

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

1. Esquema.

1. Generalidades.
2. Sistemas de control automático: conceptos.
 - 2.1. Representación de los sistemas de control. Diagrama de bloques.
3. Tipos de sistemas de control.
 - 3.1. Sistemas de control de lazo abierto.
 - 3.2. Sistemas de control de lazo cerrado.
4. Elementos componentes.
5. Función de transferencia.

1. Introducción.

Desde el siglo XVIII, en que James Watt diseñó el primer regulador centrífugo para el control de la velocidad de una máquina de vapor, hasta nuestros días, los sistemas de control han evolucionado de forma vertiginosa y, en la actualidad, juegan un papel importantísimo en cualquier diseño de ingeniería.

Por ejemplo en la aeronáutica, los sistemas de regulación y control han permitido que los aviones se dirijan automáticamente mediante el piloto automático. También han permitido la construcción de naves espaciales y satélites que mantienen invariables su posición respecto a la tierra viajando en órbitas geoestacionarias. Permiten controlar los procesos de fabricación y montaje en cadenas industriales o en aplicaciones mucho más simples, como el control de la temperatura en una vivienda.

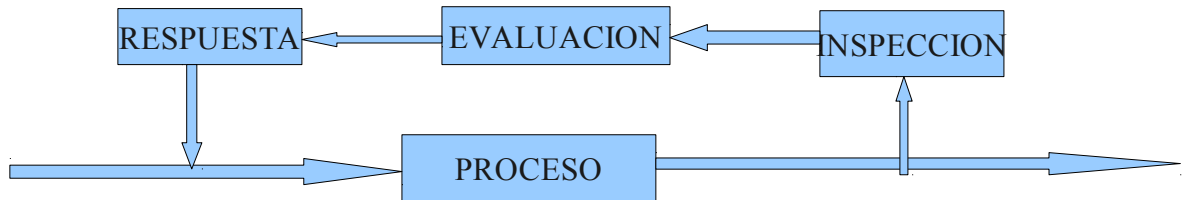
En realidad la regulación y el control son también algo habitual a nivel cotidiano. Cuando nos desplazamos de un punto a otro, por un camino, los pies son el vehículo que impulsa nuestro movimiento, pero también participan otros elementos como son los ojos para controlar el paso, rectificando en todo momento la trayectoria o acelerando el paso o disminuyéndolo dependiendo de las posibles pendientes existentes. Cuando conducimos un coche, también interviene en el proceso un sistema de regulación y control en el cual el conductor interviene como realimentación del sistema regulando, tanto la dirección del vehículo como la velocidad.

Consideremos el caso habitual mediante el cual regulamos la temperatura de salida del agua de la ducha. Abrimos el agua caliente a tope, y dejamos caer el agua sobre una de nuestras manos, accionando con la otra el grifo de agua fría hasta alcanzar la temperatura deseada. Este proceso de control consta de tres fases:

- a) Inspección: se capta una variable (presión, caudal, T^a , posición) a través de un captador. En nuestro ejemplo el captador de la T^a de salida del agua, sería nuestra mano.
- b) Evaluación: compara la variable de proceso con la señal de referencia y elabora una señal de corrección que depende del tipo y acciones de control que sea capaz de hacer el elemento regulador o controlador. En nuestro caso el controlador que somos nosotros, comparamos la T^a que hemos “captado” y la comparamos con la deseada o de referencia que queremos nosotros (la T^a que solemos usar todos los días)

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

- c) Respuesta de un elemento final si fuese necesario. En nuestro ejemplo, la respuesta es aumentar o disminuir el caudal de agua fría en función de la diferencia de T^a con la deseada que estamos detectando.



Un control automático de procesos industriales y equipos de diversos tipos, consta (generalmente) de estas tres fases, pero sustituyendo en el proceso al operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos.

Las razones que justifican el uso del control de procesos y equipos son:

- Se mejora la seguridad (la más importante)
- Mantener la calidad del producto con coste mínimo.
- Mantener la producción con la menor cantidad de mano de obra.

2. Sistema de control automático: conceptos.

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí de tal forma que las modificaciones de uno de ellos pueden provocar perturbaciones en los demás. El primer paso en el estudio de un sistema que queremos controlar de forma automática es ver la relación entre las salidas y las entradas, ver la respuesta del sistema (salida) cuando se le comunica una cierta entrada. Definiremos como:

- Entrada o *señal de mando*: excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente (de energía) externa para provocar una respuesta.
- Salida o *variable gobernada*: respuesta real que proporciona el sistema de control.
- Perturbaciones: son las señales no deseadas que afectan al proceso o planta y, por tanto, tienden a modificar el funcionamiento del sistema.

