

# Introducción Parte II

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

# Mapa curricular de la materia

Simulación



Optimización

# Mapa curricular de Simulación

Definiciones

Modelo de espacio de estados

Resolución de modelos

Simulación de plantas

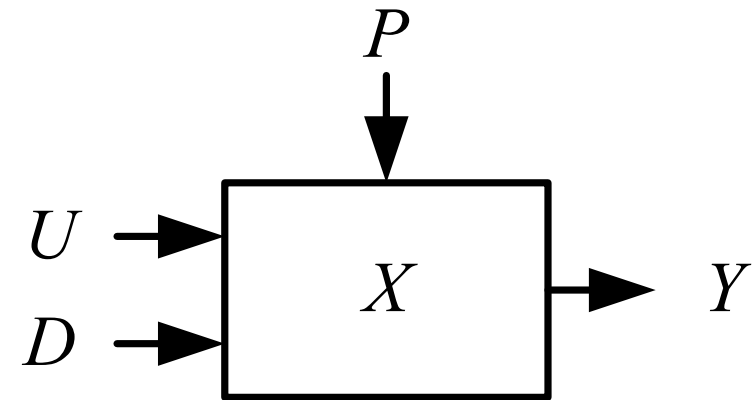
# Mapa curricular de definiciones

1. Clasificación de variables
2. Modos de simulación
3. Clasificación de estados
4. Clasificación de sistemas
5. Etapas de una simulación
6. Planilla de cálculo

# Clasificación de variables

# Clasificación de variables

- Parámetros ( $P$ )
- Variables de entrada:
  - Manipulables ( $U$ )
  - Perturbación ( $D$ )
- Variables de salida ( $Y$ )
- Variables internas ( $I$ )
- Variables de estado ( $X \subseteq I$ )



Una variable es un símbolo que se usa para designar valores.

# Variables de estado

## Saldo de cuenta bancaria

- Depósito \$10000
- Extracción \$4000
- ¿Saldo?
- =  $\text{Saldo}_0 + \text{Depósito} - \text{Extracción}$

## Tanque de nafta

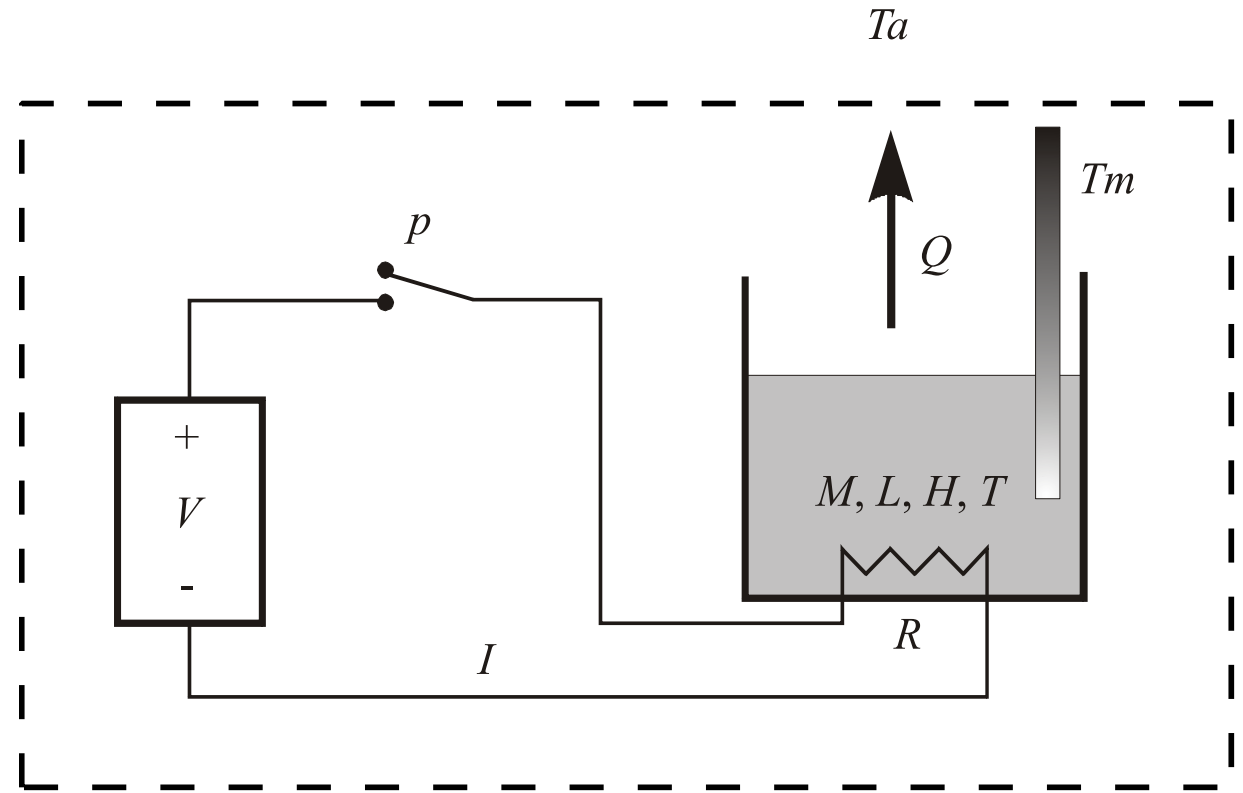
- Carga 40 l
- Consumo 30 l
- ¿Nafta?
- =  $\text{Nafta}_0 + \text{Carga} - \text{Consumo}$

**Deben ser inicializadas.**

Propiedades que pueden acumularse:  
Masa, entalpía, cantidad de  
movimiento, carga eléctrica, energía.

