

EL761/CI63F

Control Inteligente para Problemas Dinámicos de Transporte

Profesores II-2009:

Cristián Cortés, Doris Sáez*

Departamento de Ingeniería Civil - Transporte

*Departamento de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Chile

Agenda Agosto 2009

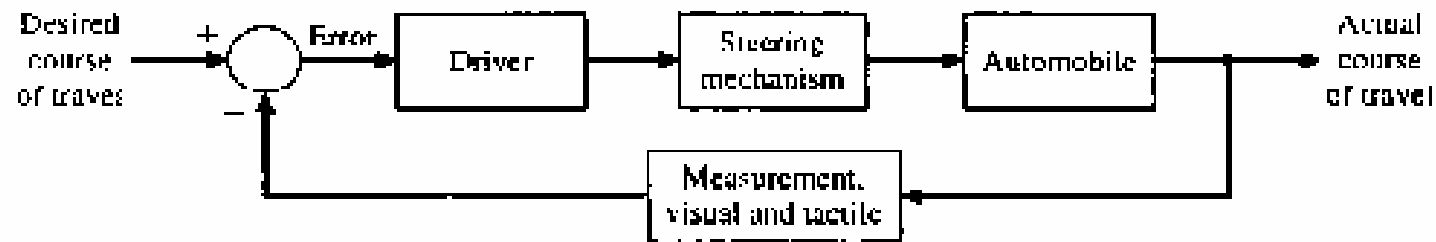
- ◆ Motivación curso. Prof. D. Sáez (1 clase)
- ◆ Fundamentos de Control de Sistemas. Prof. D. Sáez (1 clase)
- ◆ Control Optimo. Prof. D. Sáez (1 clase)
- ◆ Control Difuso Prof. D. Sáez (2 clases)
- ◆ Control de Tráfico. Prof. C. Cortés (5 clases)



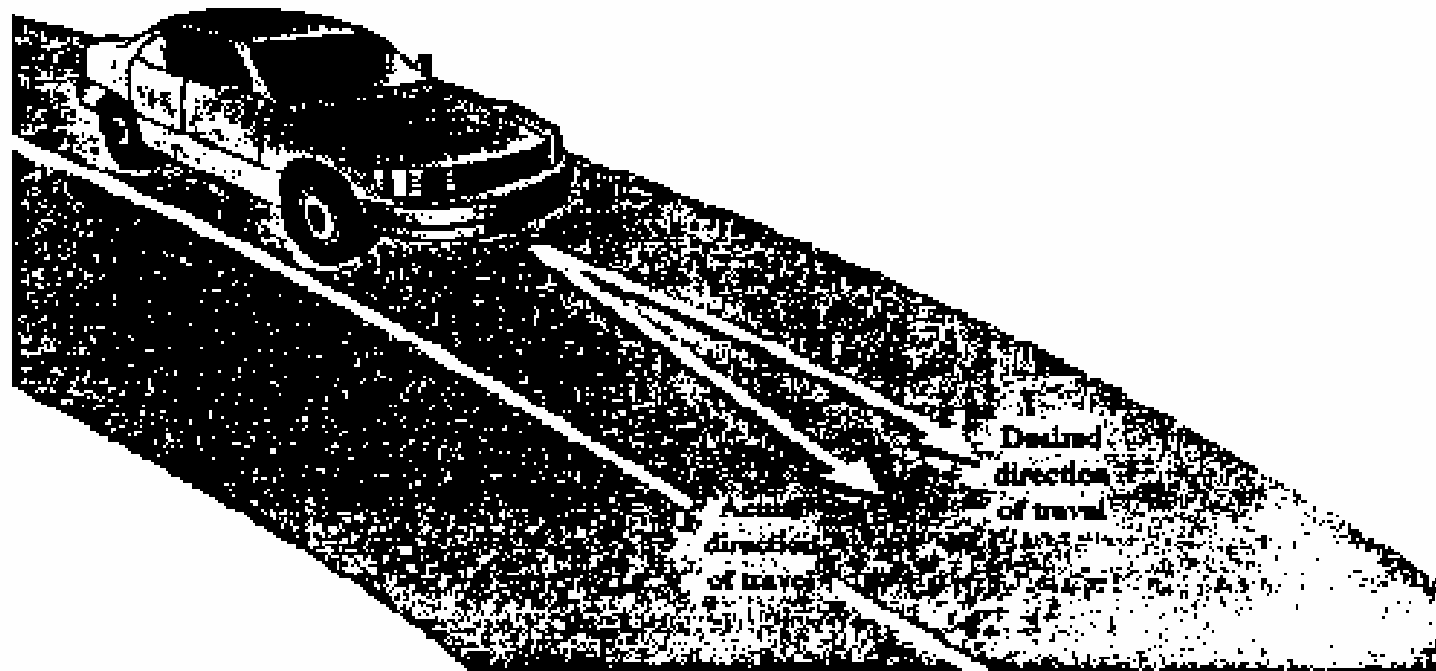
Sistema de Control



- ♦ Interconexión de componentes, que en su conjunto, presenta un comportamiento deseado. Asume relaciones de causa-efecto.



(a)



(b)

FIGURE 1.7
 (a) Automobile steering control system. (b) The driver uses the difference between the actual and desired direction of travel to generate a controlled adjustment of the steering wheel.

