



TEORIA DEL CONTROL I: INTRODUCCION AL CONTROL

Responsables: Rubén Garrido
 Moisés Bonilla

OBJETIVO

Proporcionar un panorama sobre algunos de los tópicos relevantes de la teoría de control mediante **prácticas de laboratorio**.

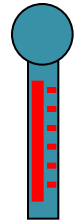
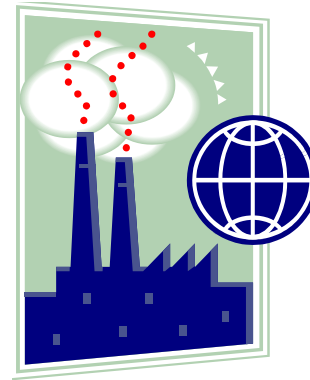
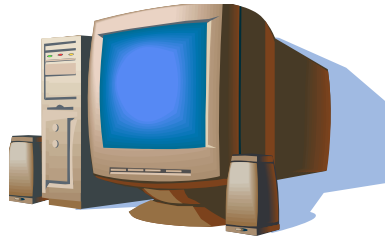
Estos tópicos serán objeto de un estudio más detallados en cursos subsecuentes dentro del plan de estudios del programa de maestría.

¿Qué es el Control Automático?

Algunas Definiciones

- K. Ogata: El **Control Automático** trata del **análisis** y **diseño** de sistemas de control.
- R.C. Dorf: La **Ingeniería de Control** concierne al **análisis** y **diseño** de sistemas orientados a un fin específico.
- Es la disciplina que estudia **algoritmos**, que aplicados a una planta dada, permiten **garantizar** su **funcionamiento** de acuerdo a **especificaciones** predefinidas.

Esquema de un sistema de control industrial



Consigna



ALGORITMO DE CONTROL



Planta

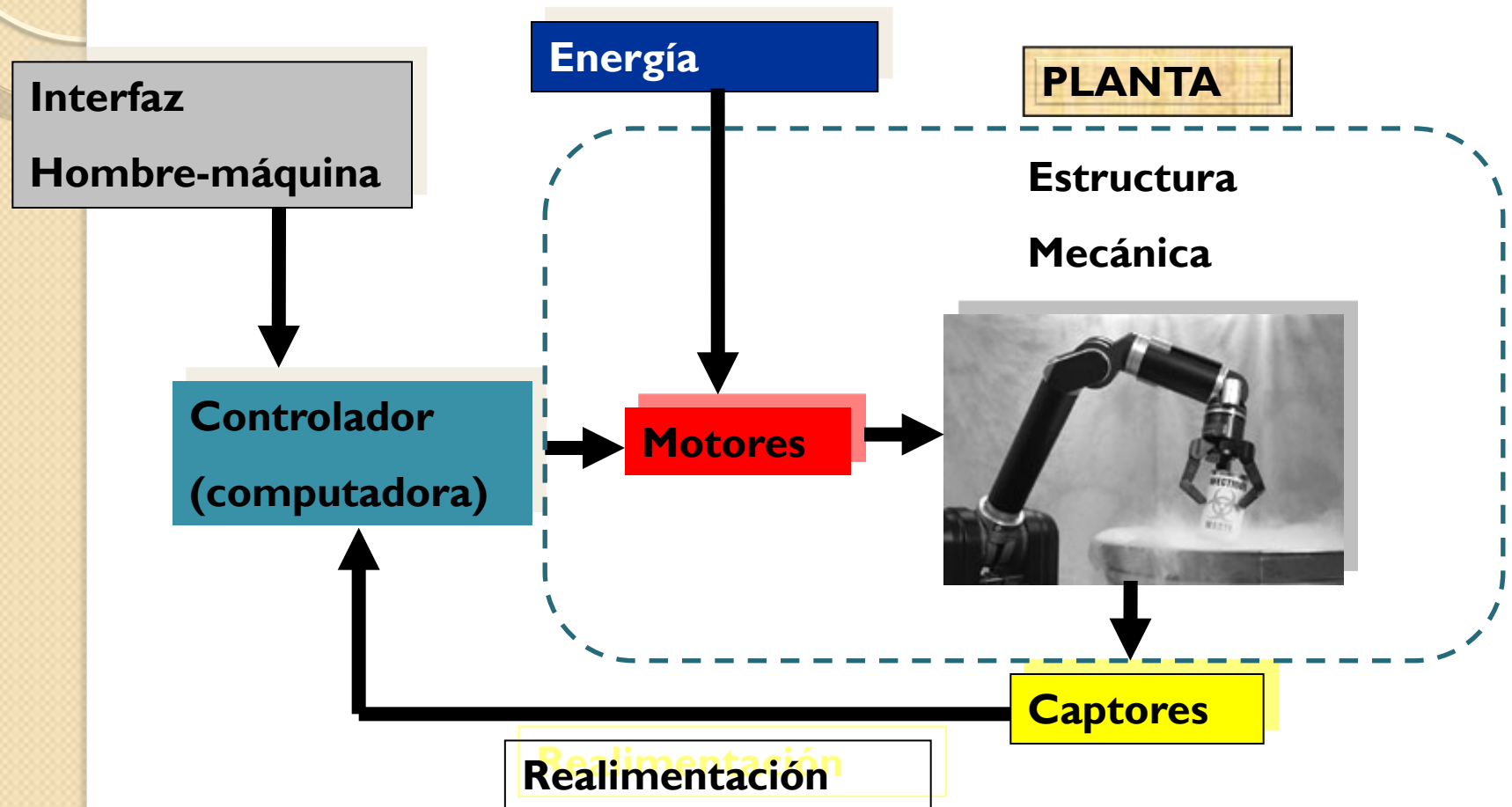


Sensores



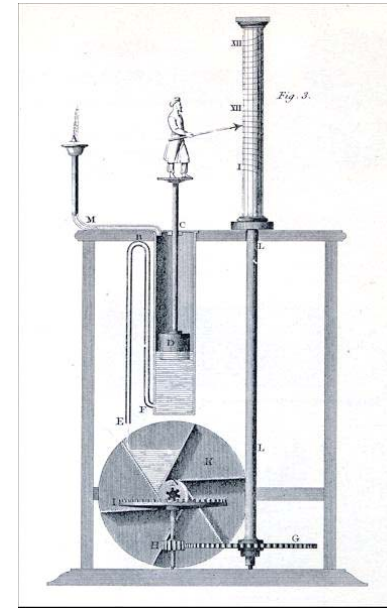
Realimentación

Esquema de un sistema de control de un Robot Industrial



Motivaciones prácticas <http://arri.uta.edu/acs/history.htm> Un poco de Historia

Regulación del flujo de agua en relojes (Grecia Antigua).