# Calentador eléctrico

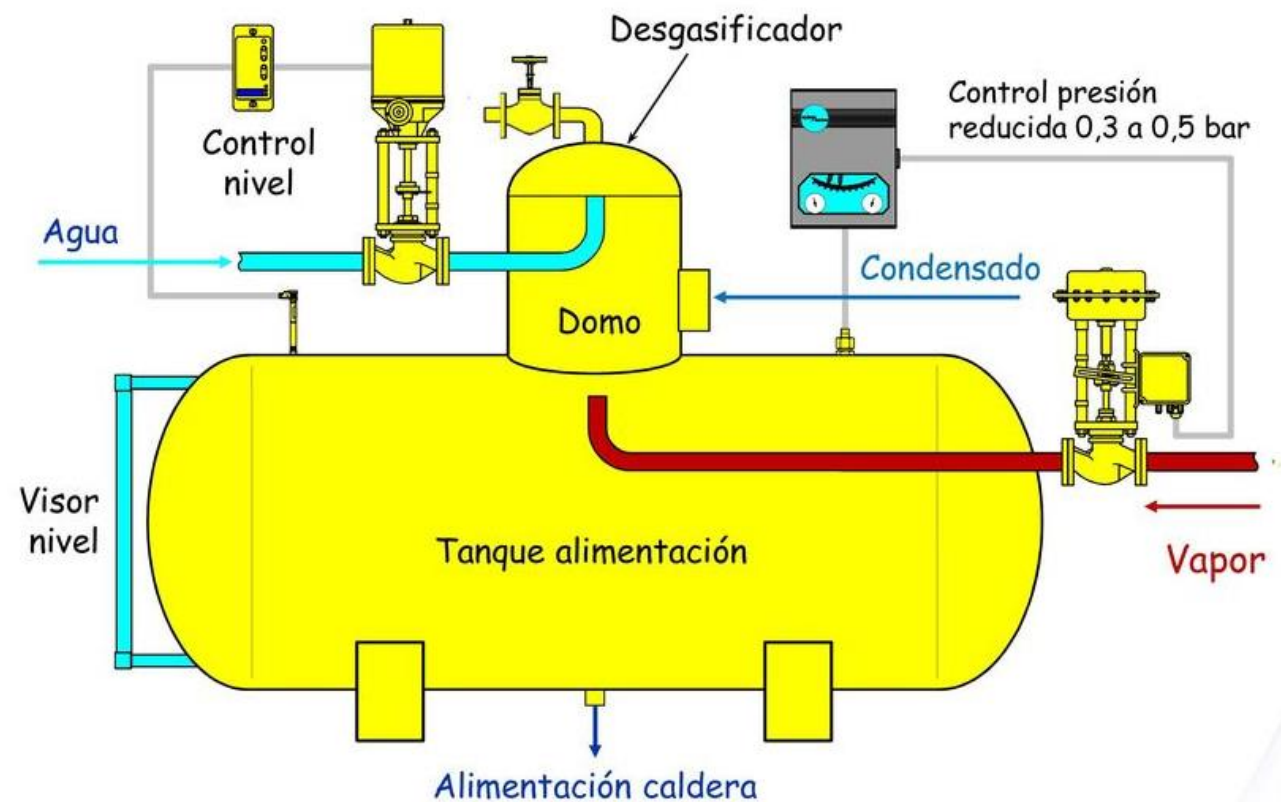
- Parámetros ( $P$ ):  $V$  y  $R$ .
- Variables de entrada:
  - Manipulables ( $U$ ):  $p$ .
  - Perturbación ( $D$ ):  $T_a$ .
- Variables de salida ( $Y$ ):  $T_m$  y  $Q$ .
- Variables internas ( $I$ ):  $I$ ,  $L$  y  $T$ .
- Variables de estado ( $X$ ):  $M$  y  $H$ .



# Equipo desgasificador de agua para caldera

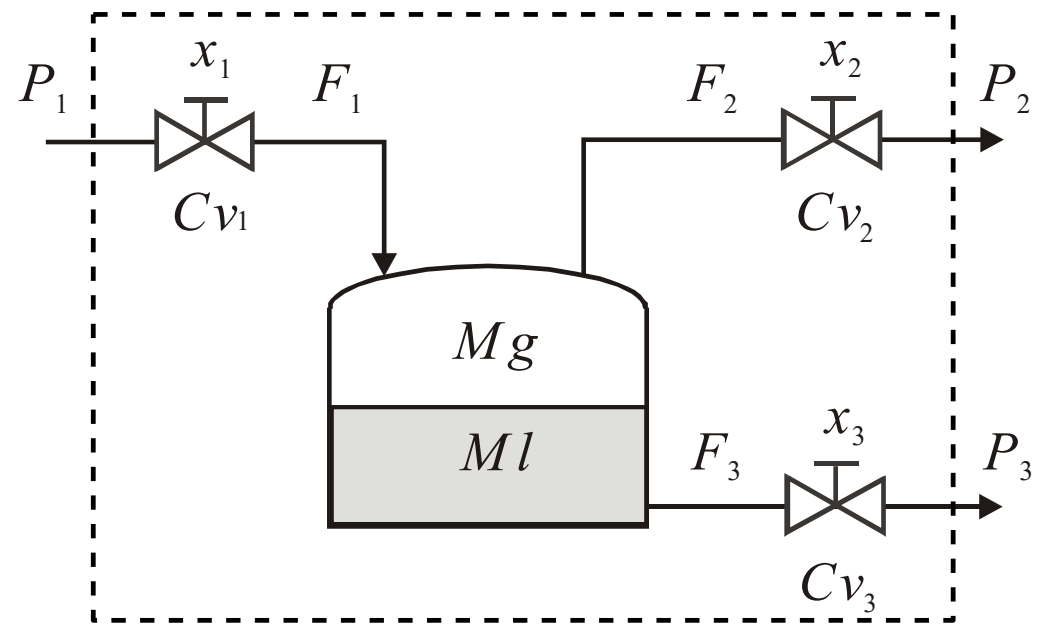


# Equipo desgasificador de agua para caldera



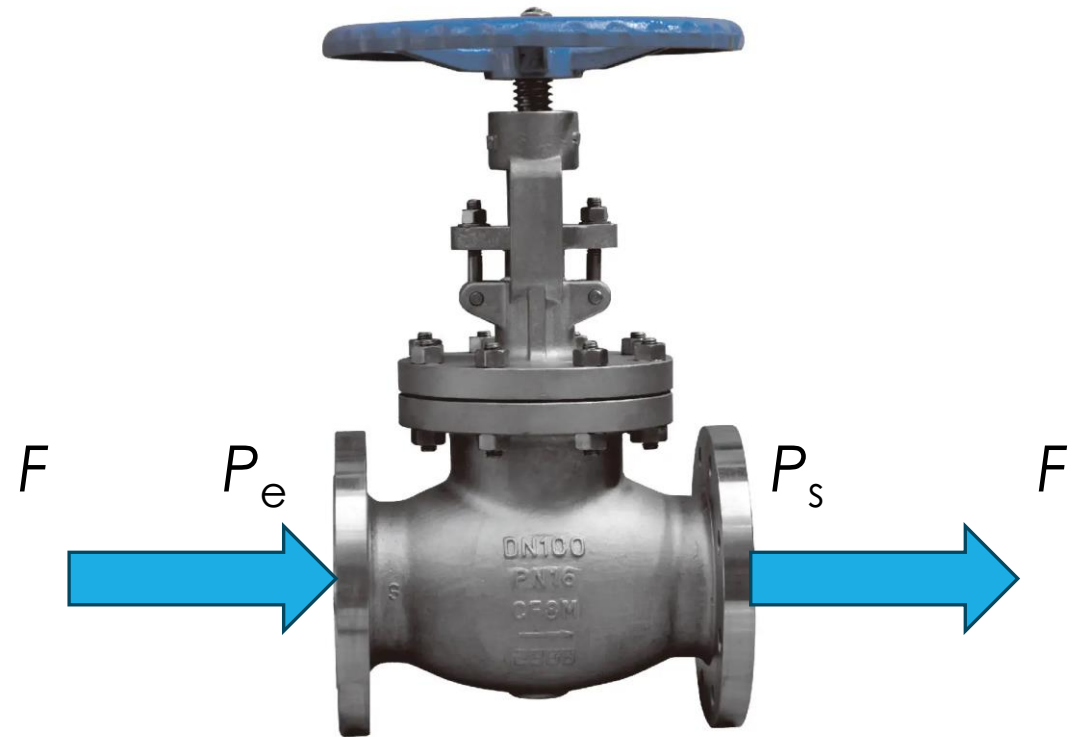
# Desgasificador

- Parámetros ( $P$ ):  $Cv_1$ ,  $Cv_2$  y  $Cv_3$ .
- Variables de entrada:
  - Manipulables ( $U$ ):  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$ .
  - Perturbación ( $D$ ):  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$ .
- Variables de salida ( $Y$ ):  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ .
- Variables internas ( $I$ ):  $Ml$  y  $Mg$ .
- Variables de estado ( $X$ ):  $Ml$  y  $Mg$ .