Las perturbaciones ejercen un papel no deseado en el comportamiento del sistema. Pensemos, por ejemplo, en el sistema de control de la temperatura de una habitación con un termostato. Abrir una ventana o una puerta en invierno supone una perturbación en el sistema, debido a la masa de aire frío que penetra.

De forma general, un proceso, sistema o planta se puede representar mediante una “caja negra”, lo que significa que no es necesario analizar -ni conocer siquiera- lo que sucede dentro del proceso, sino solamente la respuesta que va a ofrecer frente a una entrada determinada.

En función de su naturaleza, los sistemas de control se dividen en:

- Naturales. Ej: control de T^a del cuerpo humano por transpiración.
- Artificiales. Ej: Control de sistema de calefacción por un termostato.

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

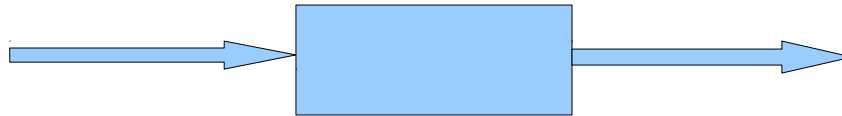
c) Mixtos. Ej: sistema constituido por una persona que maneja un automóvil.
Existen muchas más clasificaciones, pero nosotros nos centraremos en la más importante, la que se realiza en función de la propia acción de control:

- a) Sistemas de lazo abierto. Son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida.
- b) Sistemas de lazo cerrado. En ellos, la acción de control depende en cierto modo de la salida, que convenientemente tratada “se realimenta” como una entrada más al sistema.

2.2. Representación de los sistemas de control. Diagrama de bloques.

Los sistemas de control se suelen representar en forma de diagrama de bloques, en los que se ofrece una expresión visual y simplificada de las relaciones entre la entrada y la salida de un sistema físico.

A cada componente del sistema de control se le denomina elemento, y se representa por medio de un rectángulo.

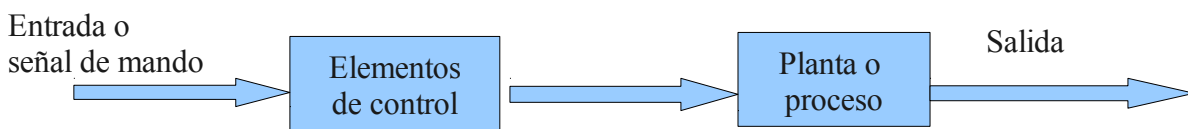


3. Tipos de sistemas de control.

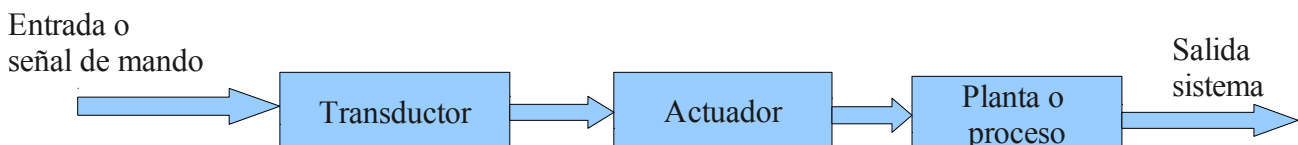
3.1. Sistema de control de lazo abierto.

Un sistema de control de bucle abierto es aquel en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada.

La señal de entrada actúa directamente sobre los elementos que controlan el comportamiento del sistema sin verse afectada por la salida del mismo. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración. Los sistemas de control en lazo abierto se representan mediante el diagrama de bloques:



El sistema de controla bien directamente, o bien mediante un transductor y un actuador. El diagrama de bloques típico del sistema será, en este caso:



En el caso del sistema de control de la temperatura de un recinto, para que sea un sistema abierto es necesario que no exista un termostato, de manera que el sistema

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

permanezca funcionando durante un tiempo determinado. El sistema es el recinto que se desea calentar; el transductor puede ser un dial o disco giratorio en el que definamos el tiempo de funcionamiento, y el actuador el propio foco de calefacción (una caldera o un radiador).

Otro ejemplo muy típico de un sistema en lazo abierto sería una lavadora automática. Esta máquina se encuentra programada para realizar todas las funciones de lavado, cuyas duraciones respectivas vienen determinadas por un temporizador. La blancura de la ropa, que en este caso es la señal de salida, no influye en la entrada: la lavadora realizará siempre sus procesos de la misma manera, con independencia de la blancura obtenida. El hecho de la ropa salga más o menos limpia no influye en absoluto en el programa de la lavadora.

