

# Sistemas y Organizaciones

## Unidad 1.2: Sistemas Controlados

Cintia Aguado

Universidad de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur  
Hipólito Yrigoyen 879, Ushuaia

[caaguado@untdf.edu.ar](mailto:caaguado@untdf.edu.ar)

13 de marzo de 2023

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## 1 Sistemas Controlados

## 2 Clasificación de sistemas

## 3 Problemas de sistemas

## 4 Bibliografía

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## 1 Sistemas Controlados

## 2 Clasificacion de sistemas

## 3 Problemas de sistemas

## 4 Bibliografía

## Principio de la causalidad

- Principio filosófico según el cual todo hecho tiene una causa, de modo que las mismas causas en las mismas condiciones producen los mismos efectos.
- Es utilizado en muchos campos, por ejemplo:
  - La física, si se conoce con precisión la posición y la velocidad de un punto material en un momento determinado, teniendo de cuenta las fuerzas que actúan sobre él, se puede calcular el movimiento del mismo.
  - La epistemología, el cerebro recibe señales captadas por los sentidos y consecuentemente manda impulsos al cuerpo en forma de respuestas.

# Teoría General de Sistemas

## El comportamiento

- Hasta ahora no hemos supuesto nada acerca de la causalidad de las relaciones entre las variables del sistema.
- Las variables que se producen por el ambiente y causan sucesos en el sistema son independientes de éste y las llamaremos variables de entrada (variables independientes).
- Las variables producidas por el sistema, es decir, derivadas de las variables de entrada y de las propiedades del sistema, son dependientes de éste y las denominaremos variables de salida (variables dependientes).

## ¿Neutral o controlado?

- Si la clasificación es conocida diremos que se conoce un control del sistema, o que es lo mismo, que el sistema es controlado.
- Si, por el contrario, deseamos puntualizar que el control del sistema no es conocido, diremos que el sistema es neutral.

## Sistemas controlados

- Los sistemas controlados representan, sin duda, la más importante clase de sistemas.
- La clasificación de las variables en entradas y salidas se conoce en la mayoría de los casos.
- Esta es la razón por la que probablemente la mayoría de las teorías de sistemas elaboradas suponen el control como previamente conocido.

## Definiciones:

### Definicion: (Sistemas Controlados)

**Sistemas Controlados:** Cuando sabemos que variables externas son de entrada y que variables externas son de salida. Los sistemas diseñados por el hombre son normalmente sistemas controlados.

### Definicion: (Variables de entrada)

**Variables de entrada:** Aquellas a través de las cuales el ambiente ejerce influencia sobre el sistema.

### Definicion: (Variables de salida)

**Variables de salida:** Aquellas a través de las cuales el sistema ejerce influencia sobre el ambiente.



## Retroalimentacion

- Se conoce también con los nombre de Retroaccion, Realimentacion, Reinput o Feedback.
- Es un mecanismo mediante el cual la información sobre la salida del sistema se vuelve a él convertida en una de sus entradas, esto se logra a través de un mecanismo de comunicación de retorno, y tiene como fin alterar de alguna manera el comportamiento del sistema.
- La retroalimentacion permite mantener al sistema en equilibrio. Como el sistema debe desarrollar formas de adaptacion o cambio, se considera fundamental que posea mecanismos de control.

# Teoría General de Sistemas

## Definiciones:

### Definicion: (Retroalimentacion)

Retroalimentacion (feedback): Un mecanismo mediante el cual la salida de un sistema es reingresada al mismo y utilizada para modificar el estado del sistema o las proximas salidas.

### Definicion: (Retroalimentacion positiva)

Retroalimentacion positiva: O de refuerzo, es la que aleja al sistema de su punto de equilibrio.

### Definicion: (Retroalimentacion negativa)

Retroalimentacion negativa: O de compensación, es la que tiende a mantener el sistema en su punto de equilibrio.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## **Sistemas controlados**

Nuestro ejemplo ha sido trabajado como un sistema neutral, así que vamos a re-definirlo como un sistema controlado.

