TEMA 5. CONTROL ADAPTATIVO

DINÁMICA DE PROCESOS. LINEALIZACIÓN

INTRODUCCIÓN ANÁLISIS DINÁMICO

Definición: estudio del comportamiento no estacionario de un sistema

Objetivo: sistematizar comportamientos de sistemas diferentes para poder conocer su evolución ante cualquier cambio en las variables de las que depende

Herramienta matemática: Ecuaciones diferenciales o en derivadas parciales

MODELIZACIÓN TEÓRICA DE PROCESOS EN I.Q.

Basada en balances de propiedad extensiva
Materia, energía y cantidad de movimiento

$$E-S+G=A$$

	Parámetro globalizado	Parámetro distribuido
Balance est. estacionario	Ecuación algebraica	Ecuación diferencial
Balance régimen dinámico	**Ecuación diferencial**	Ecuación en derivadas parciales

Herramienta del análisis dinámico de un sistema

Caso más común

¿Cómo resolver las ecuaciones diferenciales o en derivadas parciales en análisis dinámico?

$$\tau \frac{d\dot{T}_1(t))}{dt} + \dot{T}_1(t) = k\dot{T}_0(t)$$

Solución numérica

$$\tau \frac{\Delta \dot{T}_1(t))}{\Delta t} + \dot{T}_1(t) = k\dot{T}_0(t)$$

$$\dot{T}_1(t+1) = \dot{T}_1(t) + \frac{\Delta t}{\tau}(k\dot{T}_0(t) - \dot{T}_1(t))$$

t	—	—	—
T_1	—	—	—

Resultado: tabla de valores. ¡Solución sólo válida para el caso concreto en el que se ha obtenido!

SOLUCIÓN ANALÍTICA

$$\frac{\dot{T}_1(s)}{\dot{T}_0(t)} = \frac{k}{\tau s + 1} \xrightarrow[\ell^{-1}]{} T_1(t)=f(t)$$

Resultado: ecuación en función del tiempo y de parámetros. ¡Solución que permite sistematizar sistemas!

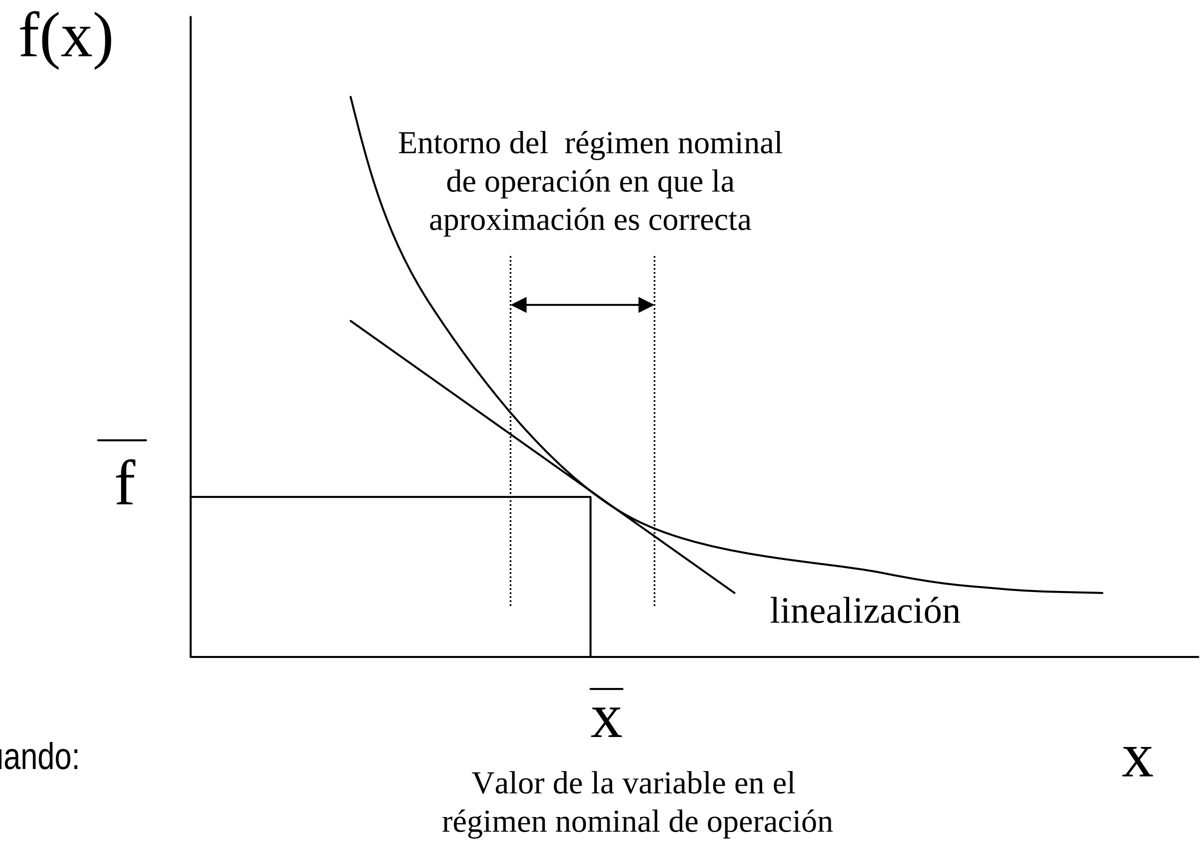
$$\ell\left[F(t)\right] = F(s) = \int_0^{\infty} F(t)\cdot e^{-s\cdot t}\cdot dt$$