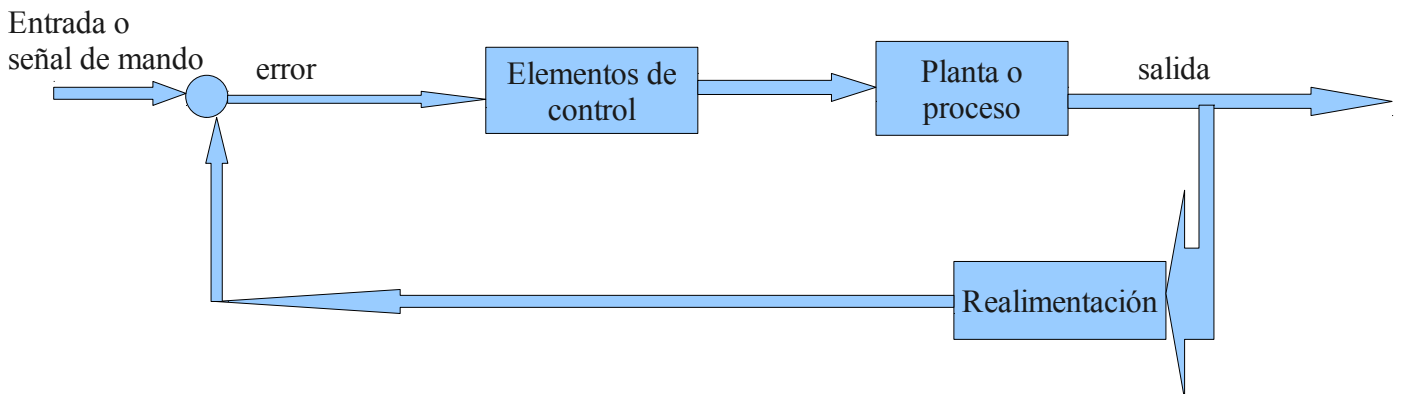
Las ventajas e inconvenientes de este sistema de control son:

- a) Ventajas: simplicidad de diseño y alta estabilidad.
- b) Desventajas: incapacidad de respuesta de estos sistemas ante perturbaciones externas y la necesidad de continuadas calibraciones para asegurar una buena exactitud o precisión del sistema.

3.2. Sistemas de control de lazo abierto.

Sistemas de control en lazo cerrado son aquellos en los que parte de la señal de salida, convenientemente tratada, se realimenta, es decir, se introduce de nuevo en el sistema como una entrada más. Esta realimentación permite al sistema de control del proceso que sepa en todo momento qué está sucediendo en la salida, de forma que tras compararla con el valor deseado (señal de referencia), genera “una señal de error”. El objetivo del sistema de control será actuar sobre el proceso o equipo para hacer esta señal de error lo más cercana a 0 posible.

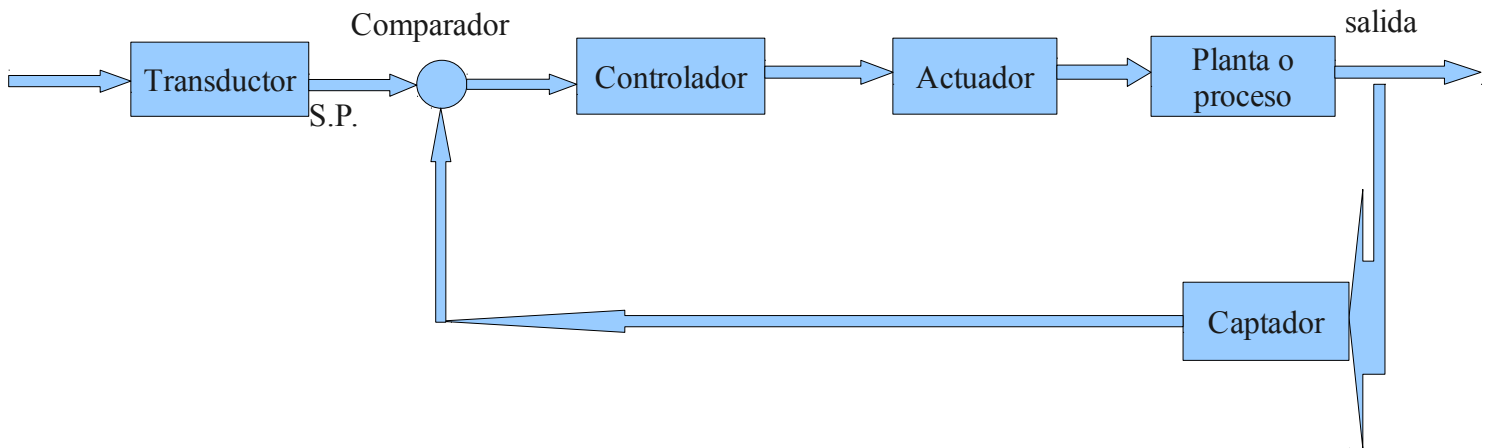
Los sistemas de control de lazo cerrado se representan con el diagrama de bloques:



