



DEPARTAMENTO DE  
**INGENIERÍA  
ELÉCTRICA**  
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Ingeniería de Ejecución en Electricidad  
Mención Sistemas de Energía  
Modalidad Vespertina

# **CONTROL AUTOMÁTICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS CLASE N°4**

**PRIMER SEMESTRE 2018**  
**PROF. MATÍAS DÍAZ**

# Agenda



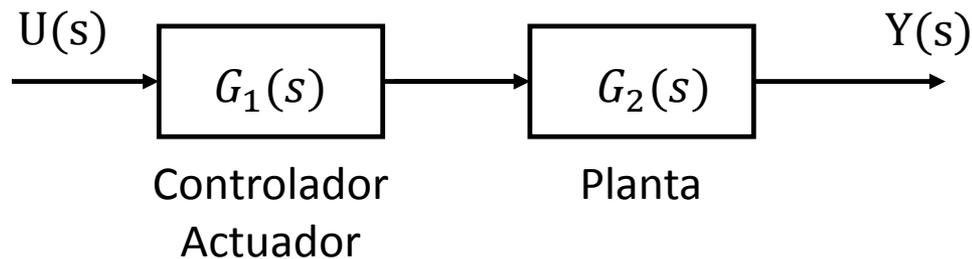
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO
- EJEMPLOS EN LA WEB
- DEFINICIONES
- EJERCICIOS

# Agenda



- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO
- EJEMPLOS EN LA WEB
- DEFINICIONES
- EJERCICIOS

# Sistemas de Control a lazo Abierto



## Características:

- Sencillos
- En un sistema de control de lazo abierto la señal de salida no influye en la señal de entrada
- La exactitud de este sistema de control depende del conocimiento de la planta
- Además, la calibración del controlador es vital.
- Sensibles a perturbaciones.