# Caudal

- Con respecto a la válvula:
  - $P_e$ : Variable tipo  $D$ .
  - $P_s$ : Variable tipo  $D$ .
  - $F$ : Variable tipo  $Y$ .



# ChatGPT

## *Prompt*

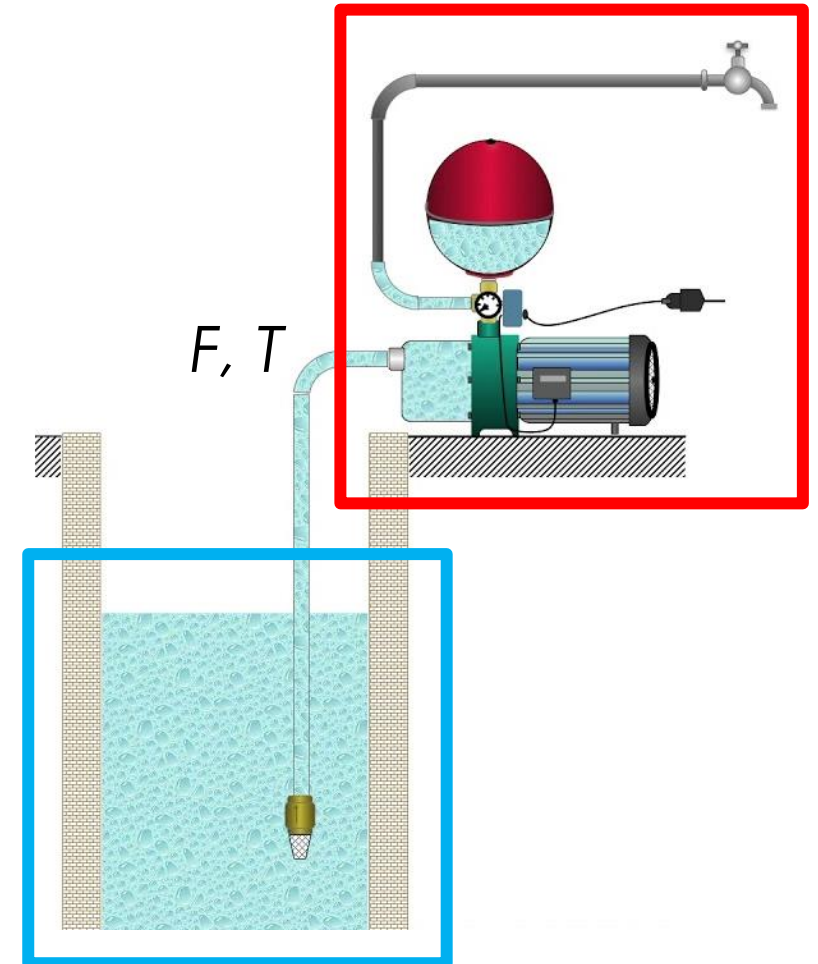
En la representación de sistemas por diagramas de bloques, se definen variables de entrada, de salida y de estado. Cuando se representa a una válvula con un bloque, el caudal de la corriente que sale de ella es una variable de salida. Ese caudal es el mismo que el de la corriente de entrada. Entonces, ¿ese único caudal es una variable de salida o de entrada?

## Respuesta

- Muy buena observación. La clave está en entender desde qué perspectiva se construye el bloque y cómo se define funcionalmente la válvula en el sistema.
- Respuesta breve: El caudal es una variable de entrada al bloque si la válvula no lo controla, y es una variable de salida si la válvula lo regula o lo determina.

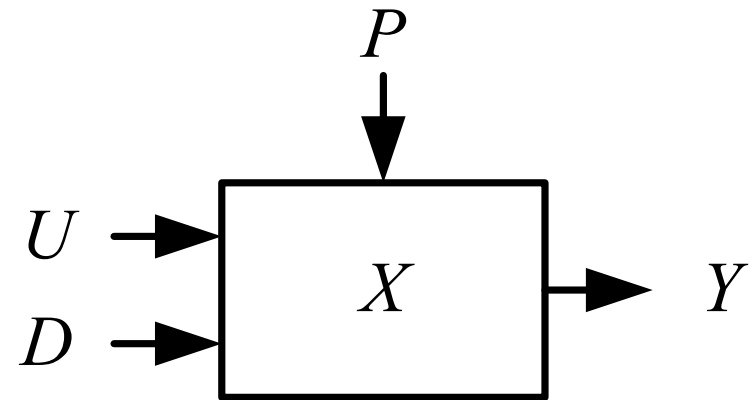
# Corriente succionada

- Con respecto a la bomba:
  - Corriente succionada: no es una variable.
  - $F$ : Variable tipo  $Y$ .
  - $T$ : Variable tipo  $D$ .



# Clasificación de variables

- Diseño: Fijar  $P$  y proveer  $U$  para atenuar  $D$  y obtener el  $Y$  deseado.
- Especificación: Similar a diseño.
- Operación: Fijar  $U$  para inicializar  $X$  y atenuar  $D$  para obtener el  $Y$  deseado.
- Supervisión: Observar  $Y$ , estimar  $X$ .

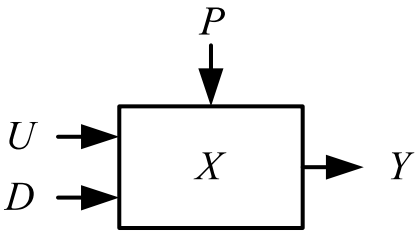
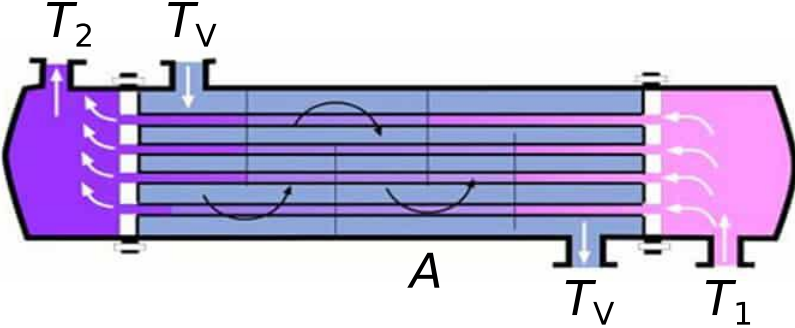
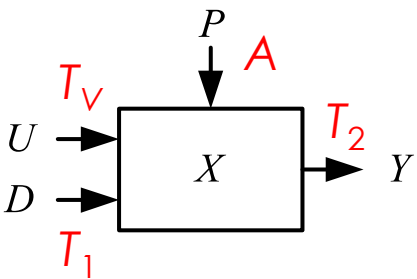
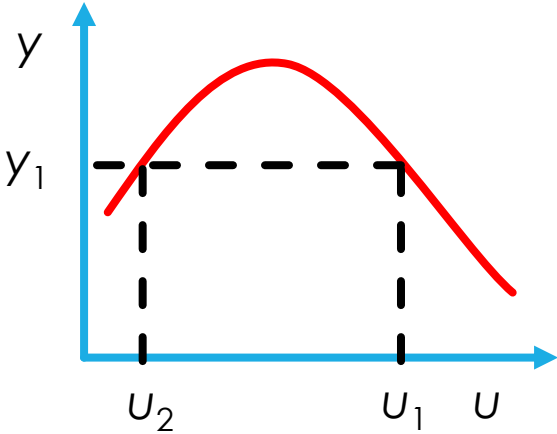