Los sistemas de control de lazo cerrado deben utilizarse, cuando el sistema pueda recibir del exterior perturbaciones o variaciones imprevisibles que puedan modificar el comportamiento del sistema. El diagrama de bloques típico de estos sistemas de control es:

Entrada o
señal de mando

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.



En este tipo de sistema de control, la salida se realimenta mediante un captador. En el comparador, la señal de referencia (salida del transductor), se compara con la señal de salida medida y adaptada por el captador, con lo que se genera la señal de error. El controlador o regulador actúa en función del error (diferencia entre la salida y la señal de referenci), para llevar su valor a 0 y llevar la salida a su valor correcto.

Las ventajas e inconvenientes de este sistema de control son:

- Ventaja1: son mucho menos sensibles a las perturbaciones que los de lazo abierto, ya que cualquier perturbación que afecte a la salida será registrado por la realimentación como un error. De este modo las perturbaciones se compensan, y se disminuyen o anulan sus efectos sobre la salida del sistema.
- Ventaja2: posibilidad de utilizar componentes más económicos e imprecisos o con mayor tolerancia que en los sistemas de bucle abierto, consiguiendo grados de precisión muy altos en la respuesta del sistema.
- Desventajas: dificultad en el diseño de estos sistemas para que sean estables. Por otra parte, la cantidad de componentes utilizados por los sistemas de lazo cerrado es muy superior a los utilizados por los sistemas de control en lazo abierto.

Para terminar, diferenciaremos dentro de estos sistemas entre:

- Sistemas de regulación: la misión de estos sistemas es mantener la variable gobernada (salida) constante, compensando para ello las perturbaciones (el S.P. es la gran mayoría del tiempo constante).
- Servomecanismos: sistema cuya misión es seguir la señal de mando (el S.P. o señal de mando cambia con el tiempo, siendo el S.P. la perturbación mas importante a la cual debe ajustarse la variable gobernada).

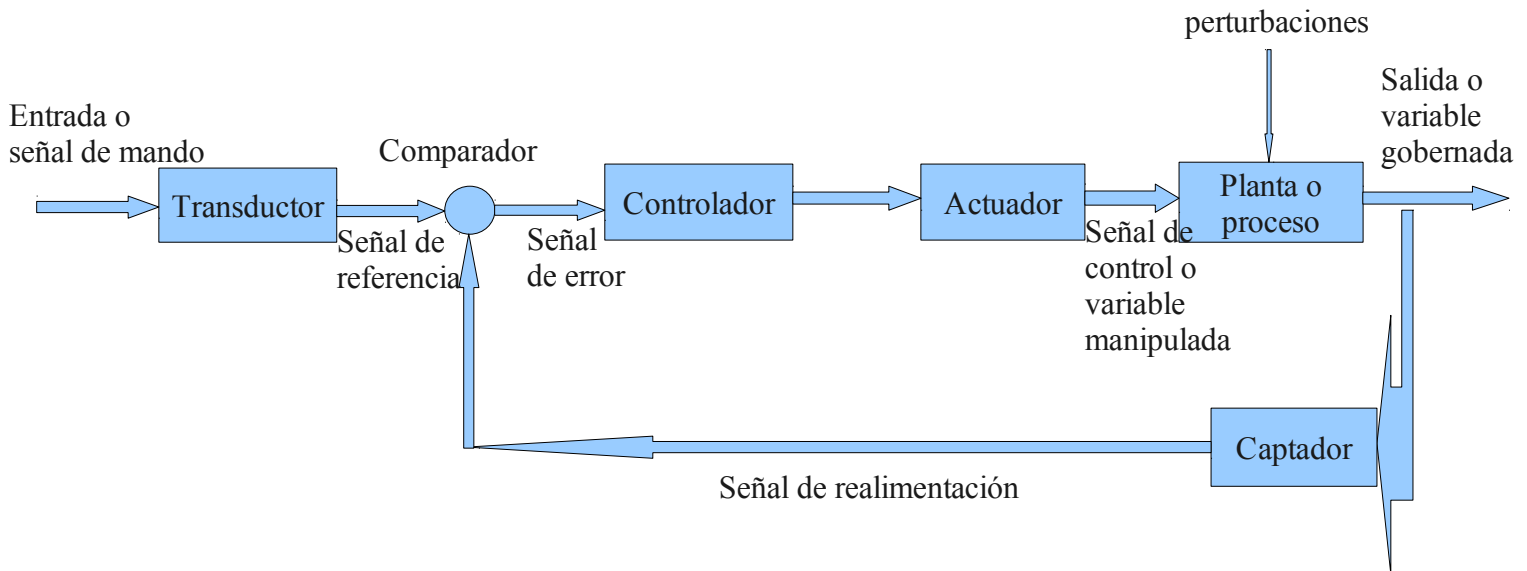
4. Elementos componentes.