# Sistemas de Control a lazo Abierto



## Ejemplos de sistemas de control a lazo abierto

### Limpieza de ropa



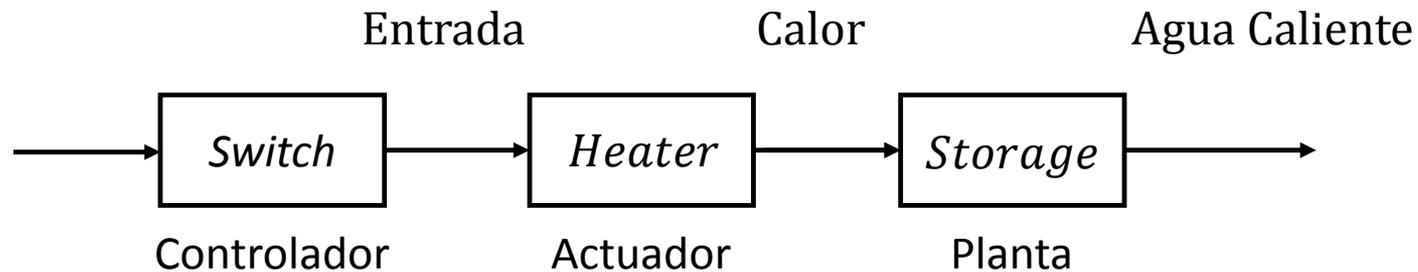
### Estado del tráfico



# Sistemas de Control a lazo Abierto



## Ejemplo

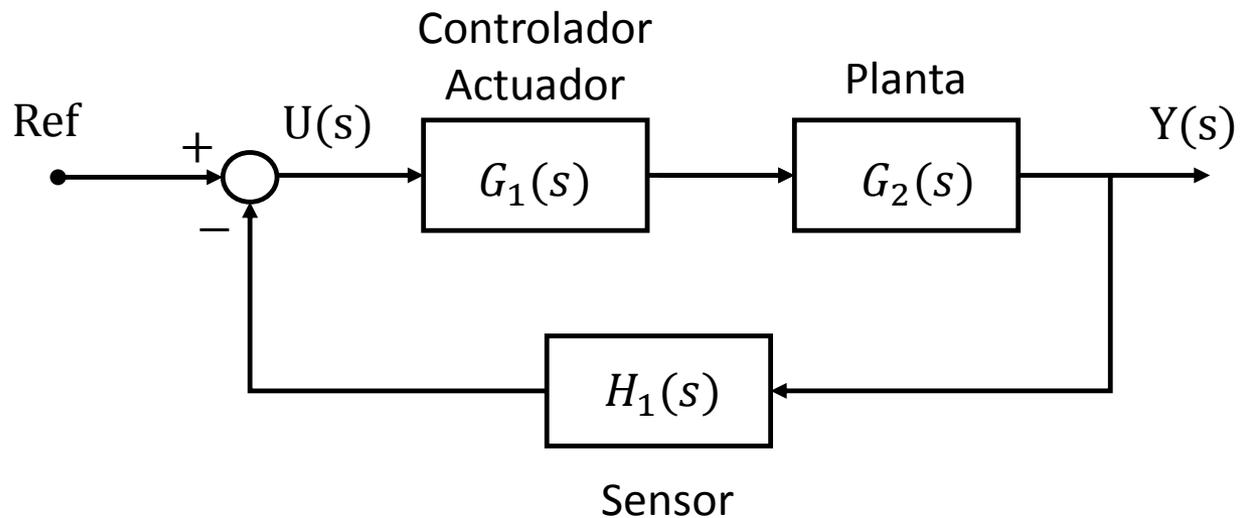


# Agenda



- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- **SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO**
- EJEMPLOS EN LA WEB
- DEFINICIONES
- EJEMPLOS

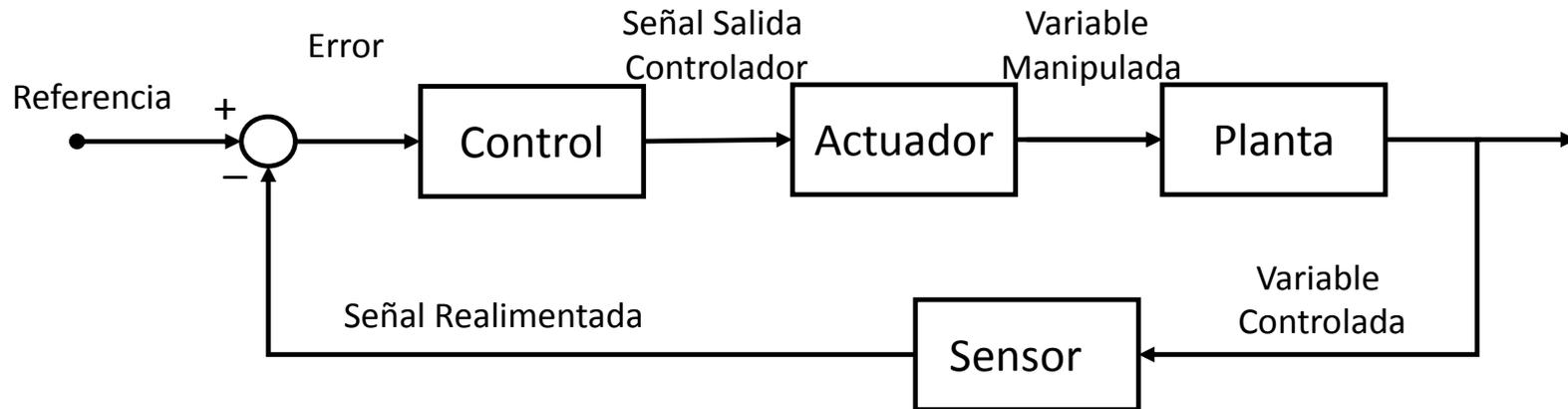
# Sistemas de Control a lazo Cerrado



## Características:

- Sistemas complejos
- La salida se compara con la entrada
- Estable a perturbaciones

# Sistemas de Control a lazo Cerrado



## Características:

- Sistemas complejos
- La salida se compara con la entrada
- Estable a perturbaciones

# Agenda



- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO
- EJEMPLOS EN LA WEB
- DEFINICIONES
- EJEMPLOS

# Agenda



- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO
- EJEMPLOS EN LA WEB
- **DEFINICIONES**
- EJEMPLOS

# Definiciones



**Instrumentación:** Conjunto de instrumentos o su aplicación con el propósito de observar, medir o controlar.

**Proceso:** Cambio físico o químico de la materia, o conversión de energía.

**Control de procesos:** Regulación o manipulación de las variables que influyen en la conducta de un proceso de manera de obtener un producto de una calidad y cantidad deseadas de una manera eficiente.