Para esto tenemos que modificar un poco las definiciones que hemos realizado.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

Primera definicion de sistemas de Klir:

## Por sus Variables y su Nivel de Resolucion

# Definiciones

Definimos las variables de entrada:

- Sean  $x_1, x_2, \dots, x_n$  las variables externas de entrada.
- Sea  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  el conjunto de variables de entrada.

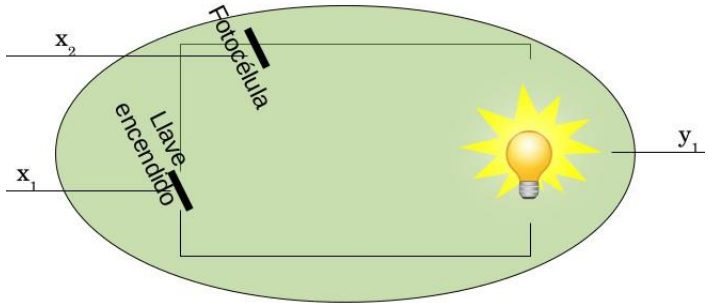
Definimos las variables de salida:

- Sean  $y_1, y_2, \dots, y_n$  las variables externas de salida.
- Sea  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  el conjunto de variables de salida.

Ejemplo:

- Variables externas de entrada:
  - $x_1 =$  Llave de encendido
  - $x_2 =$  Fotorélula
  - $X = \{x_1, x_2\}$
- Variables externas de salida:
  - $y_1 =$  Lamparita
  - $Y = \{y_1\}$

Veamos graficamente la definición de las variables.



# Definiciones

Definimos los estados registrables de cada una de las variables externas:

- Sean  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$  los conjuntos de estados registrables de las variables de entrada  $x_1, x_2, \dots, x_n$  respectivamente.
- Sean  $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n$  los conjuntos de estados registrables de las variables de salida  $y_1, y_2, \dots, y_n$  respectivamente.

Ejemplo:

- Estados registrables de las variables de entrada:
  - $\bar{x}_1 = \{\text{arriba, abajo}\}$
  - $\bar{x}_2 = \{\text{alta, media, baja}\}$
- Estados registrables de las variables de salida:
  - $\bar{y}_1 = \{\text{encendida, apagada}\}$

# Definiciones

## Realizamos la especificación temporal:

- Sea  $t$  el tiempo y  $T = \{t_0, t_1, \dots, t_n\}$  el conjunto de instantes o intervalos de tiempo en los que se llevan a cabo las observaciones.

## Definimos el nivel de resolución:

- Sea  $L = \{T, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n, \bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n\}$

## Realizamos la primera definición formal:

- Sea  $Z = \{X, Y, t, L\}$

### Ejemplo:

- Especificación temporal:
  - $t_i$  = Cada vez que se modifique el estado de alguna de las variables de entrada.
  - $T = \{t_i\}$
- Nivel de resolución:
  - $L = \{T, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{y}_1\}$



■ Primera definición formal:

■  $Z = \{X, Y, t, L\}$



SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

Segunda definición de sistemas de Klir:

# Por su Actividad

**Registramos la actividad del sistema, en una tabla de actividad:**

t	$x_1$	$x_2$	$y_1$
0	baja	baja	apagada
1	baja	media	apagada
2	baja	alta	apagada
3	arriba	alta	apagada
4	arriba	media	apagada
5	arriba	baja	prendida

Realizamos la segunda definición formal:

- Sea  $Z = \{(\underline{x}_{1(t)}, \dots, x_{n(t)}, y_{1(t)}, \dots, y_{m(t)}) \mid t \in T \wedge x_{i(t)} \in \underline{x}_i \wedge y_{j(t)} \in \underline{y}_j \wedge i \in [1..n] \wedge j \in [1..m]\}$