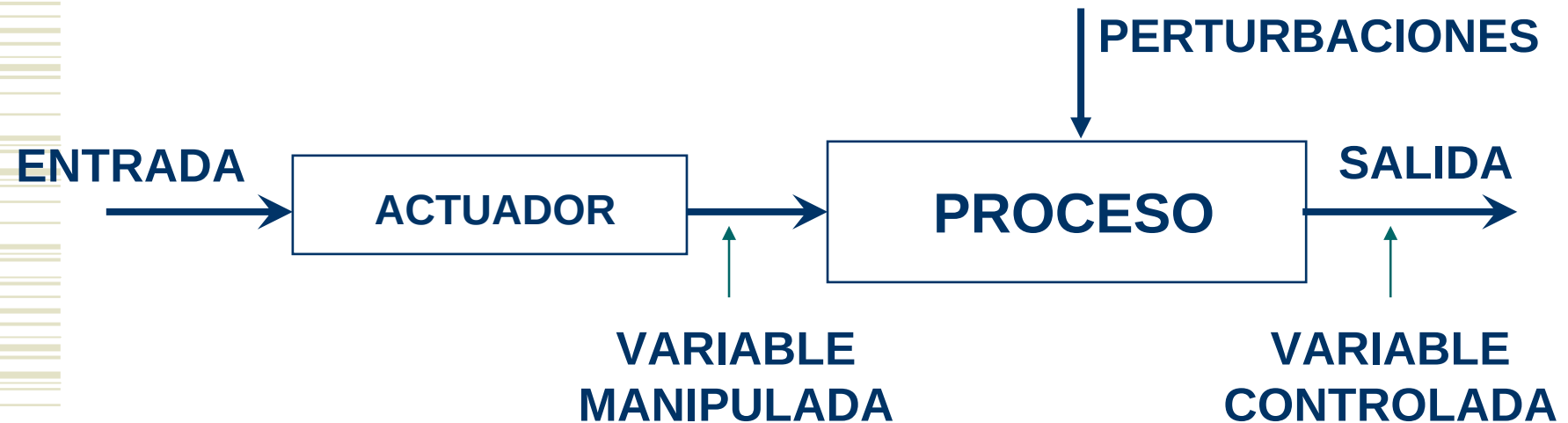
Control en Lazo Abierto

Proceso

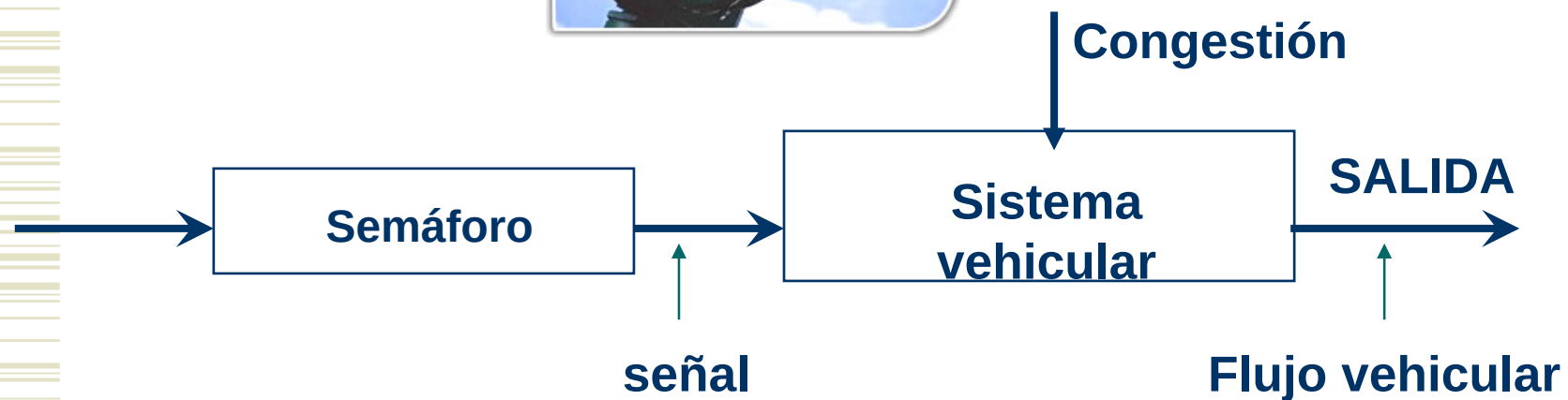
Dispositivo de acción (actuador)