WIKIPEDIA

Regulación de la orientación
en molinos de viento para el
bombeo de agua y para
moler grano
(Europa, Siglos XVI-XVIII).

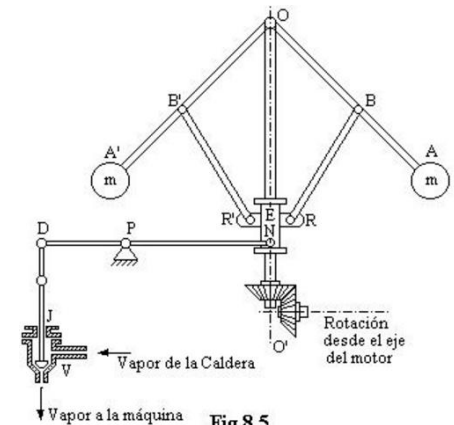
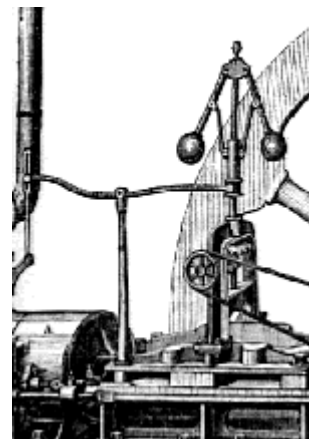


Motivaciones prácticas

Un poco de Historia

Regulación de la presión de vapor (Papin, siglo XVII).

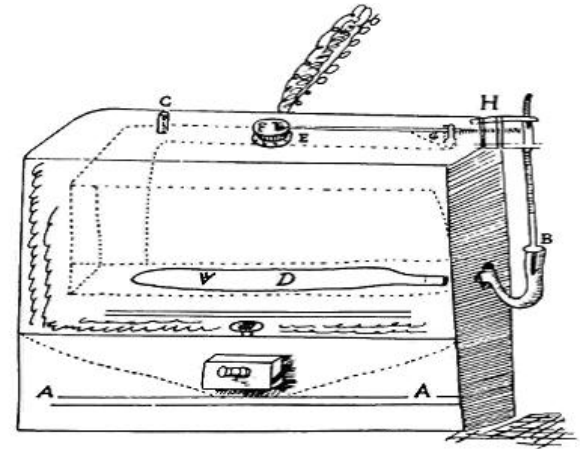
Regulación de la velocidad en máquinas de vapor (Watt, Siglo XVIII,).



Motivaciones prácticas

Un poco de Historia

Regulación de la temperatura,
(Cornelius Drebbel, siglo
XVII).

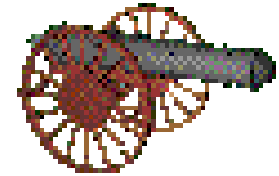


INCUBADORA

Motivaciones prácticas

Un poco de Historia

- Realimentación negativa en amplificadores electrónicos (Black, 1927)
- Control de barcos (PID) (Sperry, 1911) (Minorsky, 1922)
- Sistemas para apuntar cañones (Segunda Guerra Mundial).



Motivaciones prácticas

Un poco de Historia

Estudio teórico de la estabilidad de ecuaciones diferenciales lineales (1868) (Maxwell, 1868)

$$\ddot{x} + a_1 \dot{x} + a_2 x = 0$$

Criterios de estabilidad (Routh 1877), (Hurwitz 1895)

$$P(s) = a_2 s^2 + a_1 s + a_0 = 0$$
$$a_2 > 0; a_1 > 0; a_0 > 0$$

Teoría de estabilidad de ecuaciones diferenciales no lineales, generalización de la noción de energía. (Lyapunov 1892)

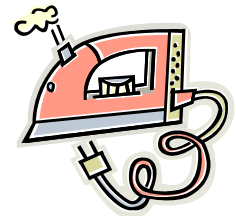
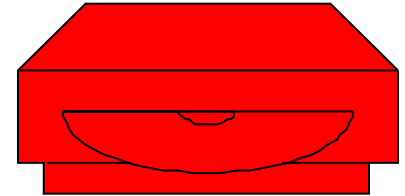
$$V = \frac{1}{2} x^T P x$$



APLICACIONES

Vida diaria

- Lectores de CD
- Discos Duros
- Control de temperatura en calentadores de agua, planchas,...
- Control de la velocidad en trenes (metro).
- Cámaras y video-cámaras.

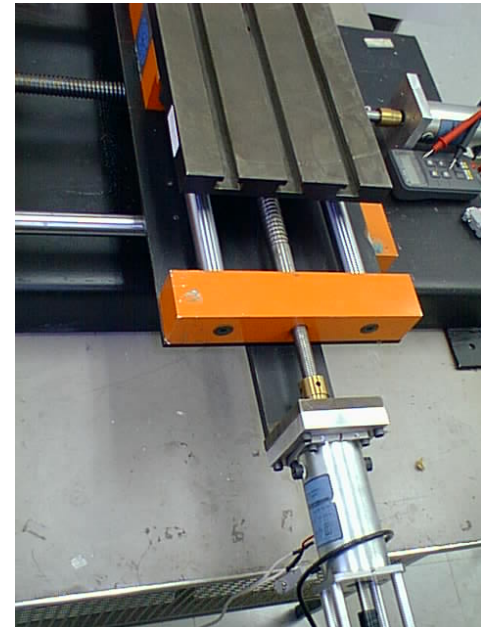
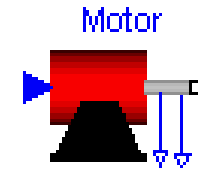


Industria

Servomecanismos.