# Modos de Simulación

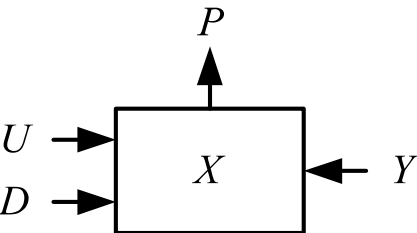
# Intercambiador de calor



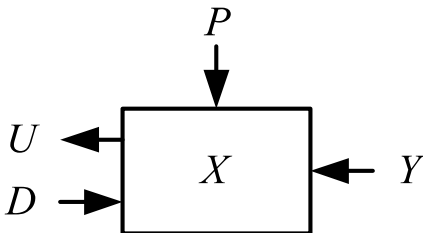
# Modos de simulación



Modo Análisis

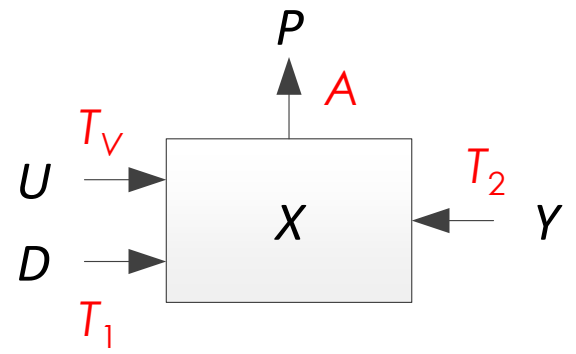
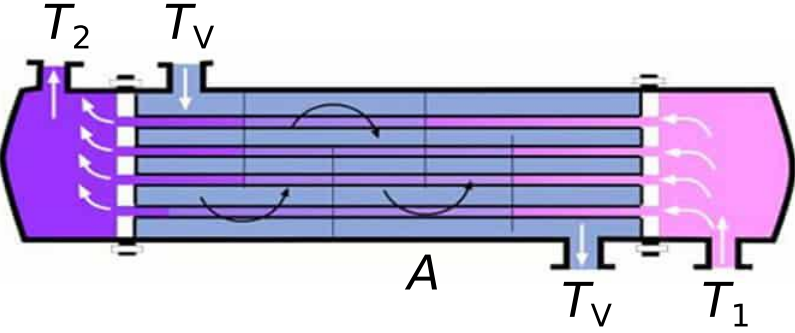


Modo Diseño



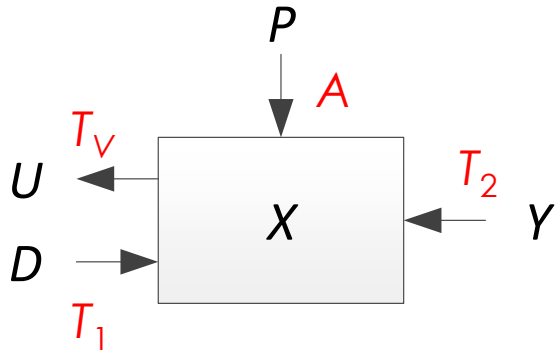
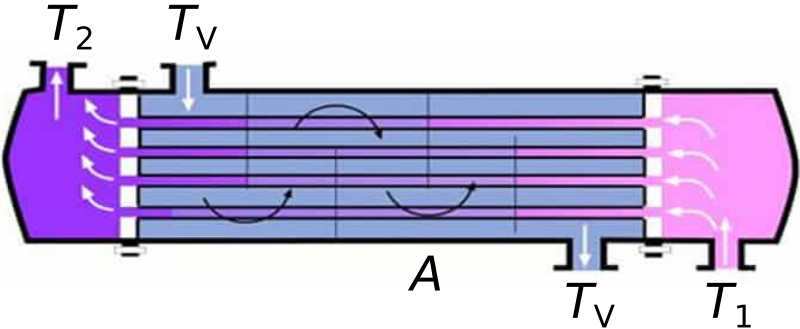
Modo Control