Variable manipulada o de control

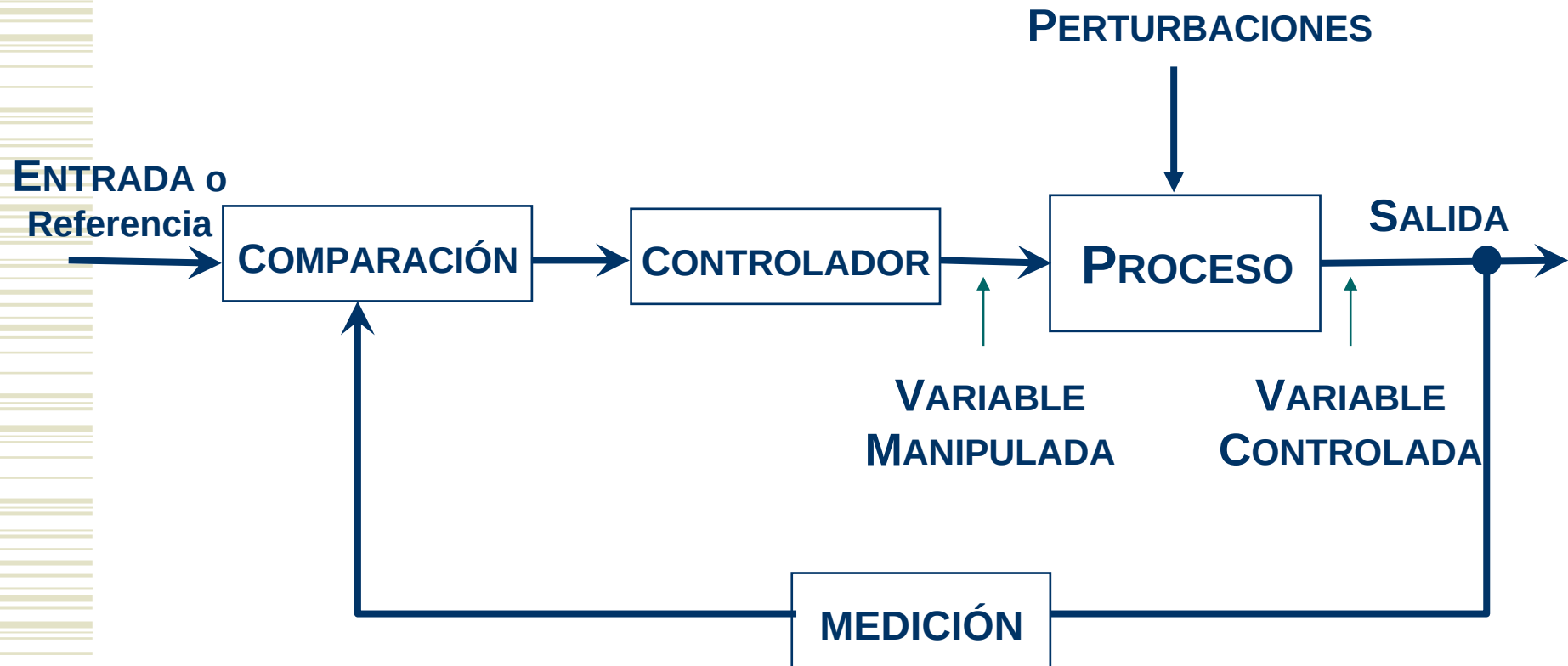
Variable controlada o salida



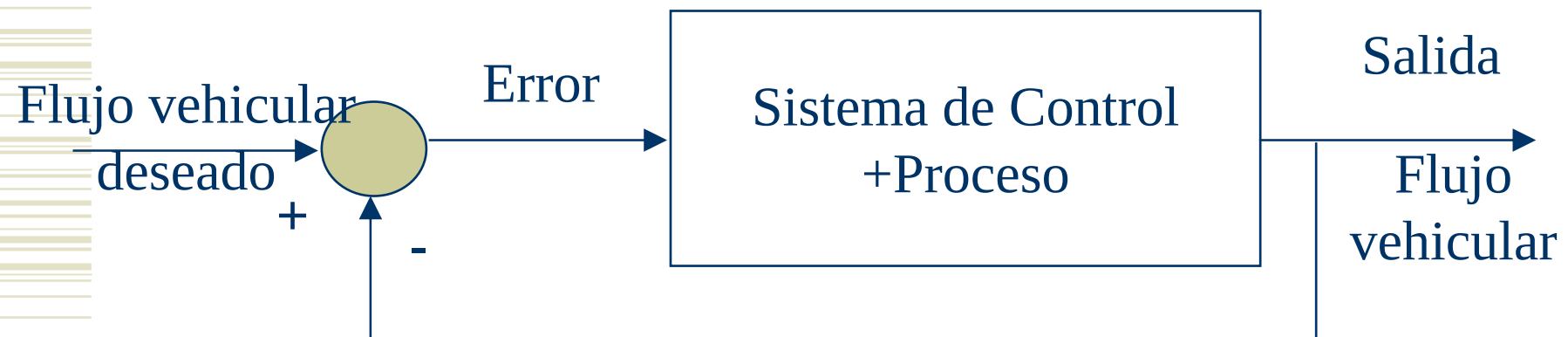
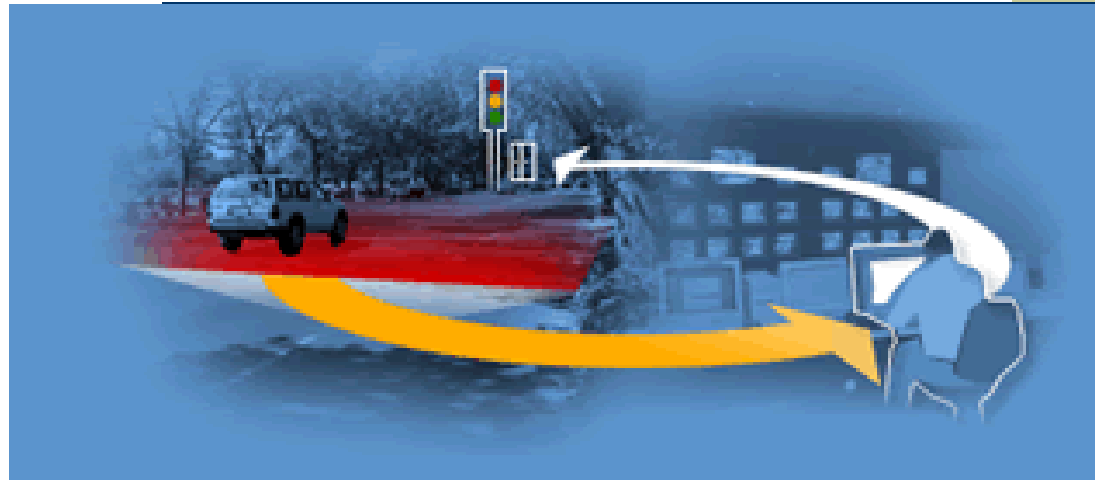
Ejemplo: Control en Lazo Abierto