Ejemplo:

- Segunda definicion formal:
  - $\underline{Z} = \{(x_{1(t)}, \underline{x}_{2(t)}, y_{1(t)}) \mid t \in T \wedge x_{1(t)} \in \bar{x}_1 \wedge x_{2(t)} \in \underline{x}_2 \wedge y_{1(t)} \in \underline{y}_1\}$

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

Tercera definicion de sistemas de Klir:

# Por su Comportamiento

Definimos las variables principales:

- Sean  $p_1, p_2, \dots, p_m$  las variables principales de entrada y  $q_1, q_2, \dots, q_r$  las variables principales de salida.
- Cada variable principal  $p_j$  se define por una correspondencia biunívoca  $j \iff (i, a)$  de modo que:
  - $p_j = \underline{x}_{i(t+a)}$  con  $t \in T \wedge (t+a) \in T$
  - $p_j \in \underline{x}_i \wedge x_{i(t+a)} \in \underline{x}_i$
  - $j \in [1..m] \wedge i \in [1..n] \wedge m \geq n$  para variables de entrada.
  - $j \in [1..m] \wedge i \in [1..n] \wedge m = n$  para variables de salida.

Ejemplo:

- Variables principales de entrada:
  - $p_1 = x_{1(t)}$
  - $p_2 = x_{2(t)}$
- Variables principales de salida:
  - $q_1 = y_{1(t)}$

# Definiciones

Definimos los estados registrables de las variables principales:

- Sean  $\bar{p}_j = \underline{x}_i \iff p_j = x_{i(t+a)}$ , los estados registrables de la variable de entrada  $p_j$ .
- Sean  $q_j = \underline{y}_i \iff q_j = y_{i(t+a)}$ , los estados registrables de la variable de salida  $y_j$ .

Ejemplo:

- Estados registrables de las variables principales:
  - $\bar{p} = x_1$
  - $\bar{p}_2^1 = x_2$
  - $q_3 = y_1$

# Definiciones

Definimos el comportamiento del sistema:

- Sean  $P = \mathbf{p}_1 \times \mathbf{p}_2 \times \dots \mathbf{p}_m$ , el producto cartesiano de los estados registrables de las variables de entrada.
  - Sea  $K_j \subseteq \bar{\mathbf{q}}_j \times P$ , el comportamiento de de la variable de salida  $q_j$ , con  $j \in [1..n]$ .
  - Sea  $K = \{K_1, K_2, ..K_n\}$  el comportamiento del sistema.
- Tercera definicion formal  $Z = K$

Ejemplo:

- Tercera definicion formal:
  - $K_1 = \{(q_1, (p_1, p_2)) \mid q_1 = \text{prendida} \iff p_1 = \text{arriba} \wedge p_2 = \text{baja}\}$
  - $K = \{K_1\}$
  - $Z = K$



SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

Cuarta definición de sistemas de Klir:

## Por el Universo del Discurso y de sus Acoplamientos

# Definiciones

Definimos los elementos del sistema:

- Sea  $a_0$  el ambiente.
- Sean  $a_1, a_2, \dots, a_n$  los elementos del sistema.
- Sea  $A = \{a_0, a_1, a_2, \dots, a_n\}$  el conjunto de elementos del sistema.

Ejemplo:

- $a_1 =$  el interruptor.
- $a_2 =$  la fotocélula.
- $a_3 =$  la lamparita.
- $A = \{a_0, a_1, a_2, a_3\}$

Definimos las variables principales de cada elemento:

- Sea  $E_i$  el conjunto de variables de entrada del elemento  $a_i$ , con  $i \in [0..n]$ .
- Sea  $S_i$  el conjunto de variables de salida del elemento  $a_i$ , con  $i \in [0..m]$ .

Definimos el comportamiento de cada elemento:

- Sea  $b_i$  el comportamiento del elemento  $a_i$ , con  $i \in [1..n]$ .
- Sea  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  el conjunto de los comportamientos de los elementos.