Linealidad de la transformada de Laplace

$$\ell\left[k\cdot f(t)\right] = k\cdot\ell\left[f(t)\right] = k\cdot f(s)$$

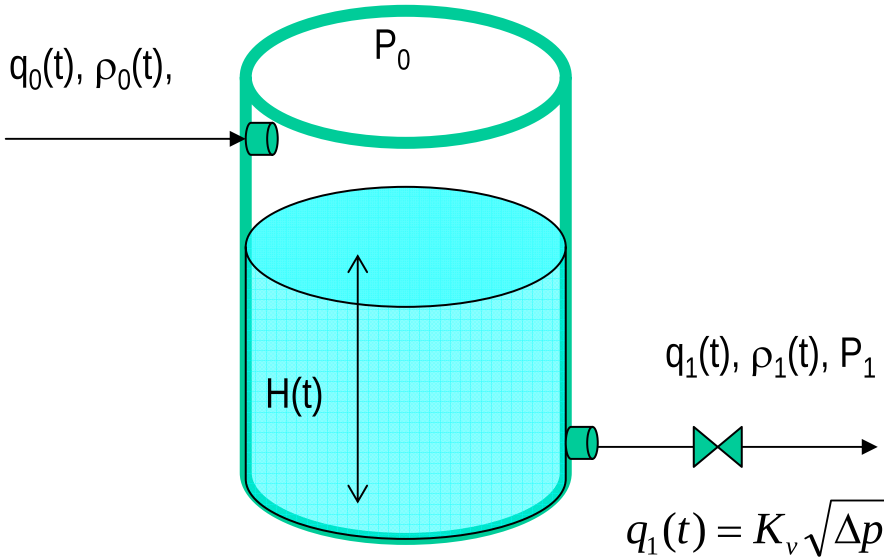
$$\ell\left[f(t)+g(t)\right] = \ell\left[f(t)\right] + \ell\left[g(t)\right] = f(s)+g(s)$$

LINEALIZACIÓN



Una función es lineal cuando:

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \bar{f} + \sum_{i=1}^{n} \left.\frac{\partial f}{\partial xi}\right|_{(\bar{x}_1, \ldots \bar{x}_n)} (x_i - \bar{x}_i)$$



$$q_1(t) = K_v \sqrt{\Delta p(t)}$$

Balance de materia

$$\text{E-S+G=A}$$

$$q_0(t)\rho_0(t) - q_1(t)\rho_1(t) = \frac{d(V(t)\rho_1(t))}{dt}$$

simplificaciones

$$q_0(t) - q_1(t) = A\frac{dh(t)}{dt}$$

Asumiendo presiones de entrada y salida constantes

$$q_0(t) - K_v\sqrt{\overline{P}_0 - \overline{P}_1 + \rho g h(t)} = A\frac{dh(t)}{dt}$$

$$q_0(t) - K_v\sqrt{\overline{P}_0 - \overline{P}_1 + \rho g \overline{h}} + \frac{\rho \cdot g \cdot K_v}{2\sqrt{\overline{P}_0 - \overline{P}_1 + \rho g \overline{h}}}\left(h(t) - \overline{h}\right) = A\frac{dh(t)}{dt}$$

Simulación con excel

SISTEMAS DE CONTROL NO LINEALES

Estrategias de diseño

Linealización local
Linealización local con adaptación
Linealización exacta por transformación de variables
Metodos con finalidades concretas

La naturaleza especifica del problema de control no lineal, del proceso y de los objtivos de funcionamiento del sistema de control
La cantidad de tiempo disponible para acometer el diseño
El tipo de hardware disponible para implementar el controlador
La disponibilidad y calidad del modelo de proceso

LINEALIZACIÓN LOCAL

Es la opción clasica para abordar sistemas no lineales y la que se ha aplicado en CIPQ

Consiste en modelar un sistema no lineal como si fuese lineal y una vez obtenido el modelo aplicar los procedimeinto estándar de diseño de controladores lineales

Para modelar un proceso no lineal como lineal se puede:

1. Si se dispone de las ecuaciones del modelo: Linealizar las ecuaciones no lineales alrededor de las condiciones nominales de funcionamiento
2. Si no se dispone de las ecuacioes y si de datos: porponer un modelo lineal y ajustar y validad dicho modelo en todo el intervalo de datos

Esta opción es tanto mejor cuanto más cerca se encuentre el sistema de las condiciones nominales de funcionamiento en las que se diseña el controlador.

En la mayor parte de los sitemas no lineales da buenos resultados y no se requieren estrategias más complejas de control. Especialmetne adecudada para:

el sistema es poco no lineal
los objetivos de funcionamiento del controlador no son muy exigentes
no se esperan grandes desviaciones respecto de las condiciones nominales de funcionamiento

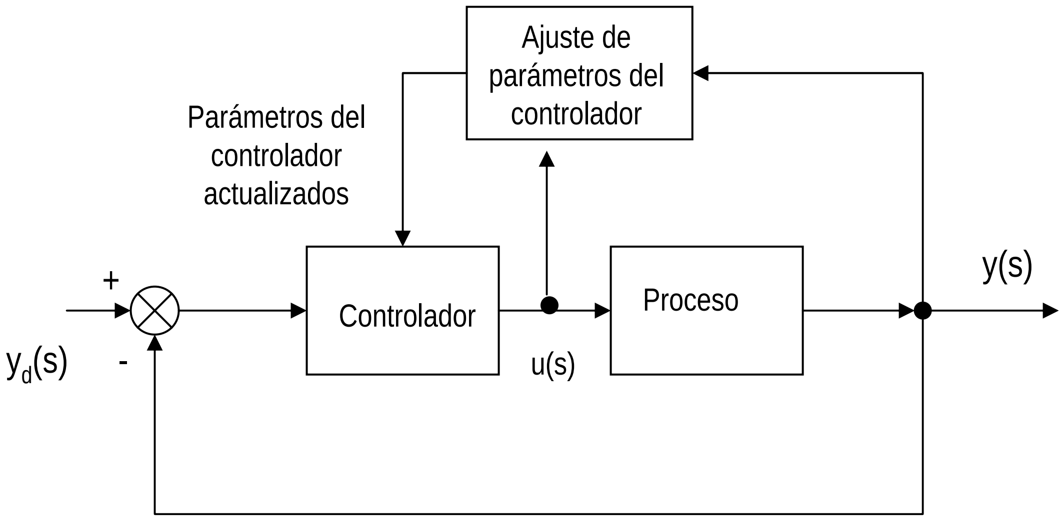
LINEALIZACIÓN LOCAL CON ADAPTACIÓN

Esta estrategia trata de mejorar la linealización local reconociendo la existencia de no linealidades y adaptando sistematicamente el controlador cuando la aproximación lineal se hace cuestrionable