Control en Lazo Cerrado



Ejemplo: Control en Lazo Cerrado

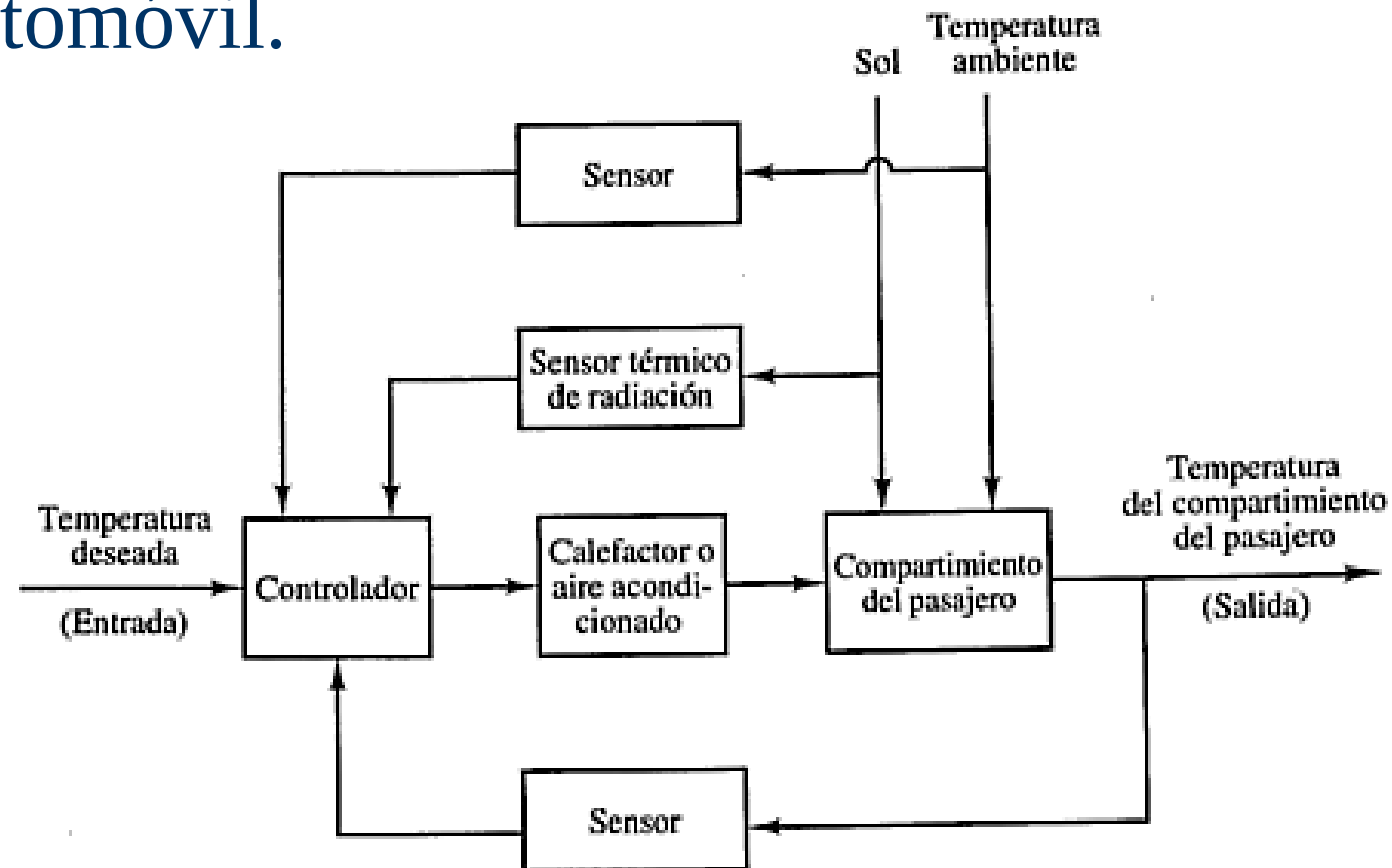


CONTROL PREALIMENTADO

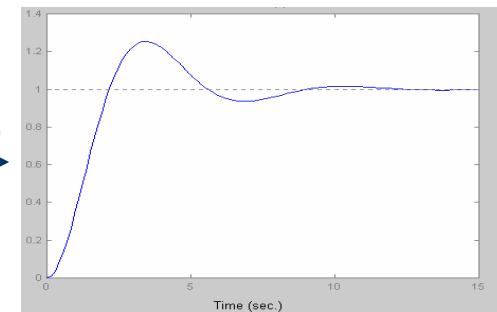
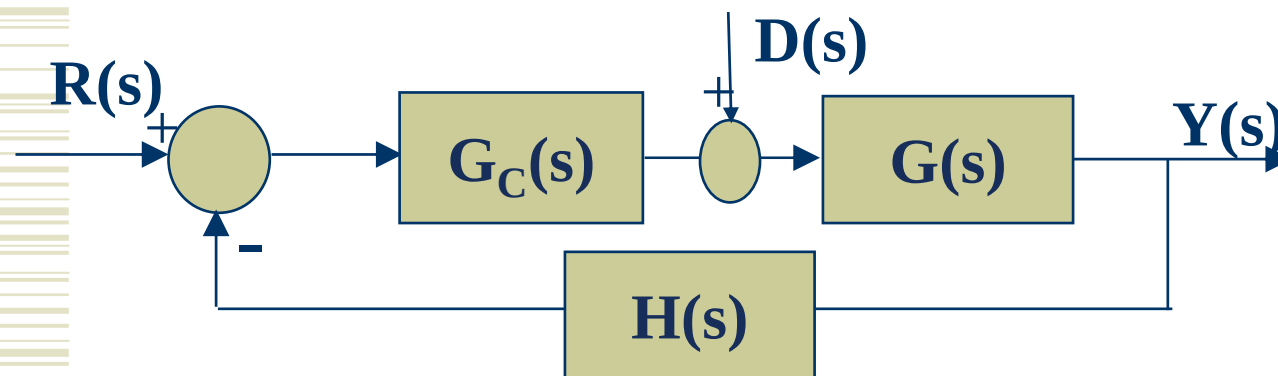
- ♦ El control prealimentado establece una acción correctiva antes de que las perturbaciones afecten el resultado (una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema.).

CONTROL PREALIMENTADO

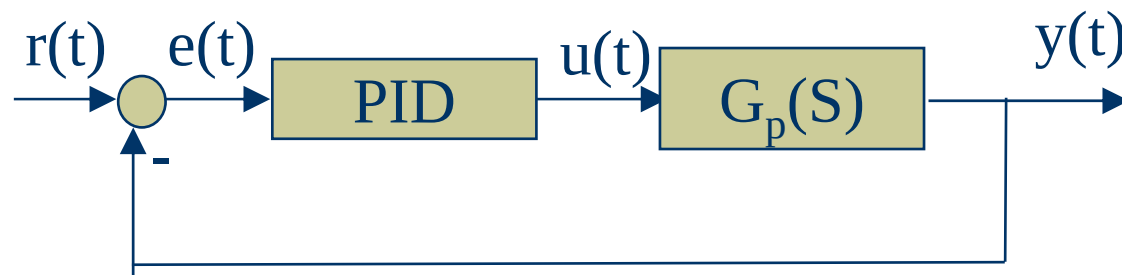
- ♦ Control de temperatura del interior de un automóvil.



Sistema de Control Realimentado



Controlador Proporcional, Integral, Derivativo



$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$\frac{U(S)}{E(S)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

Controlador PID Continuo

Acción integral

- Elimina error permanente.
- Agrega un polo en el origen de la función de transferencia en lazo abierto del sistema realimentado.
- Además, la acción integral es desestabilizadora, razón por la cual va siempre acompañada por la acción proporcional

Controlador PID Continuo

Acción derivativa

- Agrega un cero en el origen de la función de transferencia en lazo abierto.
- La acción derivativa representa la tendencia del cambio, es decir, es una proyección hacia donde se desplazará el proceso en el futuro.

Controlador PID discreto

$$U(S) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

$$U(Z) = \left[K_{pd} + \frac{K_{Id}}{1 - Z^{-1}} + K_{Dd} (1 - Z^{-1}) \right] E(Z)$$