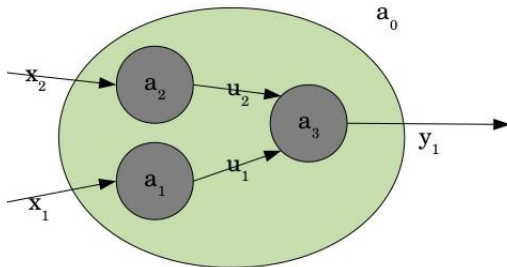
Definimos los acoplamientos entre elementos:

- Sea  $d_{ij} = S_i \cap E_j$  el acoplamiento entre  $a_i$  y  $a_j$ .
- Sea  $D = \{d_{ij} \mid i \in [0..n] \wedge j \in [0..n]\}$  la característica orientada del sistema.

Realizamos la cuarta definición formal:

- Cuarta definicion formal  $Z = \{B, D\}$

Veamos gráficamente la definición de los elementos:



# Definiciones

Ejemplo, elemento  $a_0$ :

- Variables de entrada  $VE_0 = \{y_1\}$ .
- Variables de salida  $VS_0 = \{x_1, x_2\}$ .

Ejemplo, elemento  $a_1$ :

- Variables de entrada  $VE_1 = \{x_1\}$ .
- Variables de salida  $VS_1 = \{u_1\}$ .
- Estados registrables de variables internas  $\underline{u}_1 = \{0, 1\}$ .
- Variables principales  $p_1 = x_{1(t)}$  y  $w_1 = u_{1(t)}$ .
- Comportamiento  
 $b_1 = \{(w_1, (p_1)) \mid w_1 = 1 \iff p_1 = \text{arriba}\}$ .

- Variables de entrada  $VE_2 = \{x_2\}$ .
- Variables de salida  $VS_2 = \{u_2\}$ .
- Estados registrables de variables internas  $\underline{u}_2 = \{0, 1\}$ .
- Variables principales  $p_2 = x_{2(t)}$  y  $w_2 = u_{2(t)}$ .
- Comportamiento  $b_2 = \{(w_2, (p_2)) \mid w_2 = 1 \wedge p_2 = \text{baja}\}$ .

- Variables de entrada  $VE_3 = \{u_1, u_2\}$ .
- Variables de salida  $VS_3 = \{y_1\}$ .
- Estados registrables de variables internas  $\underline{u}_1 = \underline{u}_2 = \{0, 1\}$ .
- Variables principales  $q_1 = y_{1(t)}$ ,  $w_1 = u_{1(t)}$  y  $w_2 = u_{2(t)}$ .
- Comportamiento
  - $b_3 = \{(q_1, w_1, w_2) \mid q_1 = \text{encendida} \iff w_1 = w_2 = 1\}$ .
  - $B = \{b_1, b_2, b_3\}$ .

# Definiciones

Ejemplo, acoplamientos:

- Entre  $a_0$  y  $a_1 \implies d_{01} = VS_0 \cap VE_1 = \{x_1\}$ .
- Entre  $a_0$  y  $a_2 \implies d_{02} = VS_0 \cap VE_2 = \{x_2\}$ .
- Entre  $a_1$  y  $a_3 \implies d_{13} = VS_1 \cap VE_3 = \{u_1\}$ .
- Entre  $a_2$  y  $a_3 \implies d_{23} = VS_2 \cap VE_3 = \{u_2\}$ .
- Entre  $a_3$  y  $a_0 \implies d_{30} = VS_3 \cap VE_0 = \{y_1\}$ .
- $C = \{d_{01}, d_{02}, d_{13}, d_{23}, d_{30}\}$

Realizamos la cuarta definición formal:

- Cuarta definicion formal  $Z = \{B, C\}$

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

Quinta definición de sistemas de Klir:

## Por sus Estados y Transiciones



# Definicion

Definimos los estímulos del sistema:

- Sean  $m_1, m_2, \dots, m_n$  los estímulos del sistema.
- Sea  $m = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$  el conjunto de estímulos del sistema (Estado de las variables de entrada que provoca una transición a un nuevo estado).