Los parametros del controlador se ajustan de modo automatico para actualizarse con respecto a las características del proceso

Los tipos más comunes de sistemas de control adaptativo son:
Control adaptativo programado
Control adaptativo con modelo de referencia
Control adaptativo autosintonizable

CONTROL ADAPTATIVO PROGRAMADO



Consiste en programar previo a su uso los cambios requeridos en el controlador para adaptarse a las diferentes situaciones en las que tiene que operar. Como consecuencia se necesita:

un conocimiento previo del proceso

una cuantificación de cómo deben cambiarse los parámetros del controlador ante cambios en las características del proceso

Su diseño se puede abordar de dos modos diferentes

se prepara una ecuación (o una tabla), preprogramada en función del conocimiento del proceso, que de los valores que tiene que tener los parámetros del controlador en función de los valores de las variables de entrada y salida al sistema

se subdivide el espacio de las variables de operación (entrada y salida) en un conjunto de regiones y se propone para cada una de ellas un conjunto de valores de los parámetros del controlador

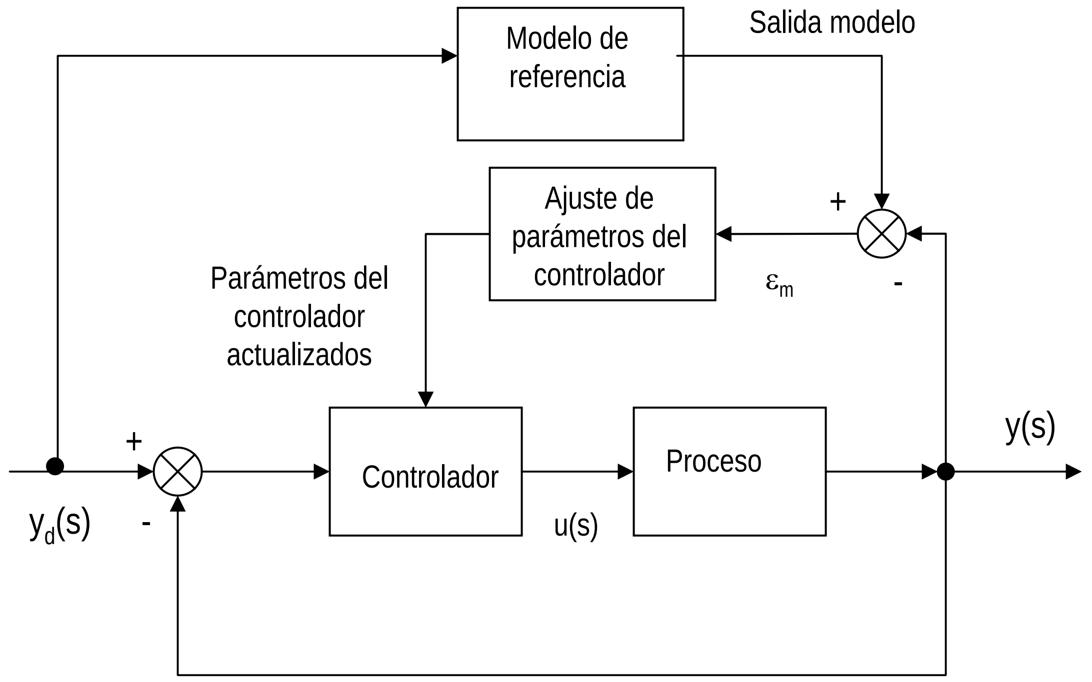
Cuando los padres mandan a sus niños sólos a los colegios les suelen aportar “controladores adaptativos” para ayudarles a sortear los peligros derivados de las situaciones a las que tienen que enfrentarse.