$$K_{pd} = K_p - \frac{K_p T}{2T_i}$$

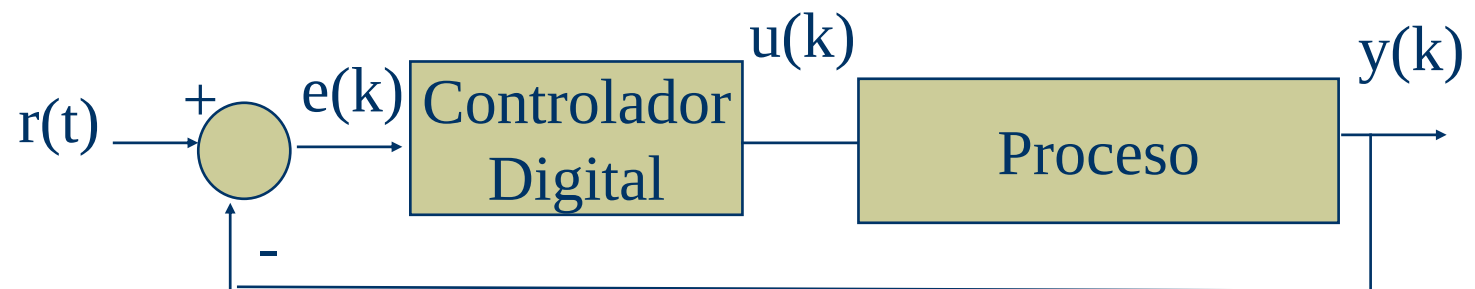
$$K_{Id} = \frac{K_p T}{T_i}$$

$$K_{Dd} = \frac{K_p T_d}{T}$$

T: tiempo de muestreo

Sistemas de Control

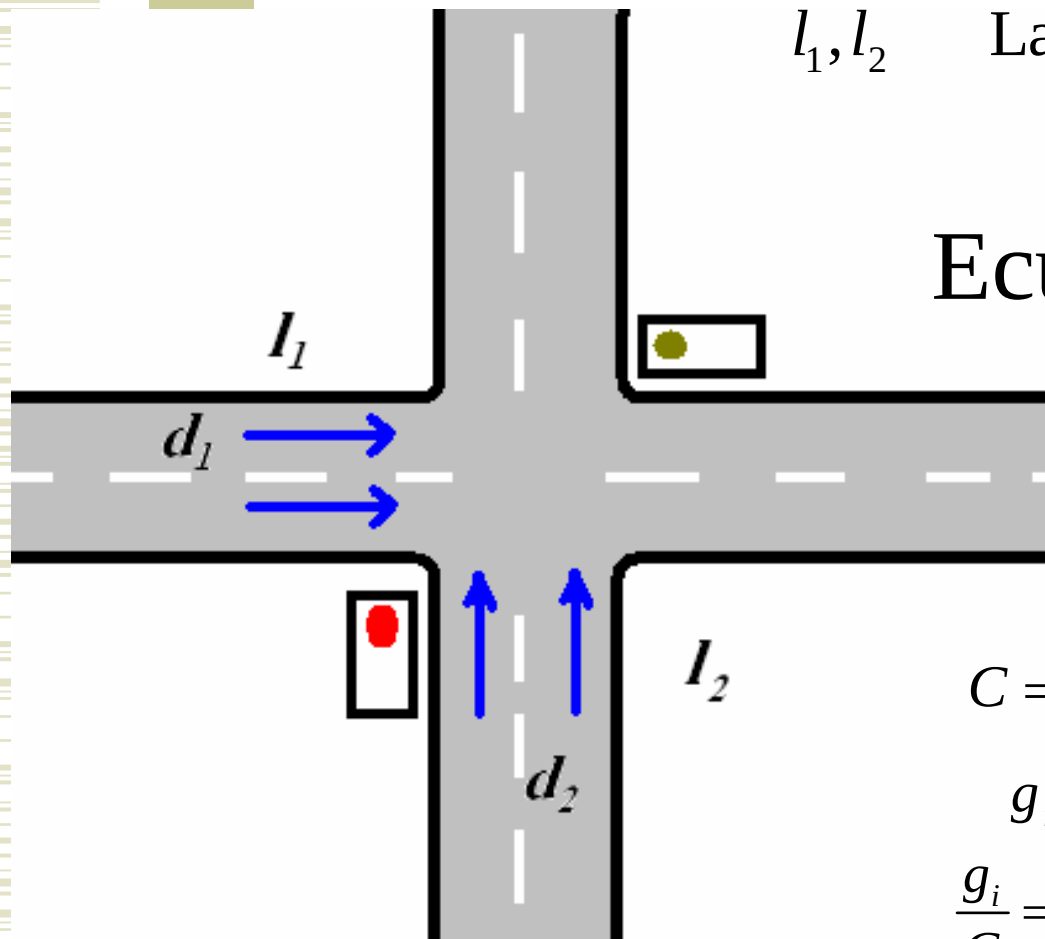
Realimentado: Tiempo Discreto



Ejemplo:

d_1, d_2 Flujos [veh/hr]

l_1, l_2 Largo de las colas [veh]



Ecuaciones de estado:

$$\frac{dl_i}{dt} = d_i - \frac{s_i g_i}{C}$$

C = Largo del ciclo

g_i = Tiempo de verde para d_i

$\frac{g_i}{C}$ = Reparto de Verde

$\frac{s_i g_i}{C}$ = Capacidad

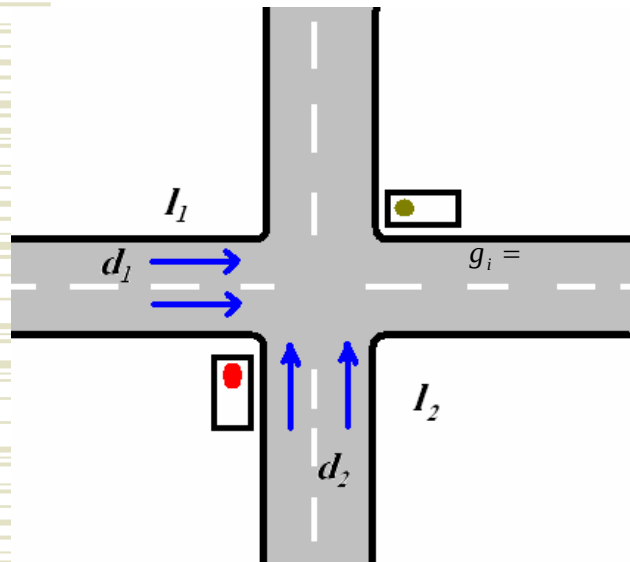
Ecuación de control: $\rightarrow u_i(t) = r_i = \frac{s_i g_i}{C}$

En este caso:

$$\frac{r_1}{s_1} + \frac{r_2}{s_2} = 1 - \frac{L}{C}$$

L es tiempo
muerto/perdido

$\Rightarrow$ Solo hay 1 variable de control

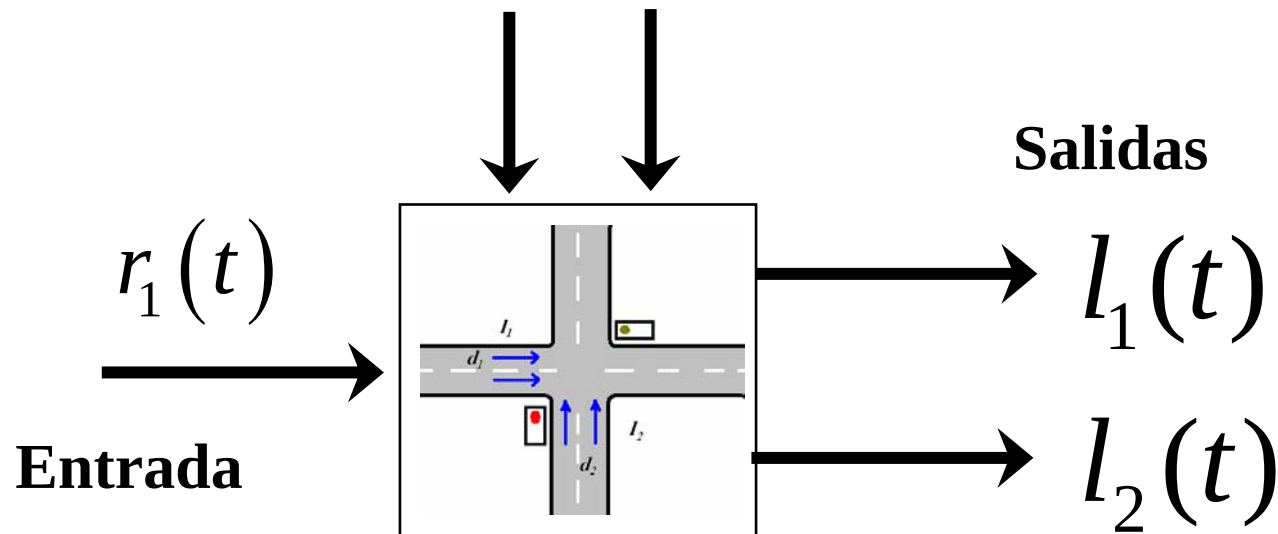


$$r_2 = s_2 \left(1 - \frac{L}{C} \right) - \frac{s_2}{s_1} r_1$$

Tiempo Continuo

$$\begin{aligned} \frac{dl_1}{dt} &= d_1 - r_1 \\ \frac{dl_2}{dt} &= d_2 - s_2 \left(1 - \frac{L}{C}\right) - \frac{s_2}{s_1} r_1 \end{aligned} \Rightarrow \dot{l} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{dl_1}{dt} \\ \frac{dl_2}{dt} \end{bmatrix}}_{\dot{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ -s_2 \left(1 - \frac{L}{C}\right) \end{bmatrix}}_{f(x(t))} + \underbrace{\begin{bmatrix} -1 \\ -\frac{s_2}{s_1} \end{bmatrix}}_{g(u(t))} r_1 + \underbrace{\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}}_{\eta(t)}$$

$d_1(t), d_2(t)$ Perturbaciones

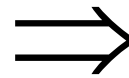
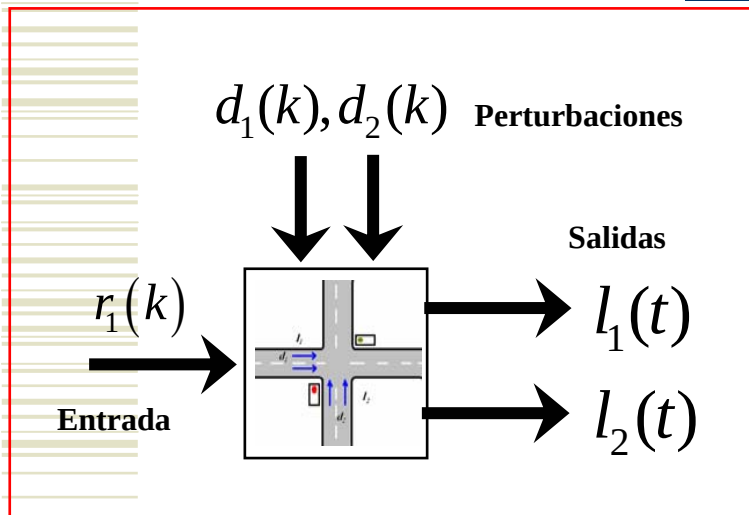