Ejemplo:

- $m_1 = (\text{abajo}, \text{alta})$
- $m_2 = (\text{abajo}, \text{media})$
- $m_3 = (\text{abajo}, \text{baja})$
- $m_4 = (\text{arriba}, \text{alta})$
- $m_5 = (\text{arriba}, \text{media})$
- $m_6 = (\text{arriba}, \text{baja})$
- $M = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_6\}$

# Definicion

Definimos los estados del sistema:

- Sean  $s_1, s_2, \dots, s_n$  los estados del sistema.
- Sea  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  el conjunto de estados del sistema.

Ejemplo:

- $s_1 = (\text{abajo}, \text{alta}, \text{apagada})$
- $s_2 = (\text{abajo}, \text{media}, \text{apagada})$
- $s_3 = (\text{abajo}, \text{baja}, \text{apagada})$
- $s_4 = (\text{arriba}, \text{alta}, \text{apagada})$
- $s_5 = (\text{arriba}, \text{media}, \text{apagada})$
- $s_6 = (\text{arriba}, \text{baja}, \text{encendida})$
- $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$

Definimos las transiciones entre los estados:

- Sea el conjunto  $R \subseteq ((M \times S) \times S)$  el conjunto completo de transiciones.
- La quinta definicion  $Z = \{S, M, R\}$ .

Ejemplo:

- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| ■ $r_1 = ((m_2, s_1), s_2)$ | ■ $r_8 = ((m_5, s_4), s_5)$    |
| ■ $r_2 = ((m_4, s_1), s_4)$ | ■ $r_9 = ((m_1, s_4), s_1)$    |
| ■ $r_3 = ((m_5, s_2), s_5)$ | ■ $r_{10} = ((m_4, s_5), s_4)$ |
| ■ $r_4 = ((m_3, s_2), s_3)$ | ■ $r_{11} = ((m_6, s_5), s_6)$ |
| ■ $r_5 = ((m_1, s_2), s_1)$ | ■ $r_{12} = ((m_2, s_5), s_2)$ |
| ■ $r_6 = ((m_6, s_3), s_6)$ | ■ $r_{13} = ((m_5, s_6), s_5)$ |
| ■ $r_7 = ((m_2, s_3), s_2)$ | ■ $r_{14} = ((m_3, s_6), s_3)$ |

- $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7, r_8, r_9, r_{10}, r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}\}$
- La quinta definicion  $Z = \{M, S, R\}$ .

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## 1 Sistemas Controlados

## 2 Clasificacion de sistemas

## 3 Problemas de sistemas

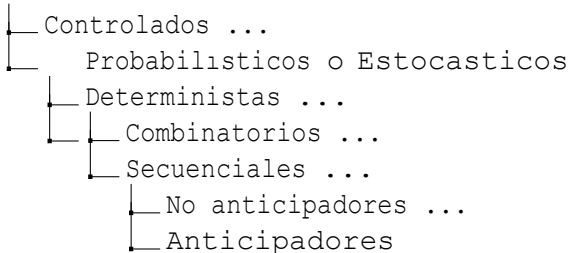
## 4 Bibliografía

# Teoría General de Sistemas

¿La clasificación entre sistemas neutrales y controlados es la única?

## Jerarquía de sistemas

Sistemas Neutrales



# Teoría General de Sistemas

## Definiciones:

### Definicion: (Sistemas Probabilísticos)

Sistemas Probabilísticos: Al menos una de las relaciones entre las variables, no es una funcion.

### Definicion: (Sistemas Deterministas)

Sistemas Deterministas: La variables principales de salida son funciones de otras variables principales.