# Emulación de modo diseño



Modo Diseño

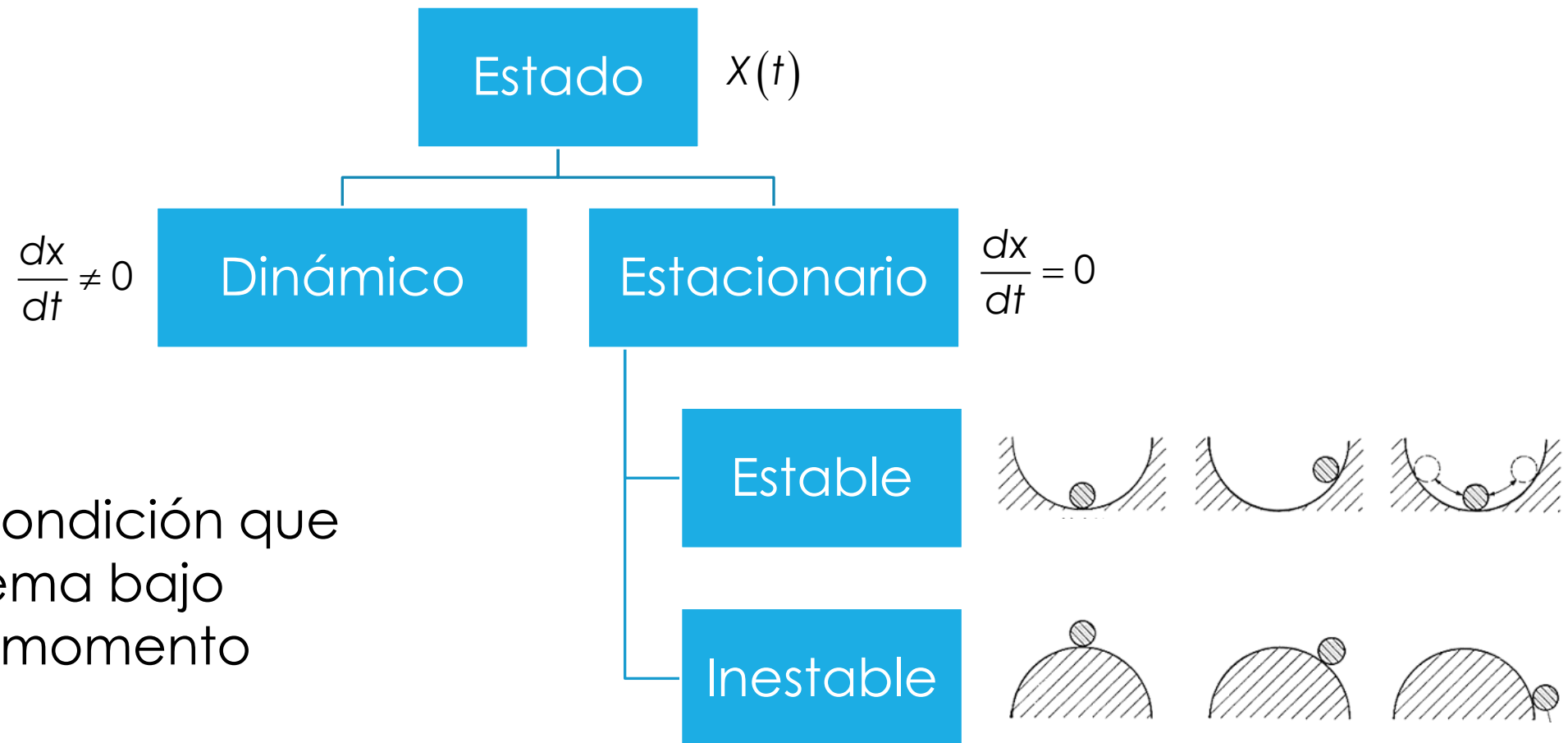
# Emulación de modo control



Modo Control

# Clasificación de estados

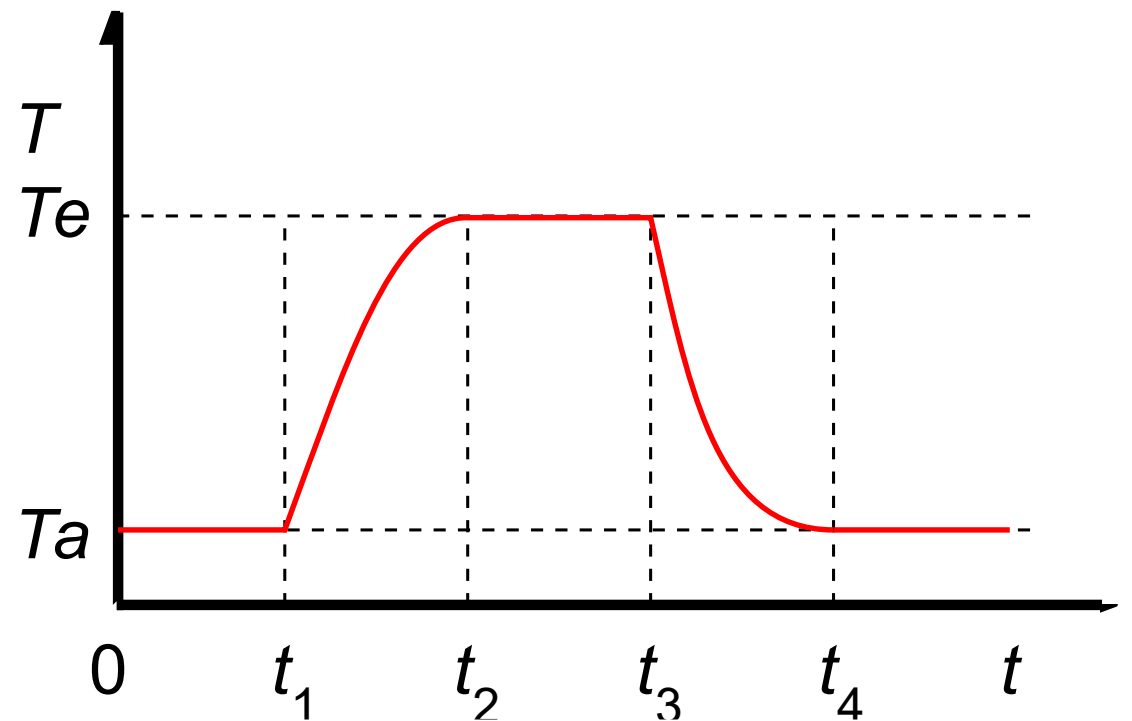
# Estados



Estado: Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado.

# Estados y eventos del calentador

- Estado inicial: estado estacionario,  $t < t_1$ .
- Calentamiento: estado dinámico,  $t_1 \leq t < t_2$ .
- Régimen: estado estacionario,  $t_2 \leq t < t_3$ .
- Apagado: estado dinámico,  $t_3 \leq t < t_4$ .
- Estado final: estado estacionario,  $t_4 \leq t$ .



# Tipos de plantas químicas

## Proceso continuo

- Estado estacionario
- Operación simple
- Alto nivel de producción
- Pocos productos
- Costos bajos
- Pocos flexibles
- Ejemplo: Refinerías

## Proceso *batch* o discontinuo

- Estado dinámico
- Operación compleja
- Bajo nivel de producción
- Varios productos
- Costos elevados
- Flexibles
- Ejemplo: Laboratorios farmacéuticos, investigación

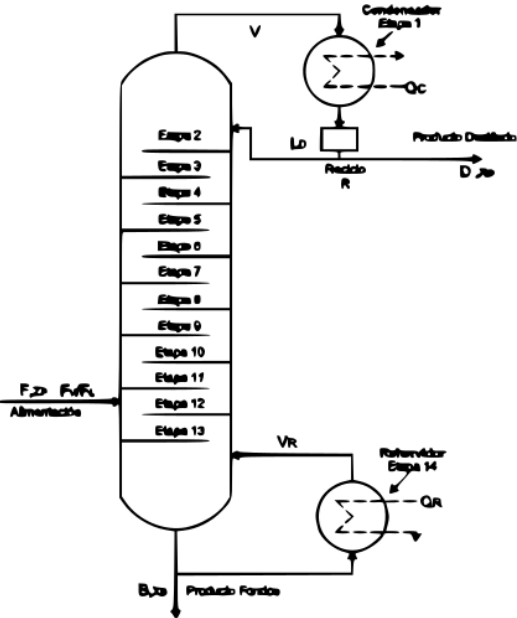
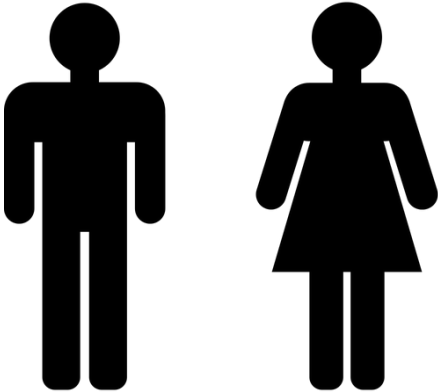
# Clasificación de sistemas

# Clasificación de sistemas

Conducta

Determinístico

Estocástico

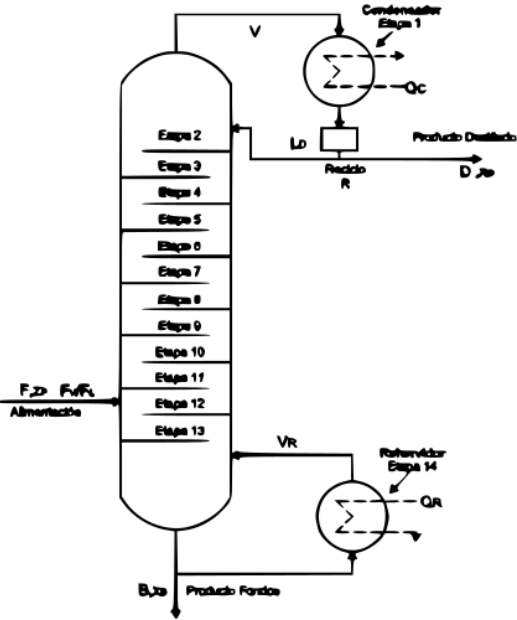
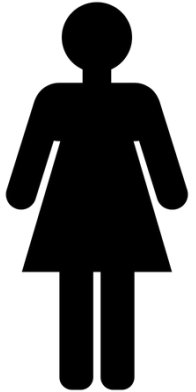
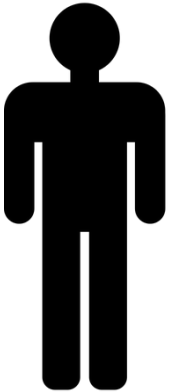