Antes de proceder a explicar cuales son los elementos componentes es preciso definir cuales son las señales que intervienen en un sistema de control:

- Señal de mando o *S.P.* (Set Point) es la señal de entrada al sistema que determina cuál será el nivel de salida deseada.
- Señal de referencia: es una señal que guarda relación directa con la señal de entrada, pero en una magnitud comparable a la de la señal de realimentación.

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

- c) Señal de *realimentación*: podemos considerarla como una muestra de la salida, adaptada convenientemente para poder ser comparada con la señal de referencia.
- d) Señal de error: es el resultado de comparar la señal de referencia con la señal de realimentación; si ambas señales son iguales, la señal de error será nula indicando que la señal de salida es la deseada y que no hay perturbaciones en el sistema.
- e) Señal de control o *variable manipulada*. Es la señal de error convenientemente tratada para que puedan actuar sobre el proceso o planta del sistema de control.



En cuanto a los elementos componentes típicos de un sistema de control:

- a) Transductores y captadores: son elementos físicos cuya misión es detectar alguna variable física y convertirla en otra más adecuada para poder medirla, manipularla o compararla; ambos elementos son básicamente sensores. La diferencia entre ambos es su función dentro del sistema de control:
 - *Transductor* o elemento generador de la señal de referencia. Su función es acondicionar la señal de mando para convertirla en una magnitud (señal de referencia) de similares características a la entregada por el captador (señal de realimentación).
 - Transductor de la variable de salida o *captador*. Sensor que mide la magnitud de salida o variable gobernada y da una señal proporcional a dicho valor (señal de realimentación) con capacidad para ser comparada con la señal de referencia.
- b) Comparador. También denominado detector de error. Es un dispositivo que dispone de dos entradas, y cuya salida es la diferencia entre la señal de referencia entregada por el transductor de entrada y la señal de realimentación entregada por el captador o transductor de realimentación. La señal resultante se denomina señal de error.
- c) Regulador o controlador. Adapta la señal de error para que pueda actuar sobre el proceso o planta, reajustándolo cuando se producen perturbaciones o interferencias.
- d) Actuador. Son los elementos finales de un sistema de control, ya que actúan directamente sobre una variable del proceso denominada manipulada que al influir directamente sobre la salida o variable gobernada, nos permite controlarla.
Ej: modificar el caudal de gas de entrada en una caldera (variable manipulada) nos permite controlar su T^a (variable gobernada).

TEMA 10: SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL.

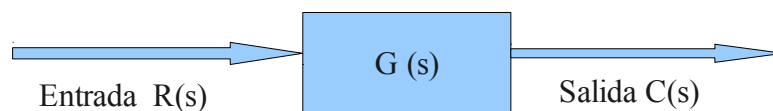
e) Proceso, sistema o planta.

5. Función de transferencia.

Todo sistema automático de control puede representarse por medio de una cja negra, sin que interese conocer lo que sucede dentro del sistema, sino solamente las relaciones entrada-salida del mismo. Esta manera de enfocar el estudio de los sistemas constituye la llamada teoría clásica de control.

La teoría clásica de control se caracteriza por la introducción del concepto de función de transferencia, lo cual supone una descripción matemática (mediante métodos de cálculo basados en la transformada de Laplace) del sistema automático físico. Por medio de ella se puede conocer: si el sistema de control va a ser estable, la respuesta del sistema ante una determinada entrada o que valores tenemos que aplicar a ciertos parámetros para que el sistema sea estable (no oscile de forma incontrolada ante las perturbaciones).

La función de transferencia $G(s)$ de un sistema se define como el cociente entre las transformadas de Laplace de las señales de salida y de entrada:



$$G(s) = C(s) / R (s) \quad \text{donde "s" es la variable compleja de Laplace}$$