Tiempo Discreto

Discretización tipo Euler

$$\frac{dl_i}{dt} \approx \frac{l_i(k+1) - l_i(k)}{T_s}$$

T_s tiempo de muestreo (sampling time)



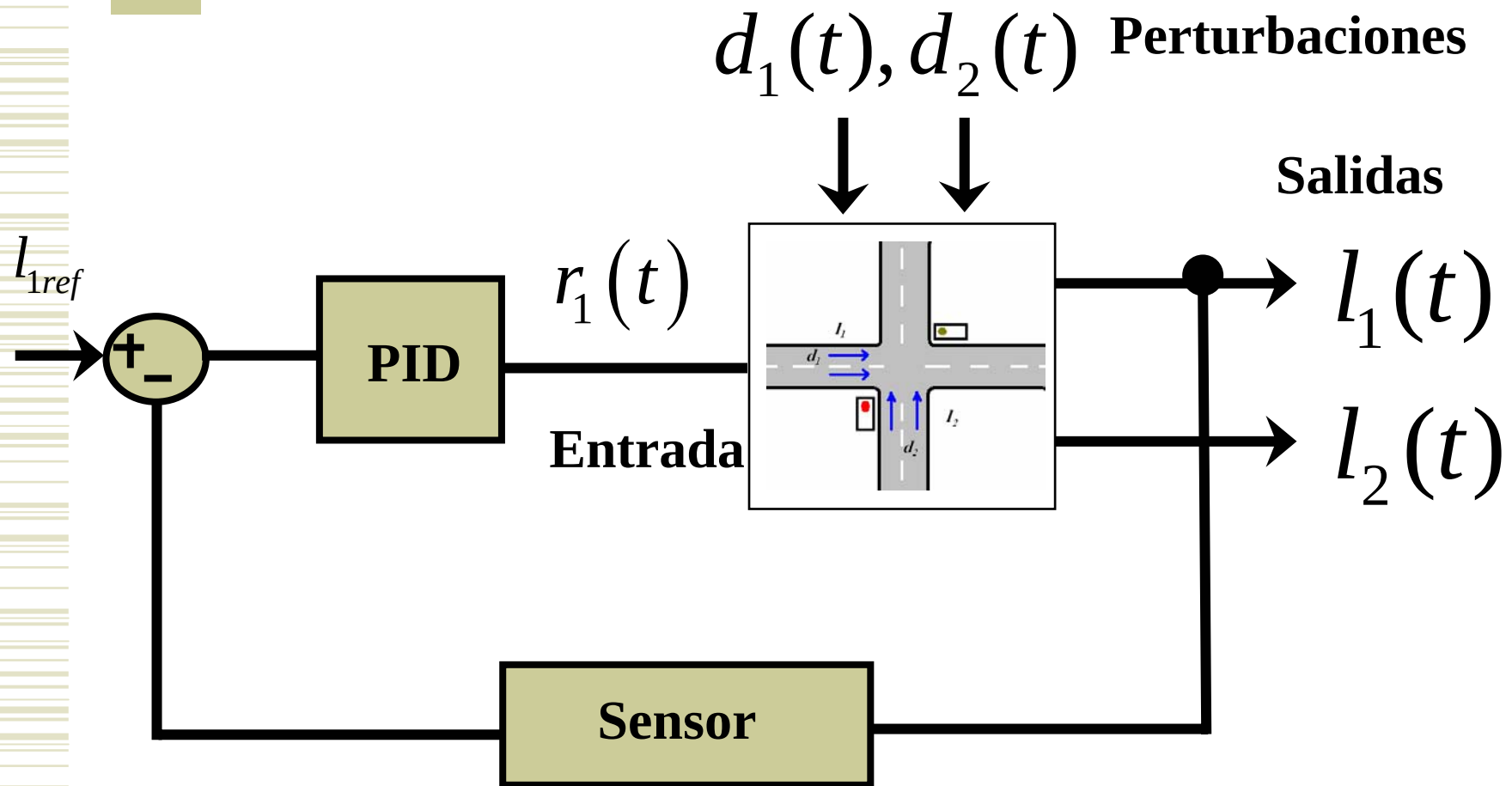
$$l_1(k+1) = l_1(k) + T_s(d_1 - r_1)$$

$$l_2(k+1) = l_2(k) + T_s \left(d_2 - s_2 \left(1 - \frac{L}{C} \right) - \frac{s_2}{s_1} r_1 \right)$$

$$\underbrace{l(k+1)}_{x(k+1)} = \underbrace{\begin{bmatrix} l_1(k) \\ -T_s s_2 \left(1 - \frac{L}{C} \right) \end{bmatrix}}_{f(x(k))} + \underbrace{\begin{bmatrix} -T_s \\ -T_s \frac{s_2}{s_1} \end{bmatrix}}_{g(u(k))} r_1 + \underbrace{\begin{bmatrix} T_s d_1 \\ T_s d_2 \end{bmatrix}}_{\eta(k)}$$