**Señal de referencia de entrada** (valor deseado o punto de ajuste).

**Variable de entrada** que establece el valor deseado para la variable controlada.

**Variable controlada (directa):** Variable cuyo valor es medido para originar una señal realimentada.

**Señal actuante de error:** Diferencia algebraica entre el valor deseado y la señal realimentada.

# Definiciones



**Variable manipulada:** Cantidad o condición que es variada en función de la señal actuante de error de manera de cambiar el valor de la variable controlada.

**Perturbación:** Cambio no deseado en el proceso el cual tiende a afectar adversamente el valor de la variable controlada.

**Señal realimentada:** Señal de retorno que resulta de la medición directa de la variable controlada.

**Control realimentado:** Control en el cual una variable medida es comparada con su valor deseado para producir una señal actuante de error, la cual actúa de tal manera de disminuir la magnitud del error.

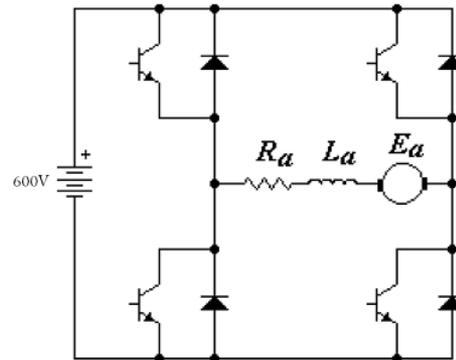
# Agenda



- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO ABIERTO
- SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO
- EJEMPLOS EN LA WEB
- DEFINICIONES
- EJERCICIOS

# Ejercicio 1

Encontrar la estructura de control a lazo cerrado para la corriente de armadura de una máquina de CC, de excitación separada accionada por un puente H alimentado con una fuente de tensión DC de 600V.



Por simplicidad, concentre sus esfuerzos en el circuito de armadura, y considere que el Back EMF puede ser despreciable para su análisis. Además, su estructura de control recibe la referencia de corriente de armadura de un operador externo que no es de su interés.

**Dibuje el diagrama de control a lazo cerrado para regular la corriente de armadura.**

# Ejercicio 1



## Ecuaciones de la Máquina CC de excitación separada

$$V_a = R_a I_a + L_a \frac{d}{dt} I_a + E_a$$

$$V_f = R_f I_f + L_f \frac{d}{dt} I_f$$

$$E_a = k_t \omega_r$$

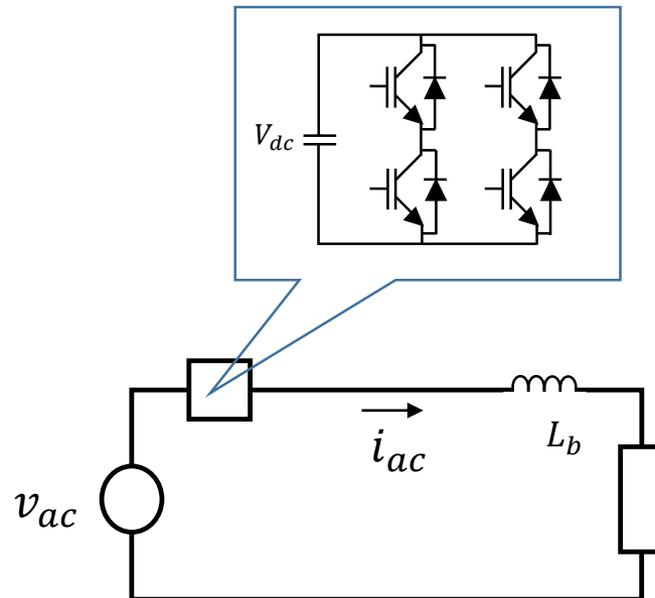
$$J \frac{d}{dt} \omega_r + B \omega_r = T_e - T_m$$