# Clasificación de sistemas

Conducta

Determinístico

Estocástico

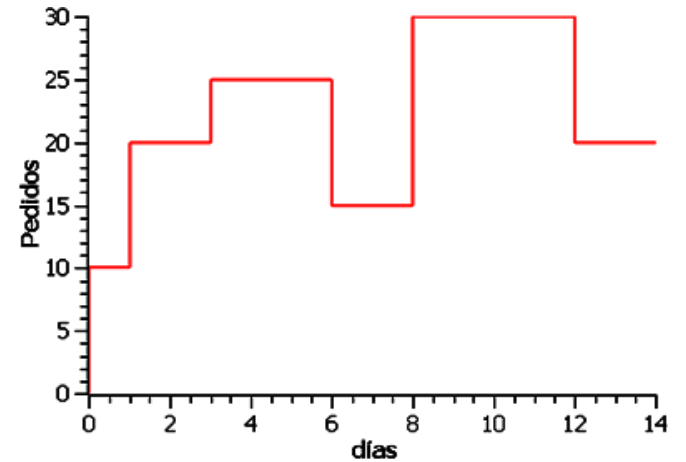
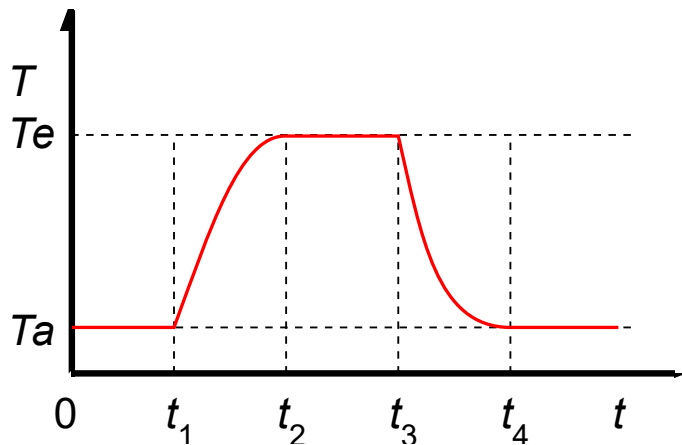


# Clasificación de sistemas

Evolución

Continuo

Discreto

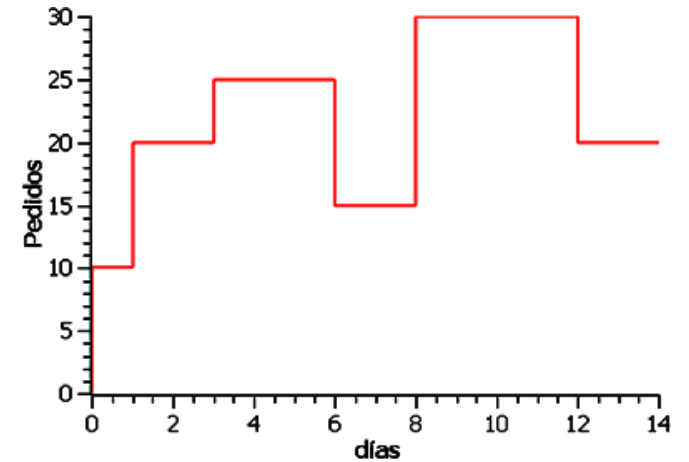
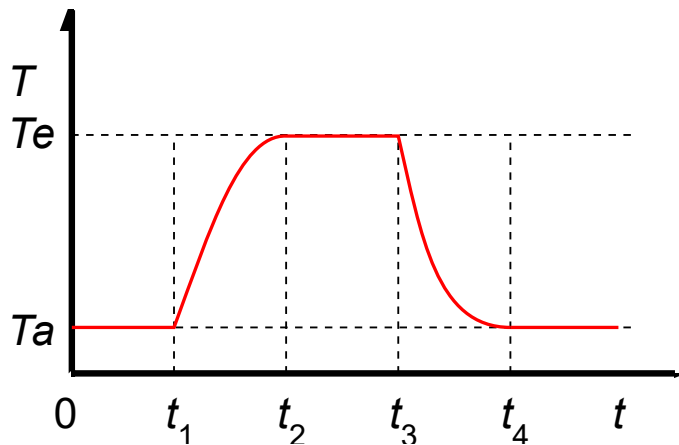


# Clasificación de sistemas

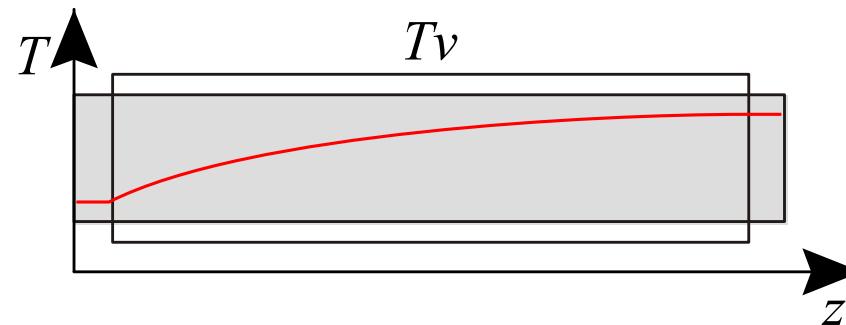
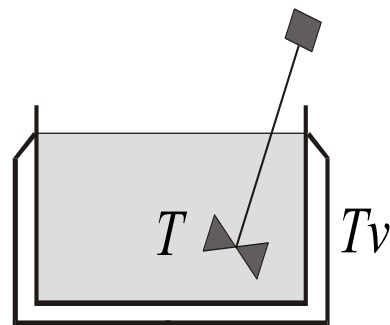
Evolución