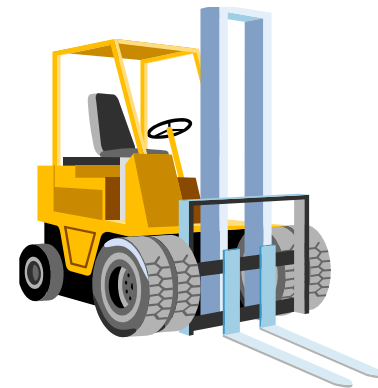
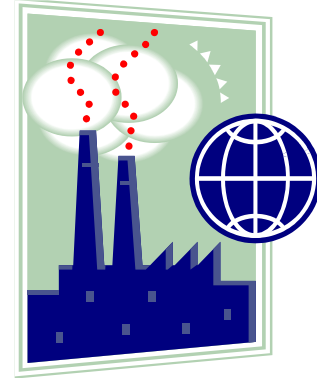
Control de máquinas
Herramientas.

Control de robots.

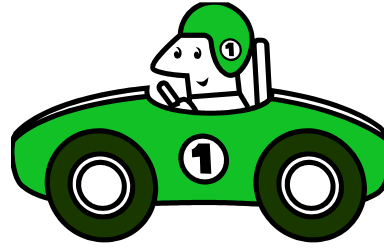


Industria

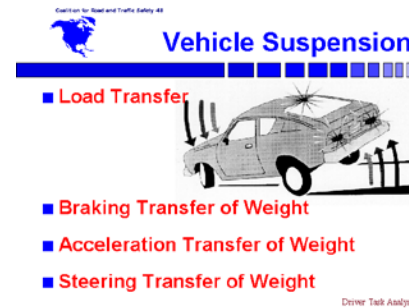
- Sistemas de manufactura.
- Control de temperatura (hornos, inyectoros de plástico, etc...).
- Sistemas hidráulicos (grúas)
- Reguladores de tensión electrónicos (convertidores CC-CC, balastras)



Automóviles



- Control de velocidad de crucero.
- Sistemas de frenos ABS.
- Suspensiones activas y semiactivas.
- Control de emisiones.
- Cajas de velocidades automáticas.
- *Drive by wire*



Medicina



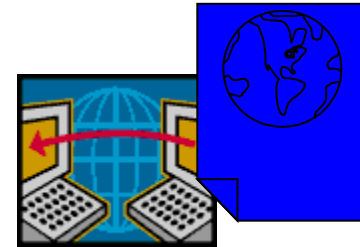
- Laparoscopia asistida por robots.
- Ortopedia (fijación precisa de prótesis).
- Suministro de medicamentos (drogas).



Medicina

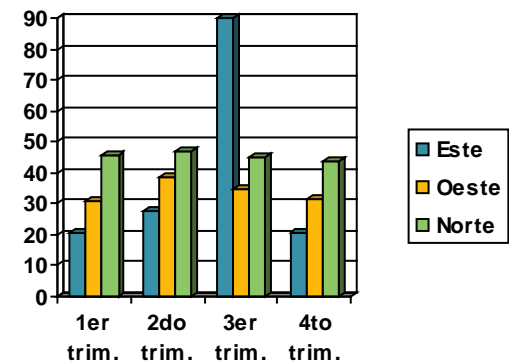
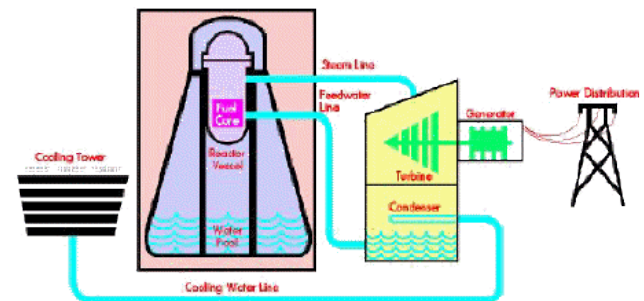


**Tele-cirugía y tele-
diagnóstico.
Rehabilitación
(utilizando robots).
Prótesis (algoritmos de
control)**



Sistemas complejos

- Modelado y control de tráfico de automóviles.
- Producción y distribución de energía.
- Modelado de difusión de contaminantes.
- Detección de fallas en sistemas de distribución de agua potable.
- Riesgo en ingeniería sísmica.
- Modelado de flujos migratorios.
- Regulación de procesos financieros.
- Industria Petroquímica



Otras aplicaciones.

- Control de telescopios.
- Vehículos inteligentes:
Robots móviles,
submarinos,
helicópteros, ...
- Control de
biorreactores.



¿Qué es el control automático?

“Es la ciencia que estudia los métodos, que aplicados a un sistema dado, permiten analizar su funcionamiento y garantizar su desempeño, sin intervención humana, de acuerdo con especificaciones predefinidas.”

“La teoría del control estudia el desempeño de los sistemas dinámicos. Cuando una o mas variables de salida del sistema deben seguir una salida deseada, o referencia, se utiliza un controlador para modificar las entradas del sistema con el fin de lograr el efecto deseado.” (Wikipedia)

“Es la acción automática cuyo fin es modificar el desempeño de un sistema dinámico por medio de la acción sobre sus entradas. Cuando la acción depende de la discrepancia entre el comportamiento deseado y el real, se tiene un control retroalimentado” (Enc. Larrousse)

ACTIVIDADES dentro del CONTROL AUTOMATICO

- ANALISIS
- DISEÑO E IMPLEMENTACION DE ALGORITMOS

AMBAS ACTIVIDADES NECESITAN DE
¡MODELOS!

¿Qué es un modelo?

- Es una “caricatura” de algo.
- Es una descripción hablada.
- Es una imagen en la mente.
- Es una abstracción.
- Es una **descripción matemática.**

MODELOS: Caricaturas



Caricatura de Cantinflas 1



Cantinflas



Caricatura de Cantinflas 2



Caricatura de Cantinflas 3

MODELOS: Descripciones verbales.



Cabello castaño y largo.

Tez blanca

Tiene bigote

Ojos café oscuro

Entre 35 y 45 años



Cabello corto.