En este sentido un controlador adaptativo programado consistiría en darle al niño una lista completa de “si ocurre esto entonces haz esto”

Esto supone que se puede anticipar y enumerar todas las posibles situaciones que se va a encontrar el niño y se le van a especificar todas las posibles soluciones. El niño no tiene que pensar ni que tomar decisiones

Por tanto: Este tipo de controlador sólose podra implementar cuando se conozcan previamente todas los posibles problemas y sus soluciones

CONTROL ADAPTATIVO CON MODELO DE REFERENCIA



El componente clave de un sistema MRAC es el modelo de referencia. Este deben consistir en un modelo de lazo cerrado de cómo el sistema debe responder a cambios en el punto de consigna. Puede ser:

una trayectoria de referencai

un modelo detallado de lazo cerrado

El programa de adaptación suele ser un algortimo de optimización de parámetros que minimiza (o maximiza) una determinada función objetivo (ejemplo: la intergral del error al cuadrado)

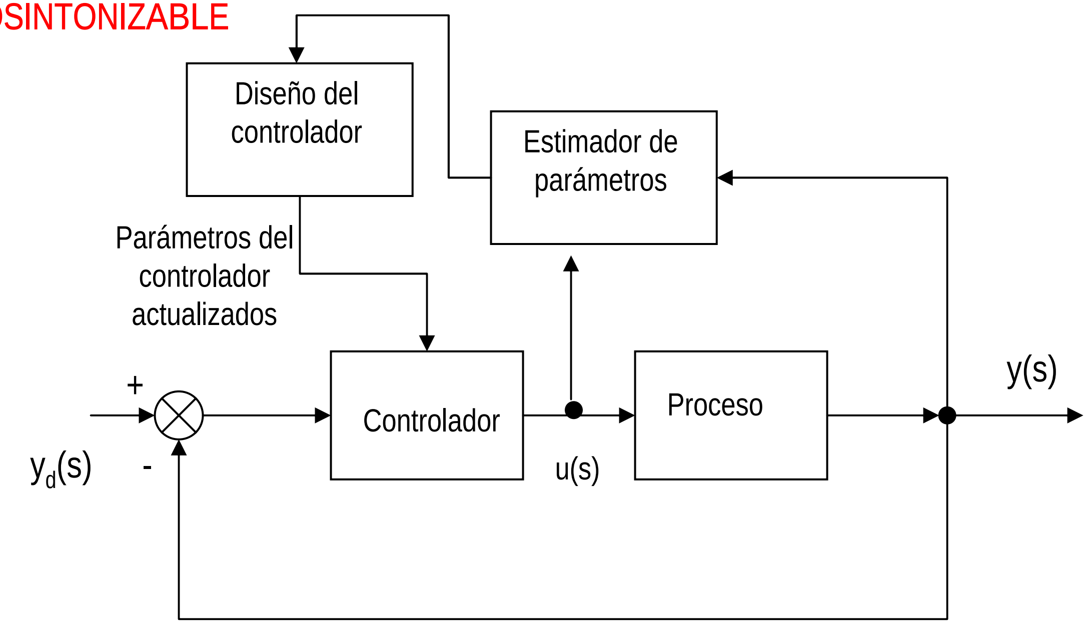
Cuando los padres mandan a sus niños sólos a los colegios les suelen aportar "controladores adaptativos" para ayudarles a sortear los peligros derivados de las situaciones a las que tienen que enfrentarse.

En este sentido un controlador adaptativo con modelo de referencia consistiría en darle al niño un buen modelo de referencia para afrontar los problemas. Un ejemplo de este tipo de modelos podría ser "haz siempre lo que haga tu hermano mayor"

Esto supone que el niño va a intentar imitar a su hermano mayor. Tiene cierta capacidad de decisión pero siempre esta restringida por su objetivo: imitar a su modelo.

Por tanto: Este tipo de controlador sólo se podra implementar cuando se disponga de un buen modelo de referncia que sepamos que va a dar un buen resultado en cada momento

CONTROL ADAPTATIVO AUTOSINTONIZABLE



El elemento distintivo de este tipo de controladores es que toman valores en continuo de las variables de entrada y salida para estimar en linea y recursivamente los valores de los parámetros de un modelo aproximado del proceso. De esta forma los cambios que ocurren con el tiempo en el sistema real (no lienal) son modelizados mediante un proceso lineal cuyos parámetros van cambiando con el tiempo para ajustarse lo máximo posible a sistema real.