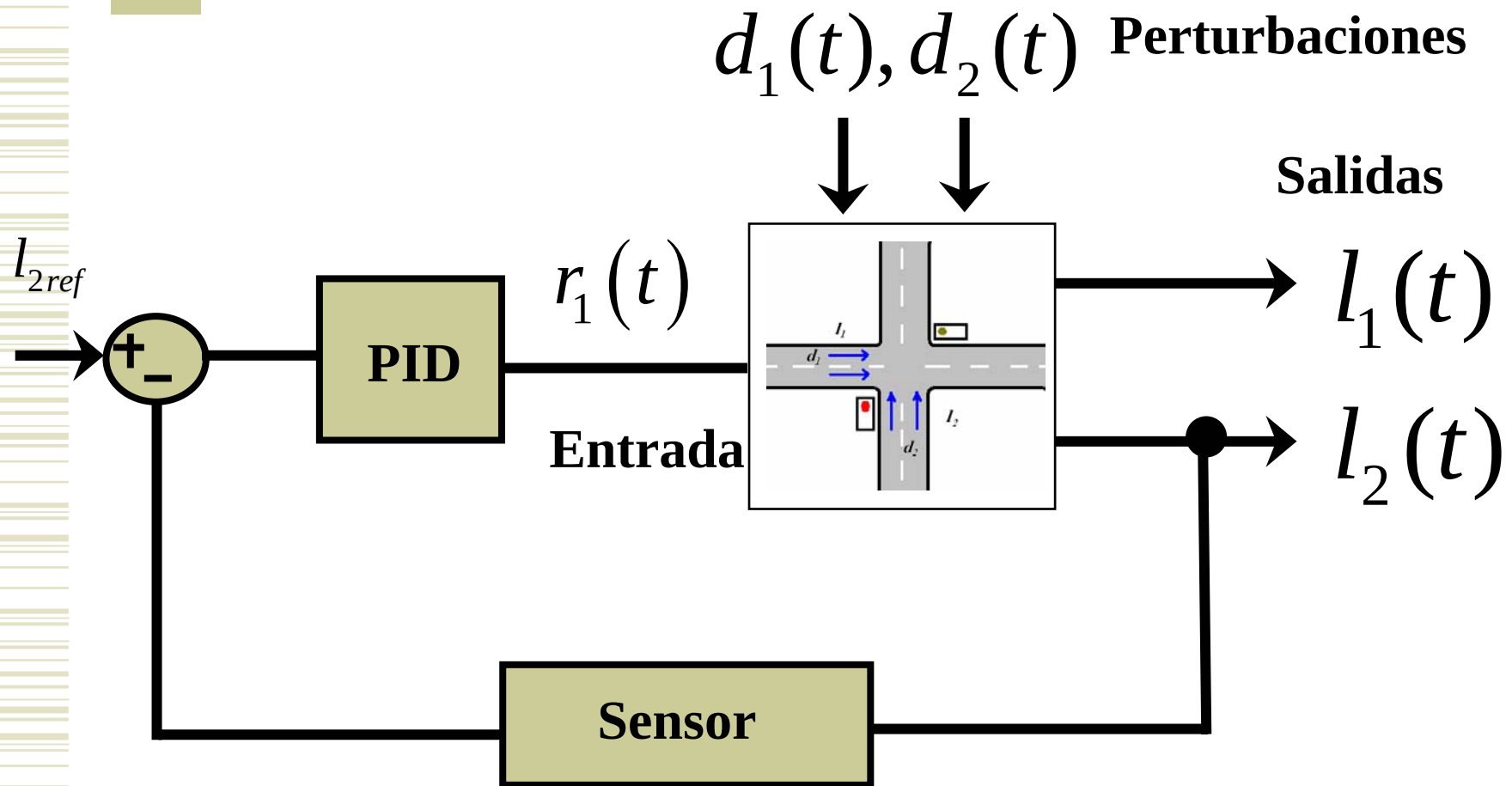
Esquemas de control con PID:

$$y(t) = l_1(t)$$



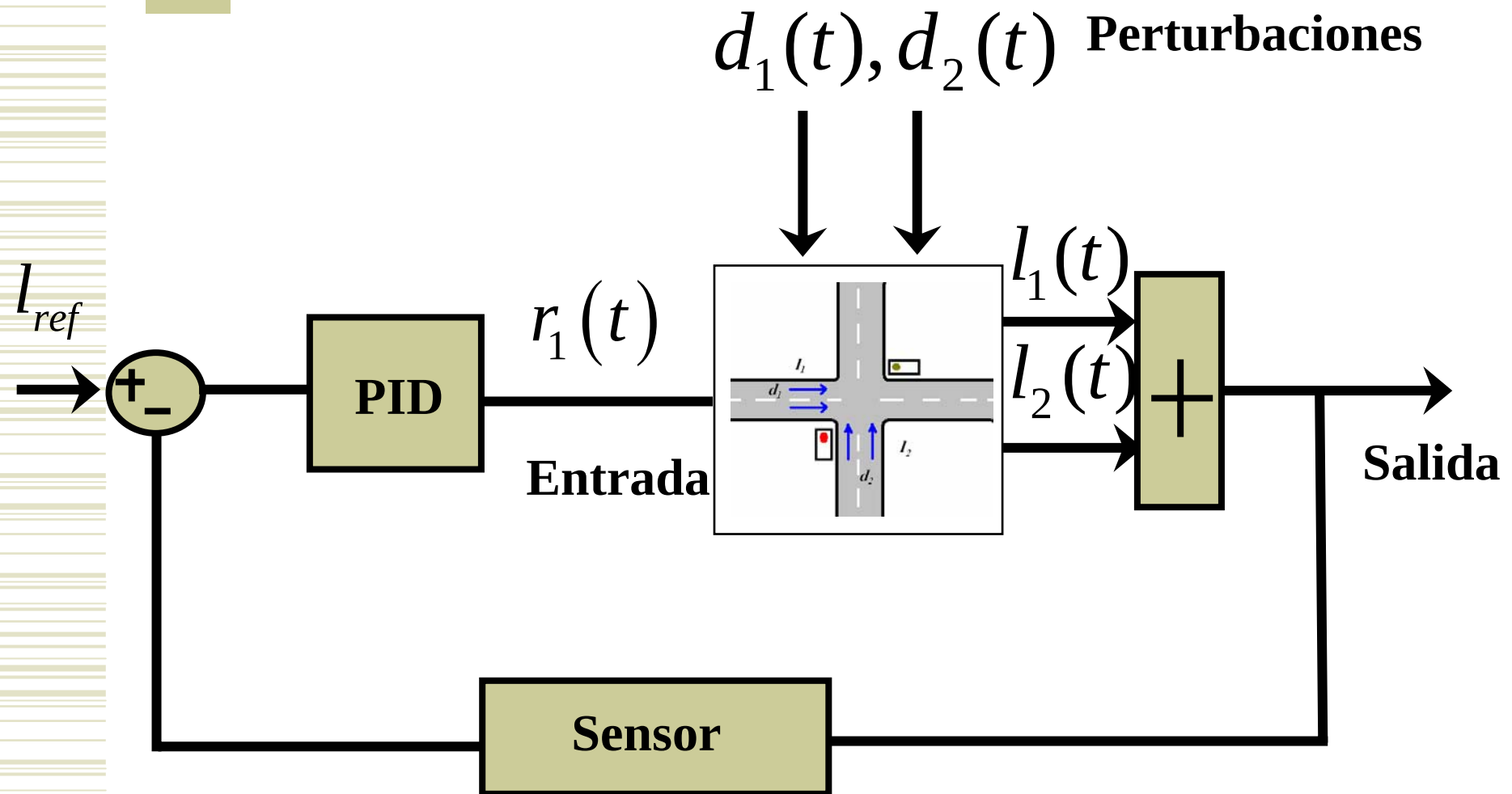
Esquemas de control con PID:

$$y(t) = l_2(t)$$



Esquemas de control con PID:

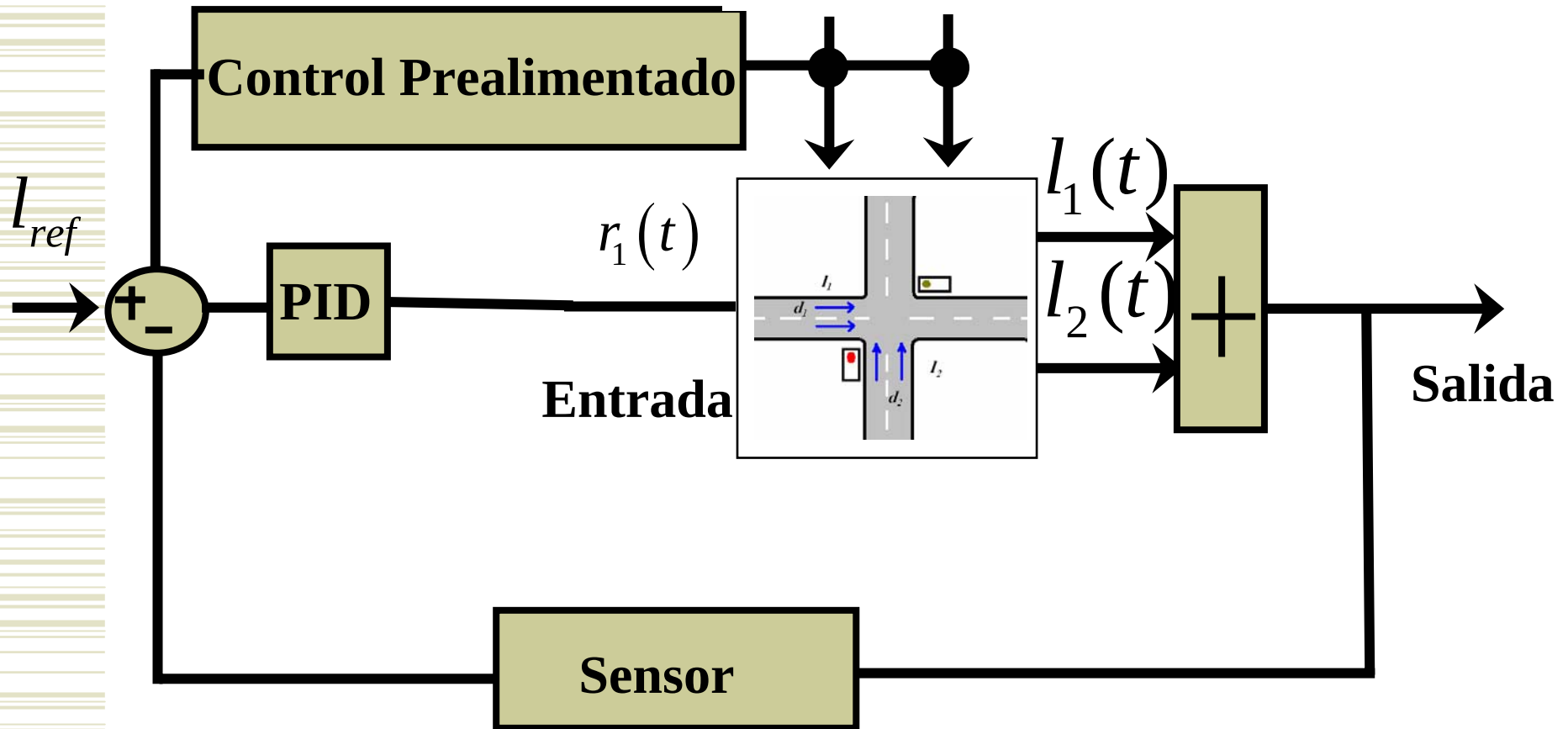
$$y(t) = c_1 l_1(t) + c_2 l_2(t)$$



Esquemas de control con PID y prealimentado:

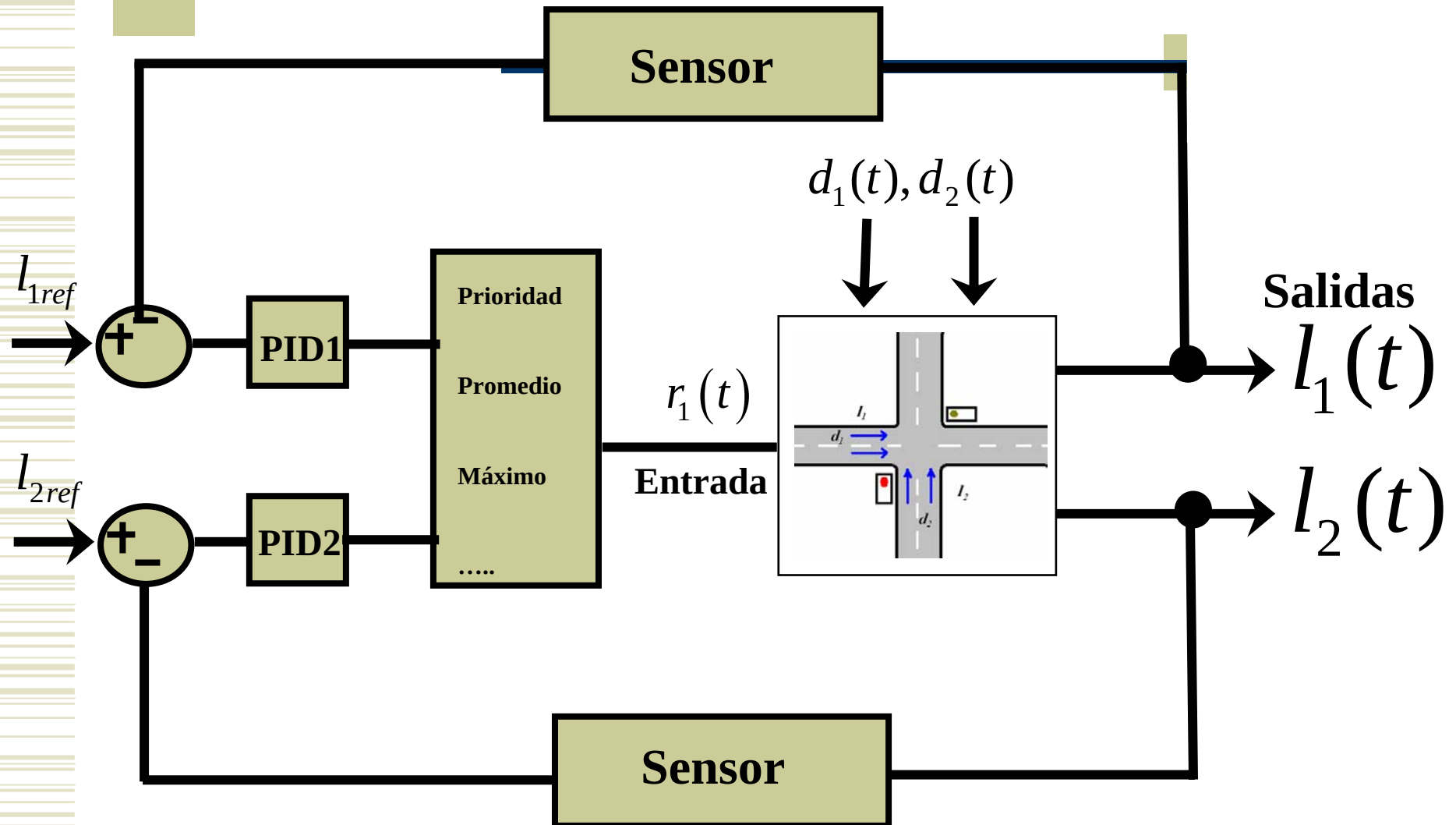
$$y(t) = c_1 l_1(t) + c_2 l_2(t)$$

$d_1(t), d_2(t)$ Perturbaciones



Esquemas de control con PID:

$$y(t) = [l_1(t), l_2(t)]$$



Esquema de control avanzado:

$$y(t) = [l_1(t), l_2(t)]$$

