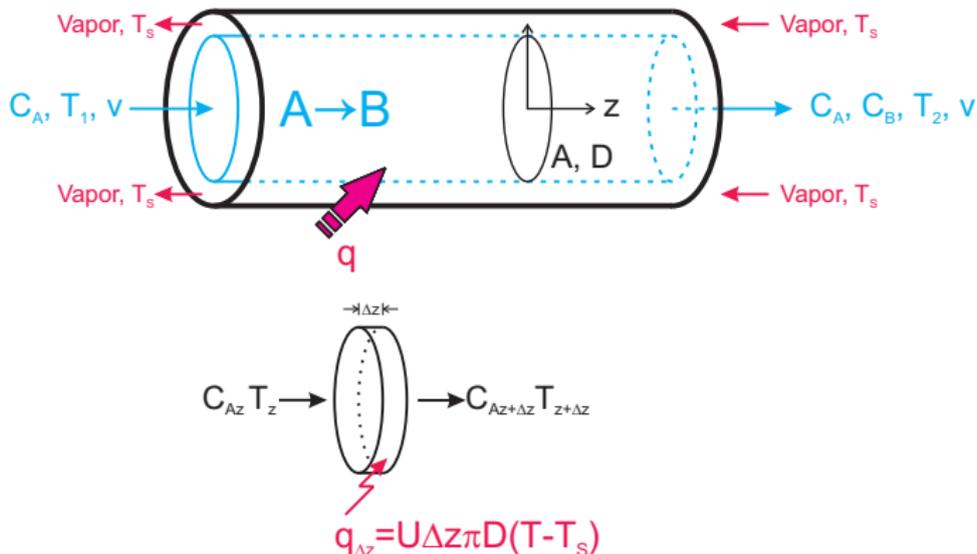


### Supuestos

$F_1$  y  $F_2$  proporcionales a la presión hidrostática.

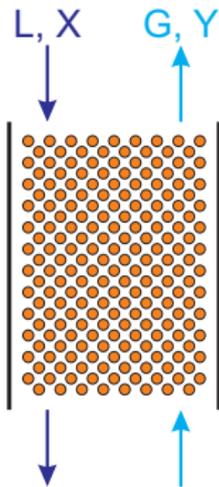
## Ejemplo 5: Reactor tubular

Obtenga el modelo dinámico del siguiente reactor tubular donde una reacción de primer orden irreversible y exotérmica está ocurriendo



## Ejemplo 6: Lecho empacado

Obtenga el modelo dinámico del siguiente lecho empacado utilizado para absorber el componente A desde el fluido gaseoso al líquido.



### Supuestos

Flujo pistón

Tasa de transf. de masa es controlada por la resistencia del gas  
H y h permanecen constantes

Isotérmico

G: Flujo de gas moles/ $m^2$ /hr

L: Flujo de líquido moles/ $m^2$ /hr

Y: [A] en el gas - moles de A/moles de gas

X: [A] en el líquido - moles de A/moles de líquido

H: Moles de líquido en el empaque/volumen columna

H: Moles de gas en el empaque / volumen columna

$k_G$ : Coef. de transferencia de masa moles/gr/área transf.

a: Área de transferencia - de masa / volumen columna

## Key Points

- La modelación matemática de procesos es posible utilizando principios fundamentales de la ingeniería de procesos como el principio de conservación.
- Estos modelos nos permiten analizar el comportamiento dinámico de los sistemas.
- Los modelos matemáticos son fundamentales para el diseño de sistemas de control.
- Los grados de libertad de un sistema son reducidos al incorporar un lazo de control.

## Preguntas

### QUESTIONS NOT EVEN 5+ YEARS OF GRAD SCHOOL WILL HELP YOU ANSWER



PHD IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING



PHD IN PHYSICS



PHD IN BIOLOGY



PHD IN MECHANICAL ENGINEERING



PHD IN POLITICAL SCIENCE

www.phdcomics.com

<http://www.phdcomics.com>