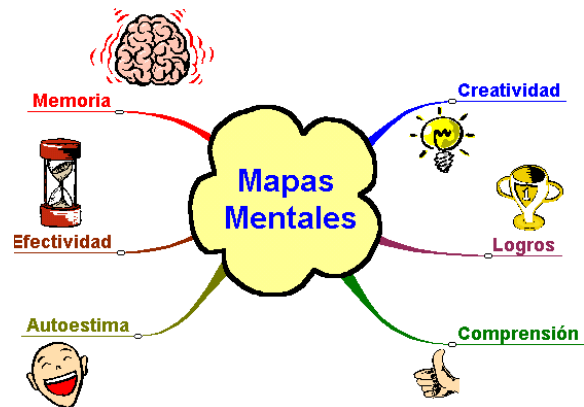
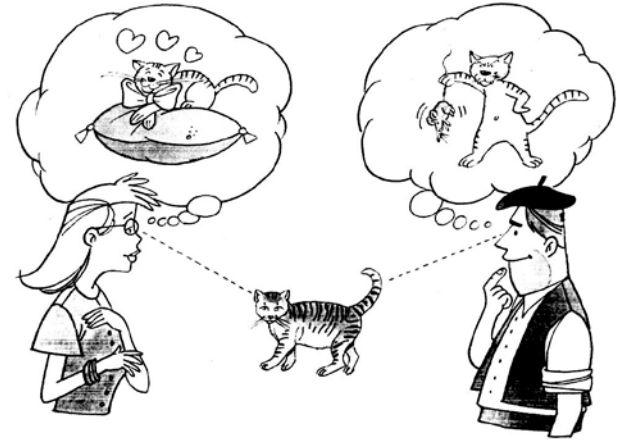
Tez morena

Tiene bigote pequeño

Ojos café oscuro

Entre 25 y 35 años

MODELOS Mentales



MODELOS: Abstracciones



Destrucción de Guernica,
País Vasco, España, 1937

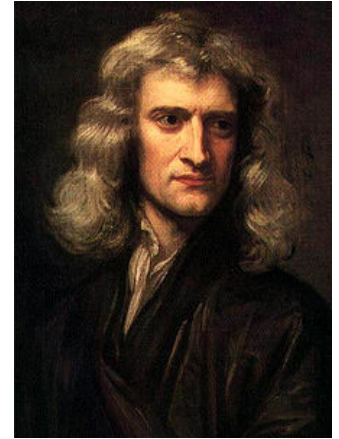
Guernica: Pablo Picasso
1937



MODELOS MATEMATICOS

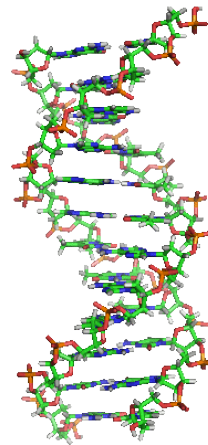
Leyes de Newton: Modelo Newtoniano.

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica



Teoría de la relatividad: Modelo Einsteiniano.

ADN



WIKIPEDIA

MODELOS Matemáticos

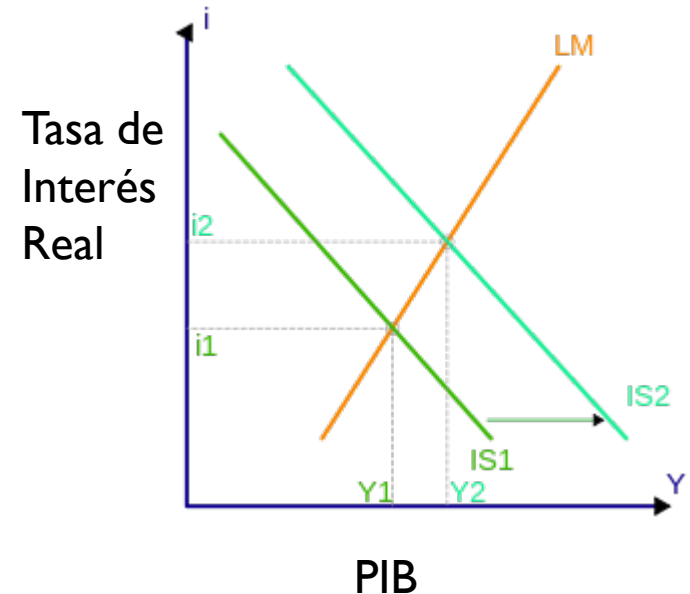
Modelo de una economía cerrada:

IS/LM Model: Investment Saving-Liquidity preference Money supply

CURVA IS: Tasa de Interés Real a la baja implica préstamos menos caros y por tanto más inversiones.

Más inversiones implican incremento del PIB, pero se pagan menos intereses a los inversionistas, los cuales tienen menos dinero que gastar

CURVA LM: Tasa de Interés Real a la alza implica más disponibilidad de dinero para comprar productos. Las tasas de interés altas le dan más rendimiento a los inversionistas y por tanto tienen más dinero para gastar.



Características de los MODELOS

Capturan la información más relevante de acuerdo a un problema



Sombrero

Copete

Bigote

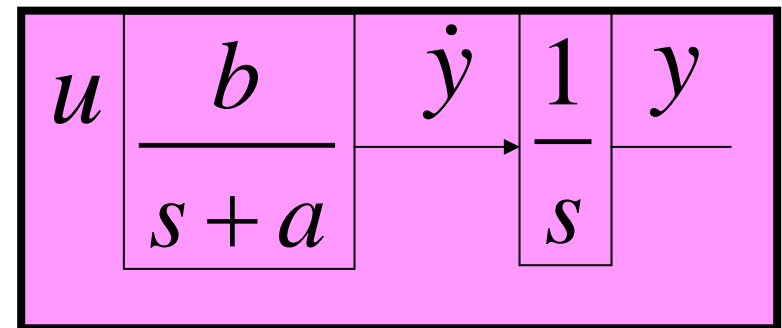
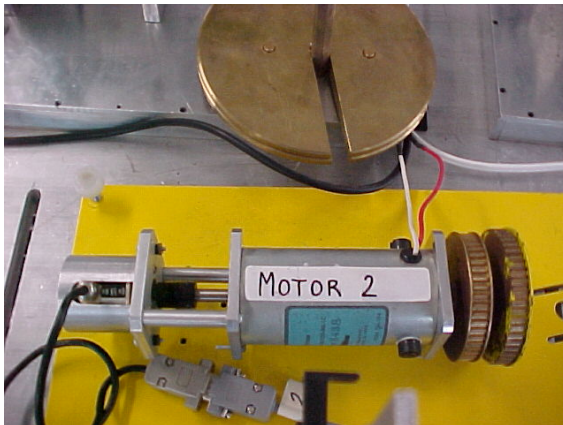


Características de los MODELOS

Capturan la información más relevante de acuerdo a un problema

Codifican las características más importantes.