### Definicion: (Sistemas Combinatorios)

Sistemas Combinatorios: Todas las variables principales se definen en base solo a los valores actuales o instantáneos de las variables externas.

# Teoría General de Sistemas

## Definiciones:

### Definicion: (Sistemas Secuenciales)

Sistemas Secuenciales: Al menos una de las variables principales no se define como el valor actual de una variable externa.

### Definicion: (Sistemas No Anticipadores)

Sistemas No Anticipadores: Ninguna variable principal se define en base a los valores futuros de variables externas.

### Definicion: (Sistemas Anticipadores)

Sistemas Anticipadores: Al menos una variable principal se define en base a un valor futuro de una variable externa.

# Teoría General de Sistemas

## Otras clasificaciones de sistemas:

### Por su relacion con el ambiente:

- **Sistemas abiertos:** Sistema que intercambia materia, energía o informacion con el ambiente.
- **Sistemas cerrados:** Sistema que no intercambia materia, energía o informacion con el ambiente.

### Por su naturaleza:

- **Sistemas concretos:** Sistema físico o tangible.
- **Sistemas abstractos:** Sistema simbolico o conceptual.



# Teoría General de Sistemas

## Otras clasificaciones de sistemas:

### Por su origen:

- **Sistemas naturales:** Sistema generado por la naturaleza.
- **Sistemas artificiales:** Sistema producto de la actividad humana; son concebidos y contruidos por el hombre.

### Por sus relaciones:

- **Sistemas simples:** Sistema con pocos elementos y relaciones.
- **Sistemas complejos:** Sistema con numerosos elementos y relaciones entre ellos.

# Teoría General de Sistemas

## Otras clasificaciones de sistemas:

### Por su cambio en el tiempo:

- **Sistemas estáticos:** Sistema que no cambia en el tiempo.
- **Sistemas dinámicos:** Sistema que cambia en el tiempo.

### Por el tipo de variables que lo definen:

- **Sistemas discretos:** Sistema definido por variables discretas.
- **Sistemas continuos:** Sistema definido por variables continuas.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## 1 Sistemas Controlados

## 2 Clasificación de sistemas

## 3 Problemas de sistemas

## 4 Bibliografía

## Problemas de sistemas

- En cualquier problema relativo a sistemas empezamos con ciertas propiedades conocidas del mismo, y tenemos que descubrir las restantes propiedades.
- Trabajando con sistemas, encontramos los siguientes tres tipos de problemas:
  - Análisis de sistemas.
  - Investigación de sistemas como **“caja negra”**.
  - Síntesis o diseño de sistemas.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## Análisis de sistemas

- En el caso del análisis de un sistema, la organización del sistema o parte de ella es conocida.
- La tarea del análisis es descubrir el comportamiento.

## Investigación de sistemas considerado como “caja negra”

- El término caja negra ha sido adoptado para todo sistema cuya organización y/o comportamiento son desconocidos (o conocidos de forma incompleta) y tiene que determinarse uno o ambos.
- Por otra parte, las características relevantes del sistema se suponen observables y/o medibles, y son obtenibles por experimentación.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## Síntesis o diseño de sistemas

- En cierto sentido, la síntesis o diseño de un sistema es el problema inverso de su análisis.
- Debemos descubrir una organización del sistema que produzca el comportamiento prescrito o deseado.

SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía

## 1 Sistemas Controlados

## 2 Clasificación de sistemas

## 3 Problemas de sistemas

## 4 Bibliografía



SyO

Aguado

Controlados

Clasificación

Problemas

Bibliografía



Arabany Ramirez C. Teoría de sistemas. Universidad Nacional de Colombia, 2002.



Van Gigch, John P. John P. Teoría general de sistemas. Trillas, 1987.



Klir, George J., Francisco José Valero Lopez y Eduardo Bueno Campos. Teoría general de sistemas: un enfoque metodológico. Ice, 1981.