$$T_e = k_t I_a$$

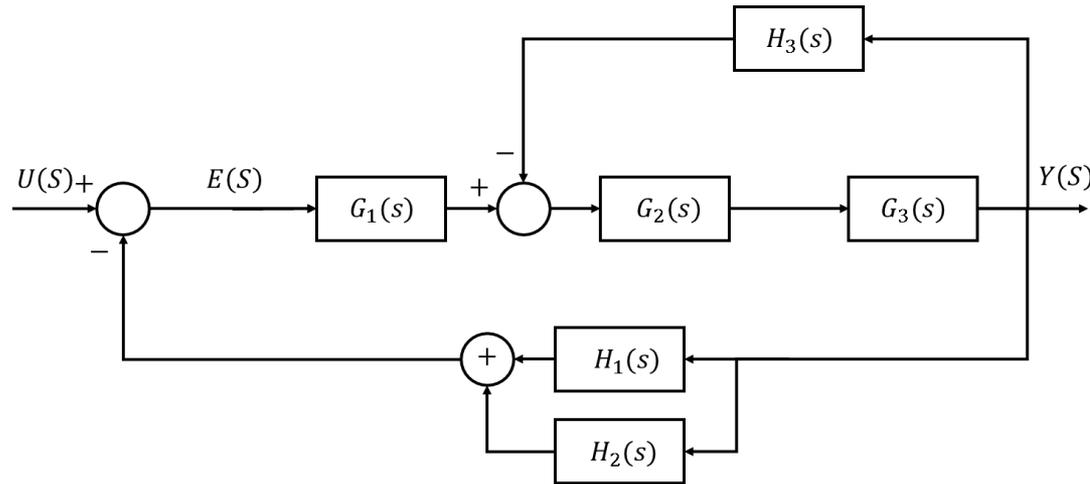
$k_t$  es el flujo entrelazado y es una función de la corriente de campo  $i_f$ , pero que puede ser considerada una constante para su análisis.  $\omega_r$  es la velocidad rotacional de la máquina,  $T_e$  es el torque eléctrico,  $T_m$  es el torque mecánico.  $J$  y  $B$  son el coeficiente de inercia y de roce viscoso de la máquina, que para su análisis también son considerados constantes.  $R_a$  y  $L_a$  son la resistencia e inductancia de la armadura.  $R_f$  y  $L_f$  son la resistencia e inductancia del campo.

# Ejercicio 2

El convertidor DC-AC de la figura (puente H) se desea usar como compensador estático (STATCOM). Partiendo de las ecuaciones que relacionan la tensión en el condensador con la energía del circuito, encuentre la función de transferencia que permita diseñar un lazo de control Tensión Capacitor – Corriente AC. Para sus análisis desprecie la caída de tensión en el inductor  $L_b$ .



# Ejercicio 3



Considere las siguientes funciones de transferencia:

$$G_1(s) = k_p + \frac{k_i}{s}, G_2(s) = \frac{1}{s+12}, G_3(s) = \frac{s+12}{s+3}, H_1(s) = \frac{100}{s}, H_2(s) = 1, H_3(s) = 0$$

Reduzca el diagrama de bloques para encontrar la Función de Transferencia que relaciona la entrada  $U(s)$  con la salida  $Y(s)$ .

# Ejercicio 4

- Paso 1: Encuentre la función de transferencia que relaciona la corriente  $i$  en el circuito con la tensión  $v_{out}$
- Paso 2: Dibuje el esquema de control a lazo cerrado correspondiente.
- Paso 3: Encuentre la función de transferencia que relaciona la tensión de entrada con la tensión  $v_{out}$
- Paso 4: Dibuje el esquema de control a lazo cerrado correspondiente.