Continuo

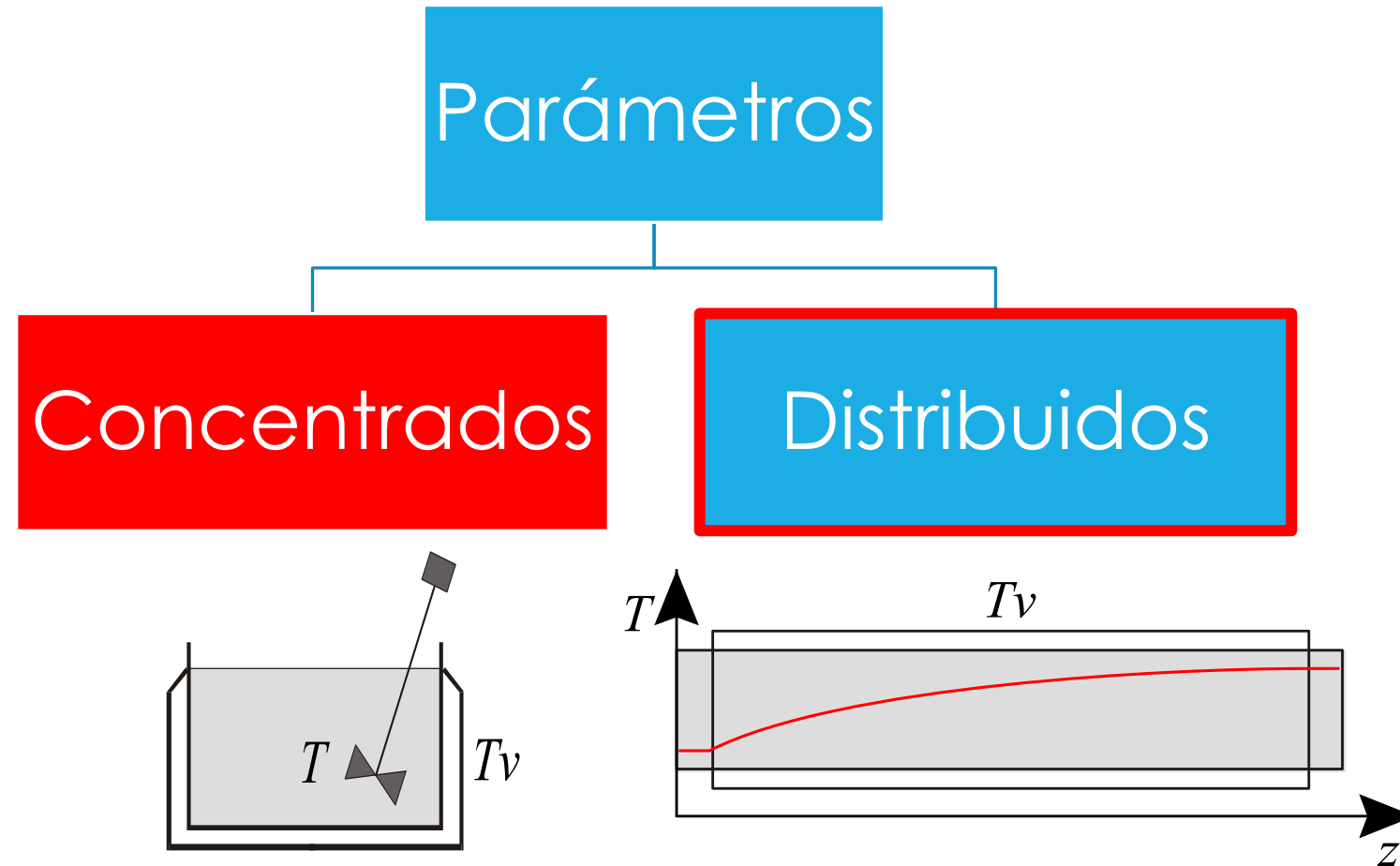
Discreto



# Clasificación de sistemas



# Clasificación de sistemas



# Etapas de una simulación

# Etapas de una simulación

1. **Formulación del problema:** Debe quedar perfectamente establecido el objetivo de la simulación.
2. **Definición del sistema:** Debe quedar definida la frontera.
3. **Formulación del modelo:** Desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real. Los aspectos relevantes están dados por el objetivo de la simulación.
4. **Recolección de datos:** Los datos pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones realizadas en el sistema real.

# Etapas de una simulación

- 5. Implementación del modelo:** El modelo es implementado utilizando algún lenguaje de programación.
- 6. Verificación:** Se comprueba que no hayan errores en la implementación del modelo. Se utilizan las herramientas de *debugging* provistas por el entorno de programación.
- 7. Validación:** Se comprueba la exactitud del modelo desarrollado. Se comparan las predicciones del modelo con mediciones realizadas en el sistema real, datos históricos o datos de sistemas similares.
- 8. Diseño de experimentos:** Se definen los experimentos a realizar.

# Etapas de una simulación

9. **Experimentación:** Se realizan las simulaciones de acuerdo el diseño previo.
10. **Análisis:** Se trata de cumplir con el objetivo del estudio a partir de los resultados de las simulaciones.
11. **Implementación de los resultados:** Se llevan al sistema real las conclusiones obtenidas en el estudio realizado.
12. **Documentación:** Incluye la elaboración de la documentación técnica y manuales de uso.

# Etapas de una simulación

- Implementación del modelo con planilla de cálculo (Excel):
  - Referencias relativas: A1
  - Referencias absolutas: \$A\$1
  - Referencias mixtas: A\$1, \$A1
  - Orden de precedencia: (), ^, \*/ , +-
  - Gráficos de dispersión, solo puntos.



LibreOfficeCalc  
de LibreOffice



EXCEL  
de Microsoft



Google Sheet  
de Google

[Aplicaciones de oficina](#)

# Orden de precedencia

Precedencia	Operador	Símbolo
1	Cálculos entre paréntesis	()
2	Negativo de un número	-
3	Porcentaje	%
4	Exponenciación	^
5	Multiplicación y división	* /
6	Suma y resta	+ -

Excel realiza los cálculos de izquierda a derecha.

[Prioridad de operadores en Excel](#)

# Orden de precedencia

Fórmula	Cálculo 1	Cálculo 2	Cálculo 3	Resultado
$=2^8/4*2+4$	$=256/4*2+4$	$=64*2+4$	$=128+4$	$=132$
$=2^{(8/4)*2+4}$	$=2^{2*2+4}$	$=4*2+4$	$=8+4$	$=12$
$=2^{((8/4)*2+4)}$	$=2^{(2*2+4)}$	$=2^{(4+4)}$	$=2^8$	$=256$
$=2^{(8/4*(2+4))}$	$=2^{(8/4*6)}$	$=2^{(2*6)}$	$=2^{12}$	$=4096$

Se separan y resuelven los términos.

# Particularidades de Excel

En otros lenguajes

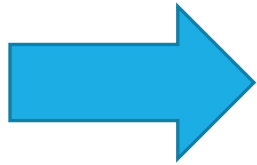
- $-2^2 = -4$
- $-2^2+1 = -3$
- $1-2^2 = -3$

En Excel

- $-2^2 = 4$
- $-2^2+1 = 5$
- $1-2^2 = -3$

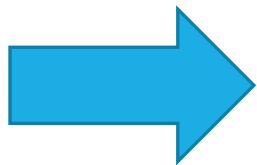
# Orden de precedencia

$$a \frac{1-r^{n+1}}{1-r}$$



$$a * (1 - r \wedge (n + 1)) / (1 - r)$$

$$\left( p + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb)$$



$$(p + n \wedge 2 * a / V \wedge 2) * (V - n * b)$$

Colocar solo los paréntesis necesarios.

# Orden de precedencia




Copilot

$$a \frac{1-r^{n+1}}{1-r}$$

Transcribe la siguiente expresión en una única línea de código para Visual Basic.


Aquí tienes la expresión en una única línea de código para Visual Basic:

Vb

 Copiar

```
SumaGeometrica = a * (1 - r ^ (n + 1)) / (1 - r)
```







Esta línea asigna el resultado de la suma geométrica directamente a la variable

`SumaGeometrica`. Si necesitas más ayuda con tu código, ¡estoy aquí para ayudarte! 