El modelo lineal actualizado, es usado en continuo en combinación con un procedimiento preespecificado de diseño de controladores para generar los parámetros del controlador que se van a aplicar en cada momento (aplicando la fórmulas vistas el año anterior en CIPQ).

Dado que la estimación de modelo determina la efectividad del controlador el punto más importante de esto controladores es disponer de una tecnica de estimación de parámetros robusta y de buen resultado.

Cuando los padres mandan a sus niños sólos a los colegios les suelen aportar "controladores adaptativos" para ayudarles a sortear los peligros derivados de las situaciones a las que tienen que enfrentarse.

En este sentido un controlador adaptativo autosintonizable sería el aplicado por los padres que tengan una gran confianza en la capacidad de pensamiento de sus hijos (madurez). Los padres no le dan al niño una completa independencia pero le piden que evalue cada situacion con los datos que tengan a mano (que construyan un modelo de la situación) y que teniendo en cuenta esta evaluación de la situación toman medidas (realicen acciones) de acuerdo con principios previamente fijados. Basicamente le dirian al niño que aaluase la situacion y que con ello aplicasen reglas del tipo "si la situacion es tal entonces haz esto"

Por tanto: Este tipo de controlador es el que puede adaptarse a un más amplkio intervalo de situaciones desconocidas pero al mismo tiempo es el más peligroso ya que puede ser inestable si se realiza una evaluación del proceso defectuosa (mala modelización).

Linealización exacta por transformación de varaibles

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x,u)$$

$$f(x,u) = c_1 \cdot f_1(x) + c_2 \cdot f_2(x,u)$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = c_1 \cdot f_1(x) + c_2 \cdot f_2(x,u)$$

$$z = g(x)$$

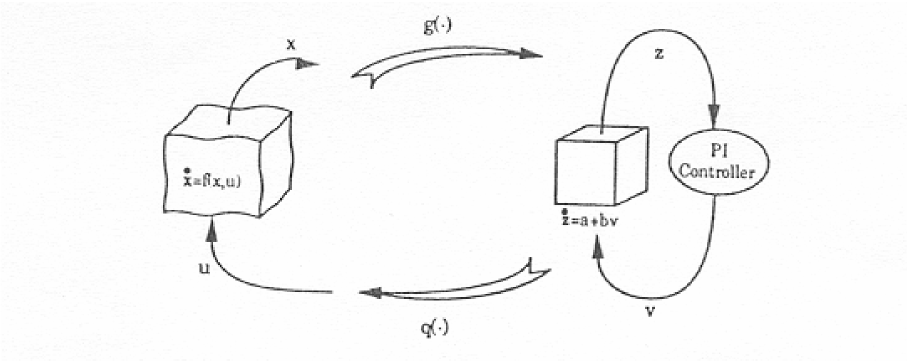
$$\frac{dz}{dt} = a \cdot z + b \cdot v \qquad \frac{dz}{dt} = a + b \cdot v$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{dz}{dx}\frac{dx}{dt} \qquad \frac{dz}{dt} = c_1 \cdot f_1(x)\frac{dz}{dx} + c_2 \cdot f_2(x,u)\frac{dz}{dx}$$