Facilita la manipulación para:
Análisis, Simulación Numérica,
Diseño, Reconocimiento.



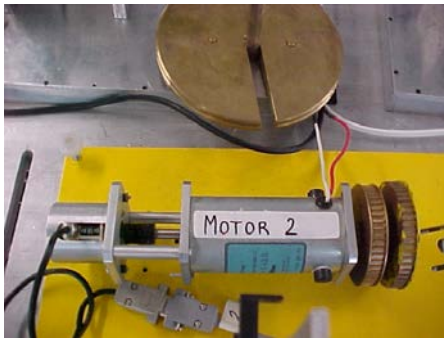
MODELOS Matemáticos en el Control Automático

El Control Automático emplea modelos matemáticos para la descripción de una planta o proceso.

- Lineales y no lineales
- Ecuaciones diferenciales o de diferencias
- Funciones de transferencia
- Deterministas o estocásticos
- Computacionales
- Híbridos
- Etc.

MODELOS Matemáticos en el Control Automático

EJEMPLO: Motor de Corriente Directa



Ecuación diferencial

$$\ddot{\theta} + a\dot{\theta} = bu$$

Función de Transferencia

$$\frac{\theta(s)}{u(s)} = G(s) = \frac{b}{s(s + a)}$$

Variables de estado

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + Bu \\ y &= CX\end{aligned}$$



CONTROL EN LAZO ABIERTO Y CONTROL EN LAZO CERRADO

Control en lazo abierto

La salida no tiene efecto sobre la entrada

Ejemplo: Lavadora de ropa



Funciona con base en un temporizador

La calidad del lavado no influye sobre su funcionamiento

Control en lazo abierto

Otro ejemplo

Control del tránsito vehicular; semáforos.



Control en lazo abierto

Ventajas y desventajas

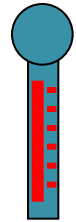
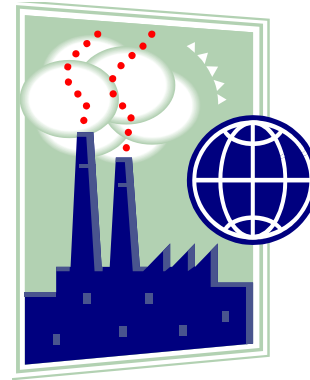
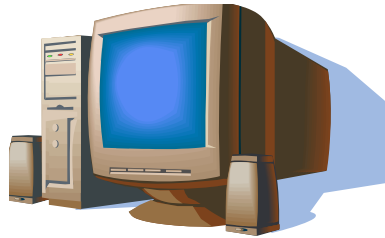
- Construcción más **simple**.
- Al no ser necesarias las mediciones de la salida, no necesita de sensores; **disminuye el costo**.
- **No hay problemas de estabilidad** si el sistema es inherentemente estable.
- En general **consume menos energía**.
- Es sensible a las **perturbaciones**.
- Se basa en muchos casos en una calibración; si ésta falla el desempeño no es adecuado.
Requiere re-calibración frecuente.

Control en lazo cerrado

Ventajas y desventajas

- Son más costosos; es necesario el uso de sensores para medir la o las salidas.
- Existen problemas de estabilidad aún si el sistema en lazo abierto es inherentemente estable.
- En general consume más energía.
- Es menos sensible a las perturbaciones y a las variaciones en los componentes y/o parámetros del sistema.
- No siempre requiere de calibración.

Esquema de un sistema de control industrial



Consigna



ALGORITMO DE CONTROL



Planta

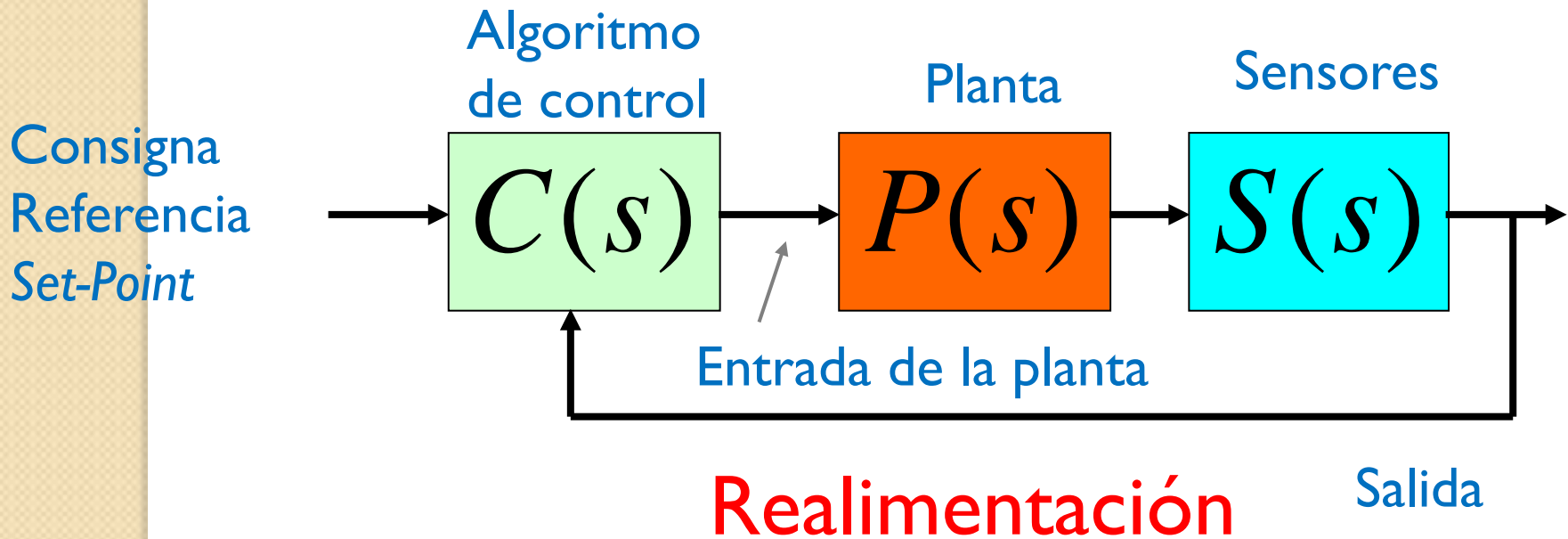


Sensores



Realimentación

MODELO MATEMATICO de un sistema de control industrial



Control en lazo cerrado:

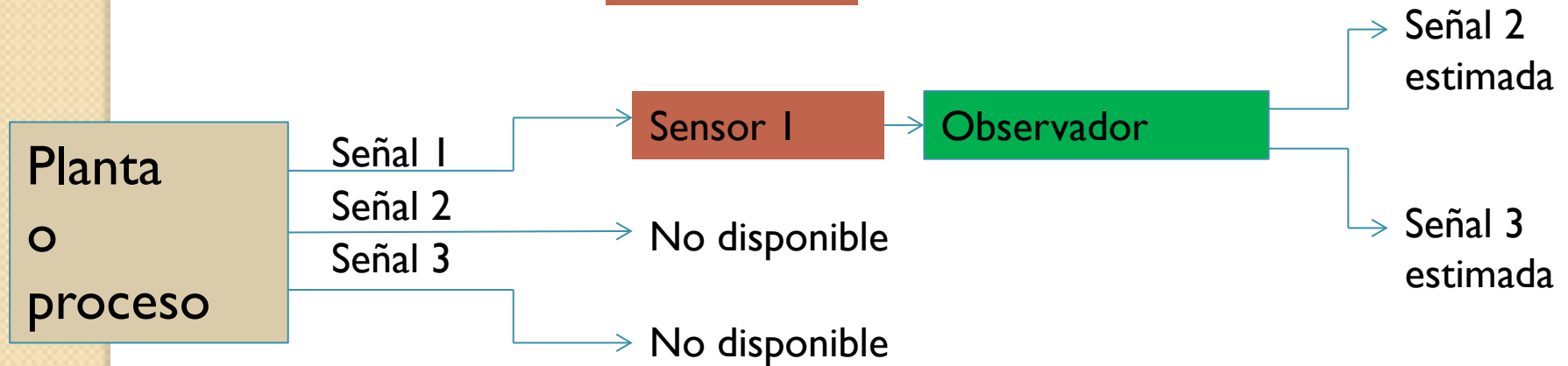
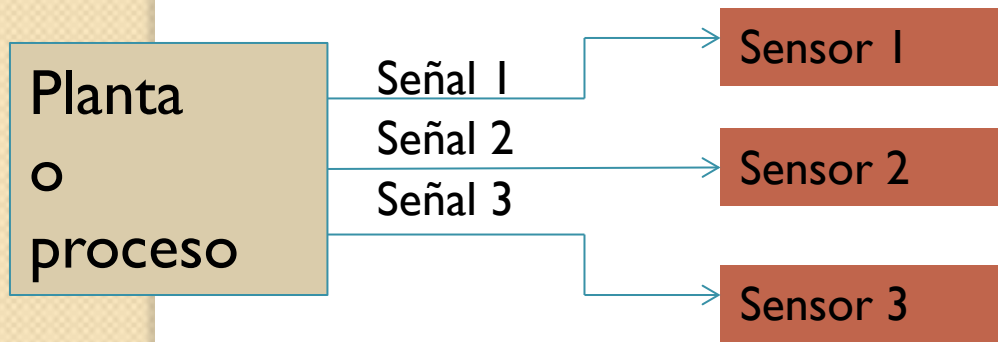
SENSORES

- Elemento fundamental en un sistema con realimentación.
- Pueden requerir re-calibración en el transcurso de su vida útil.
- Pueden ser costosos.
- En algunos casos sus mediciones son de naturaleza discontinua.
- En otros, producen voltajes los cuales pueden contener ruido y sesgos.

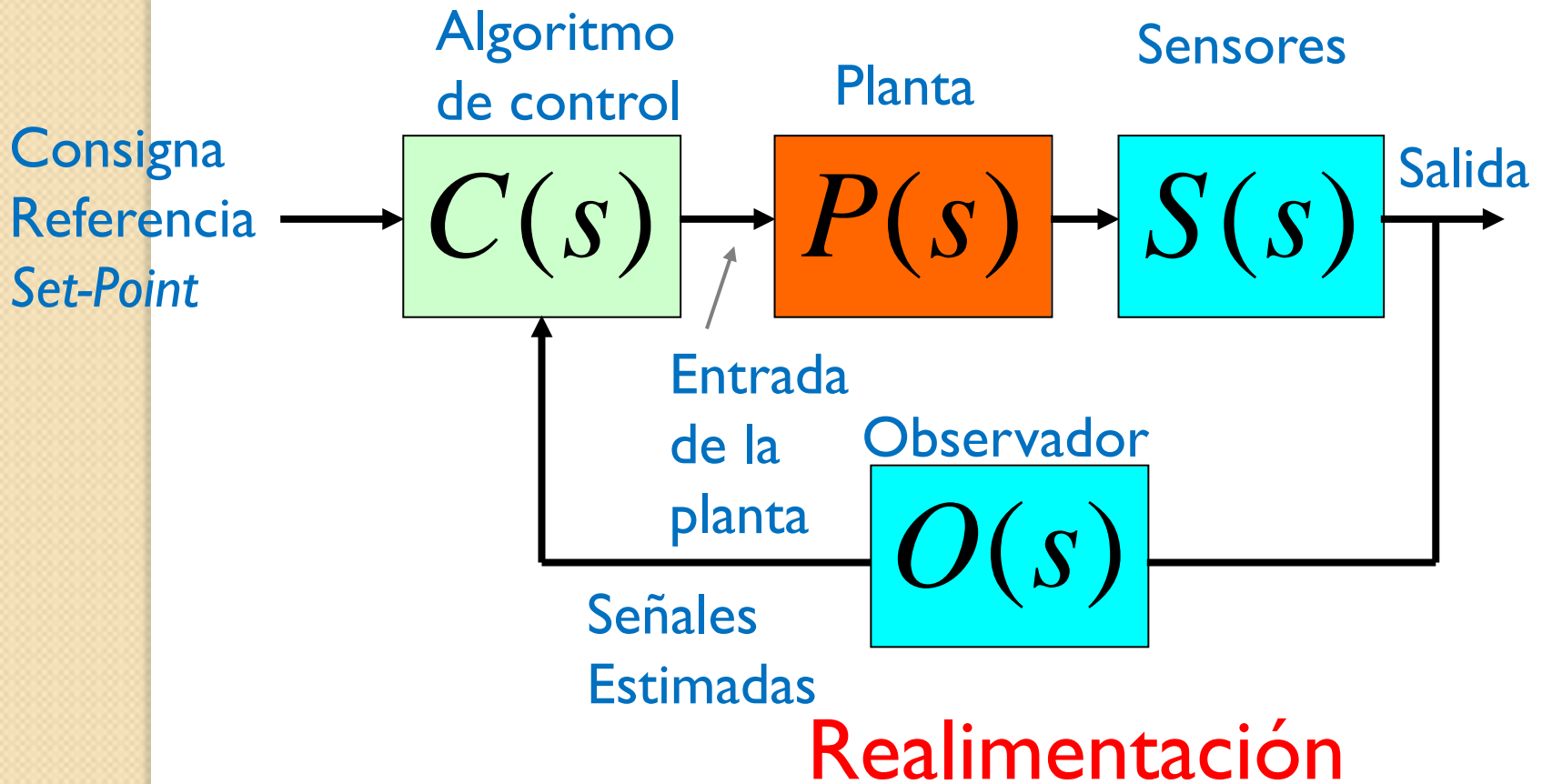
Control en lazo cerrado:

SENSORES Y OBSERVADORES

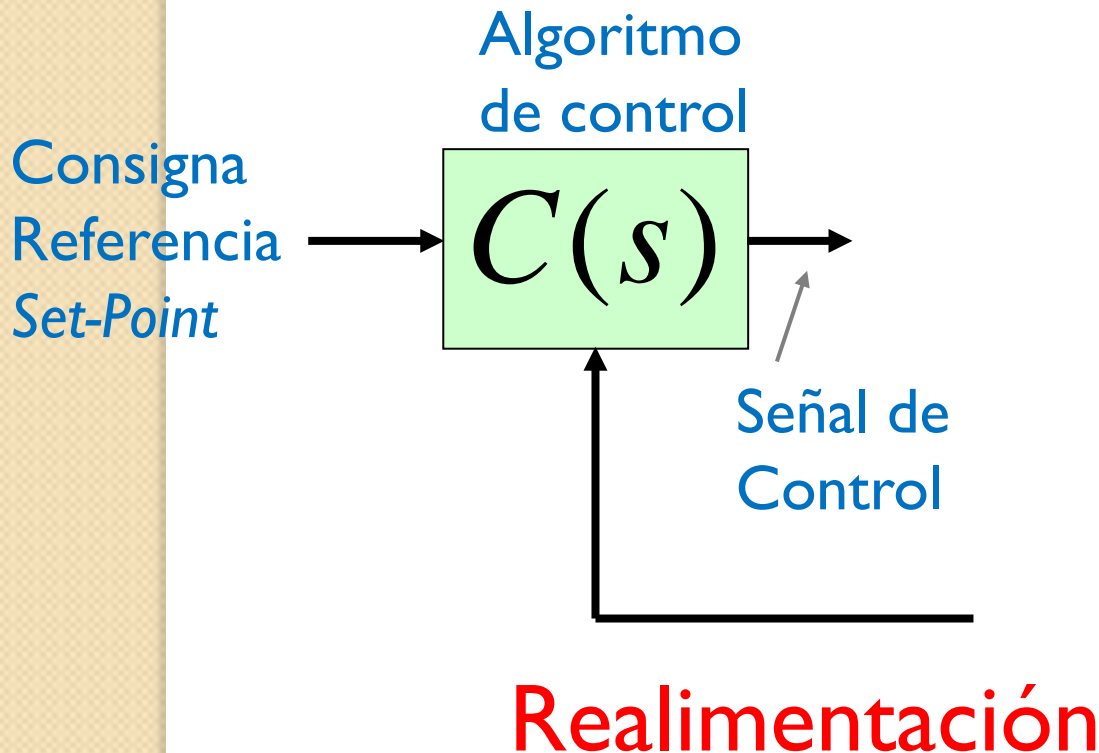
- Los observadores son algoritmos que estiman señales de una planta o proceso que no se pueden medir a partir de señales disponibles a través de sensores.



MODELO MATEMATICO de un sistema de control industrial



MODELO MATEMATICO de un sistema de control industrial



Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

SINONIMOS

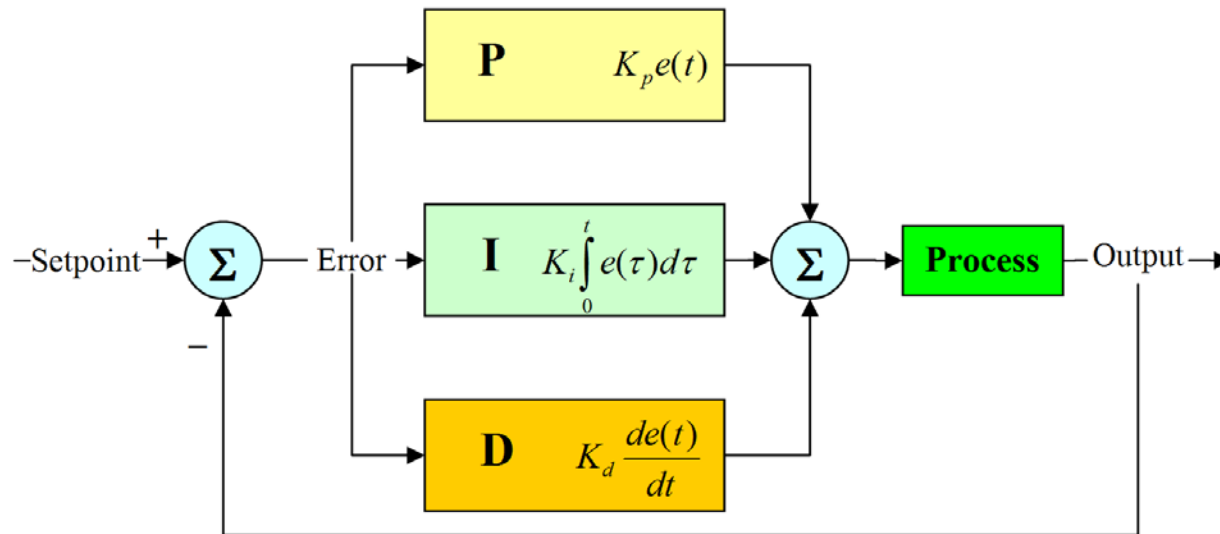
- Leyes de Control.
- Políticas de Control.
- Controladores.
- Algunas veces se considera un algoritmo de control al par controlador-observador.
- Pueden utilizar tanto señales de **REALIMENTACION** como señales de **PREALIMENTACION**.

Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

TIPOS DE ALGORITMOS DE CONTROL

Clásicos: PD, PI, PID, Redes de atraso-adelanto.

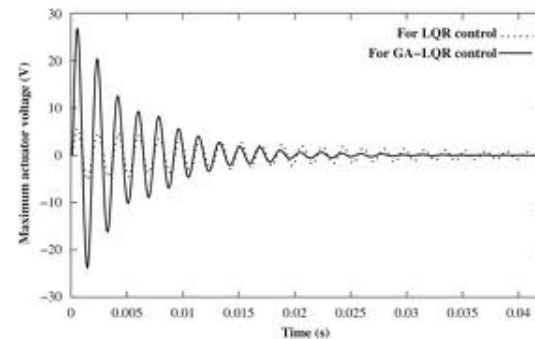
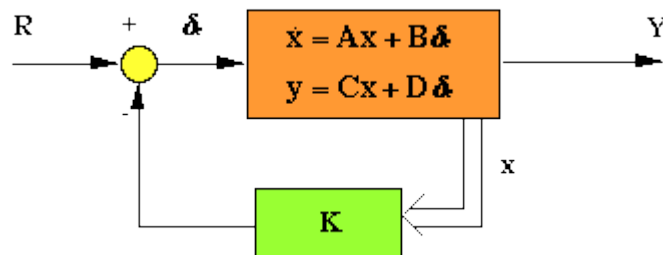


Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

TIPOS DE ALGORITMOS DE CONTROL

Enfoque de estado: Realimentación de estado,,
localización de polos, realimentación a partir
de un observador, LQR.

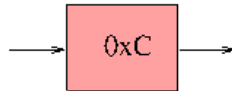
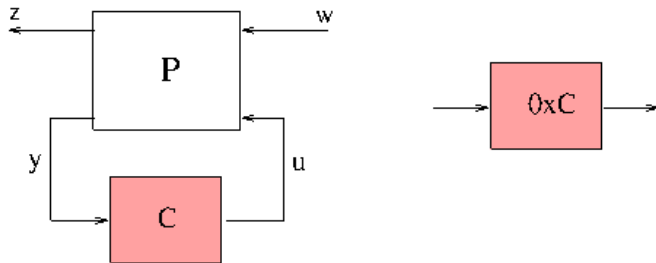


Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

TIPOS DE ALGORITMOS DE CONTROL

Enfoques robustos: Control H_{∞} .



George Zames

Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

TIPOS DE ALGORITMOS DE CONTROL

Enfoques adaptables: Seguimiento de modelo de referencia, localización de polos.

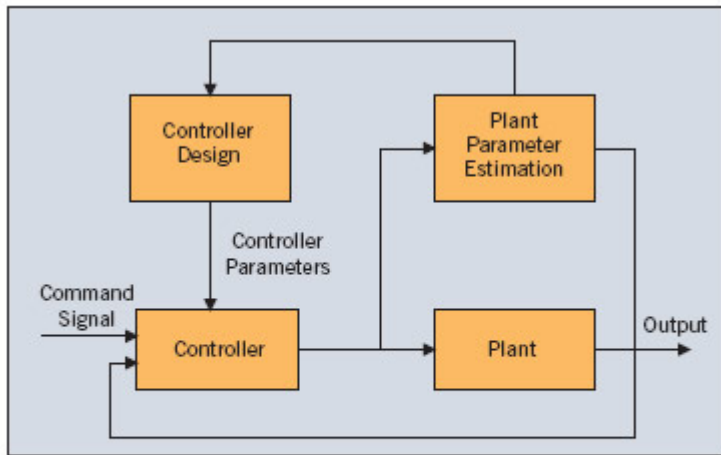


Fig. 4. Parameters of a typical adaptive controller are estimated by the 'plant parameter estimation' block and the controller meets some predetermined requirements, such as closed-loop bandwidth.

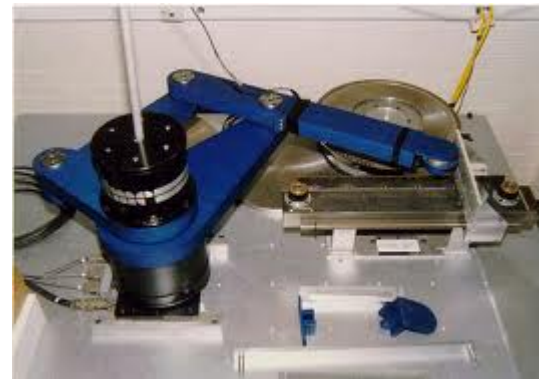
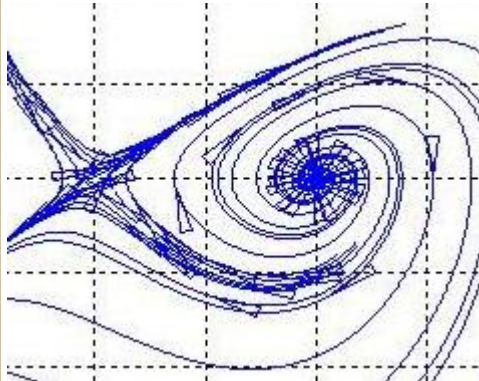


Control en lazo cerrado:

ALGORITMOS DE CONTROL

TIPOS DE ALGORITMOS DE CONTROL

Enfoques no lineales.

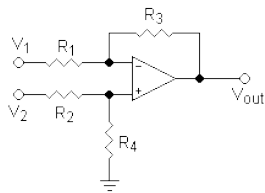


Control en lazo cerrado:

IMPLEMENTACION DE

ALGORITMOS DE CONTROL

- Circuitos analógicos.
- Procesadores digitales: Computadoras personales (**PC**), procesadores digitales de señal (**DSP**), Microprocesadores, Arreglos lógicos programables (**FPGA**)
- Discretización de controladores.



La imagen solo es ilustrativa y no pertenece al producto