# Excel

- Ver videos del Módulo 1.
- Ver Tabla de multiplicar.xlsx

## Recursos

-  Video - Interpolación lineal con regla de tres simple archivo
-  Video - Interpolación lineal con una línea recta
-  Video - Orden de precedencia en Excel
-  Video - Referencias relativas y absolutas en Excel
-  Video - Gráficos y línea de tendencias en Excel
-  Guía TP 1

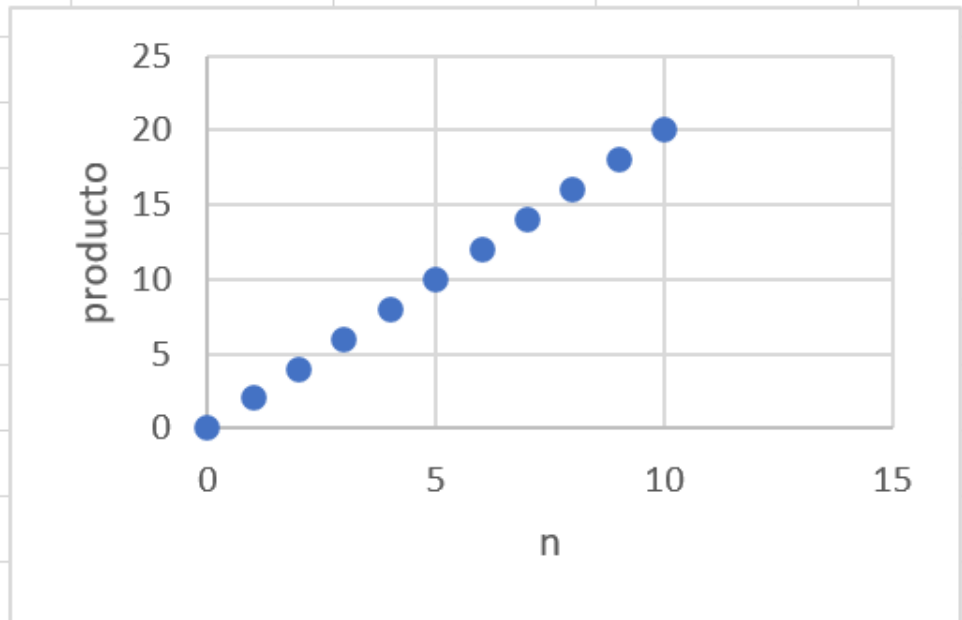
Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

E2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Tabla de multiplicar</b>								
2	<b>n</b>	<b>Producto</b>	<b>Factor =</b>	2					
3	0	0							
4	1	2							
5	2	4							
6	3	6							
7	4	8							
8	5	10							
9	6	12							
10	7	14							
11	8	16							
12	9	18							
13	10	20							
14									



Archivo Inicio **Insertar** Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Tablas Tabla dinámica Tablas dinámicas recomendadas Tabla de ilustraciones Gráficos recomendados Mapas Gráfico dinámico Mapa 3D Líneas Columnas Pérdidas y ganancias Segmentación de datos Escala de tiempo Vínculo Comentario Texto Símbolos

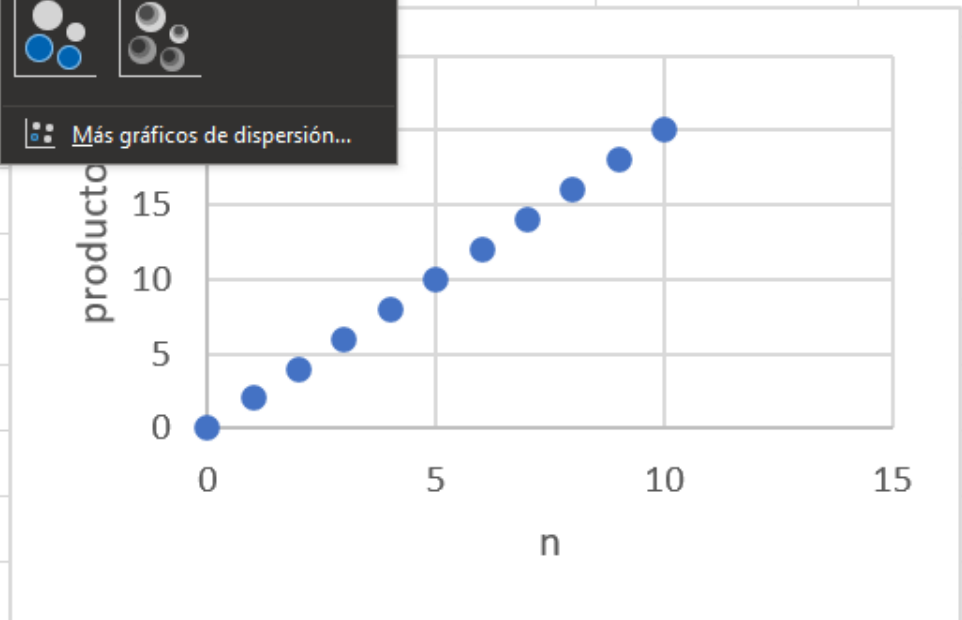
	A	B
1	<b>Tabla de multiplicar</b>	
2	<b>n</b>	<b>Producto</b>
3	0	0
4	1	2
5	2	4
6	3	6
7	4	8
8	5	10
9	6	12
10	7	14
11	8	16
12	9	18
13	10	20

Factor =

**Dispersión**

**Burbuja**

Más gráficos de dispersión...



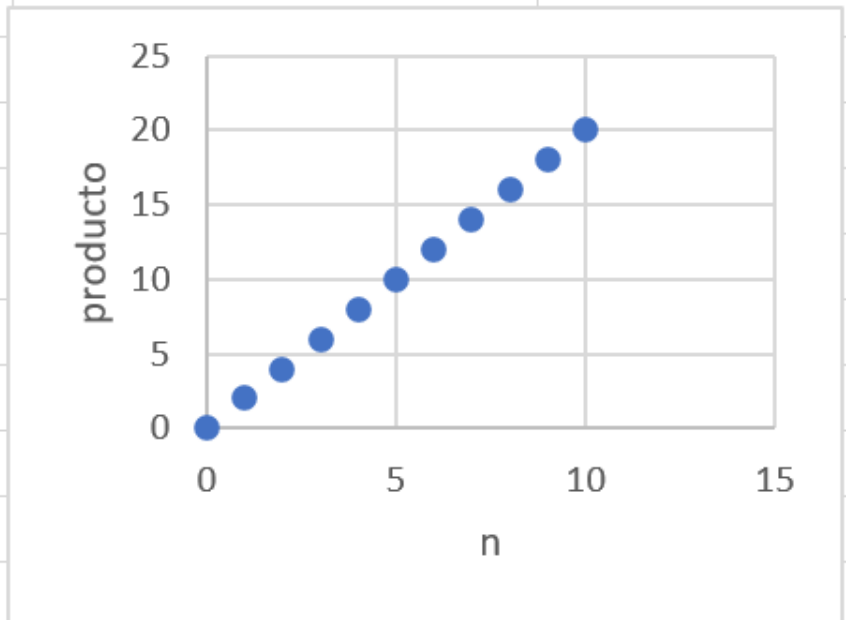
Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

B3 =A3\*D\$2

	A	B	C	D	E
1	<b>Tabla de multiplicar</b>				
2	<i>n</i>	<i>Producto</i>	<i>Factor =</i>	2	
3	0	=A3*D\$2			
4	=A3+1	=A4*D\$2			
5	=A4+1	=A5*D\$2			
6	=A5+1	=A6*D\$2			
7	=A6+1	=A7*D\$2			
8	=A7+1	=A8*D\$2			
9	=A8+1	=A9*D\$2			
10	=A9+1	=A10*D\$2			
11	=A10+1	=A11*D\$2			
12	=A11+1	=A12*D\$2			
13	=A12+1	=A13*D\$2			
14					



# Mapa curricular de definiciones

1. Clasificación de variables
2. Modos de simulación
3. Clasificación de estados
4. Clasificación de sistemas
5. Etapas de una simulación
6. Planilla de cálculo