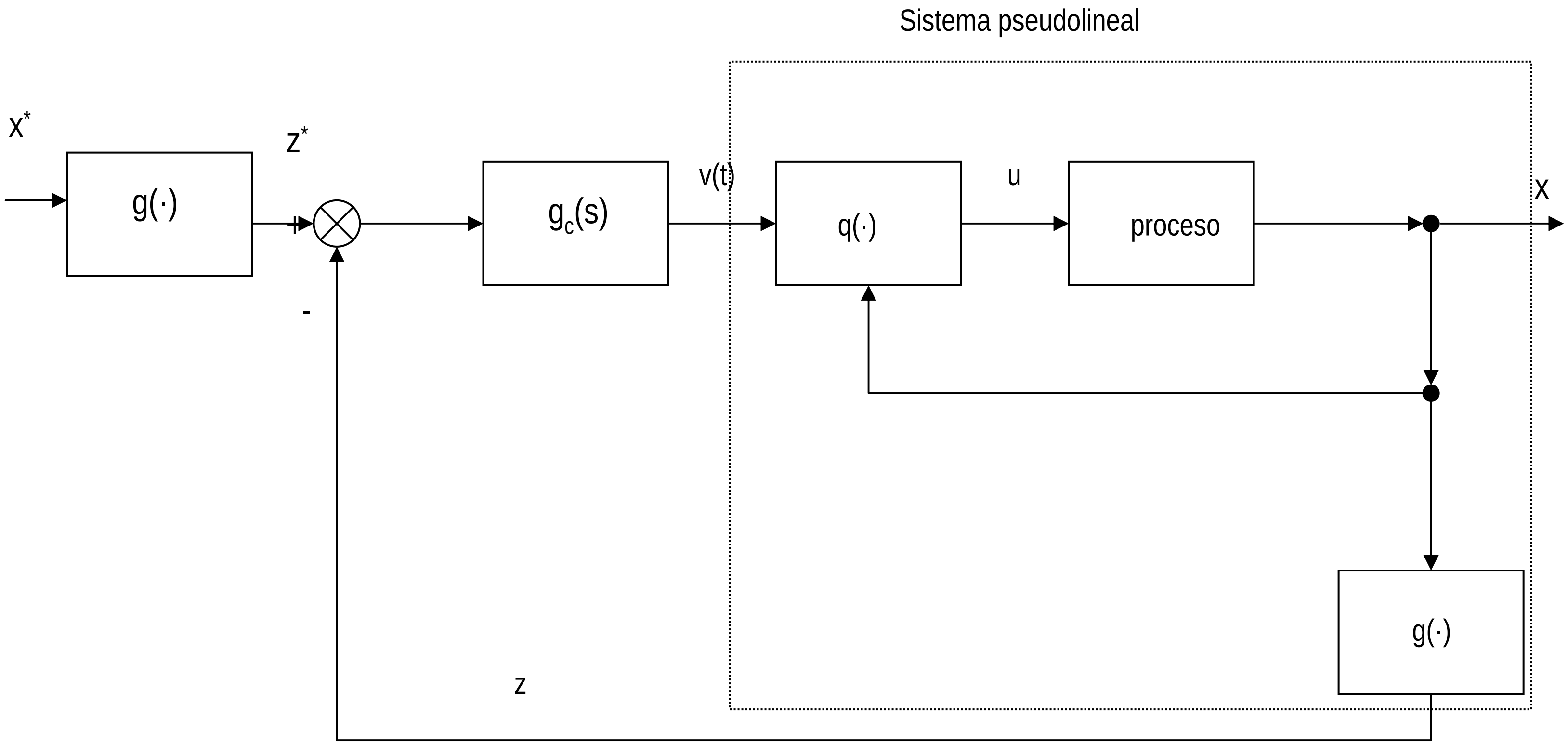
$$\frac{dz}{dx} = \frac{dx}{f_1(x)} \qquad f_2(x,u)\frac{dz}{dx} = v$$

$$\frac{dz}{z} = \frac{dx}{f_1(x)}$$

$$\boxed{\begin{array}{c} z = e^{\int \frac{dx}{f_1(x)}} \\ f_2(x,u) = \dfrac{v \cdot f_1(x)}{z} \end{array}} \qquad \boxed{\begin{array}{c} z = \int \dfrac{dx}{f_1(x)} \\ f_2(x,u) = v \cdot f_1(x) \end{array}}$$


x
g(·)
z
PI Controller
ẋ=f(x,u)
ż=a+bv
u
v
q(·)

$$u = q(x, v)$$


Sistema pseudolineal
x*
z*
g(·)
gc(s)
v(t)
q(·)
u
proceso
x
-
g(·)
z