

# Escuela Técnica N° 17- V Brigada Aérea



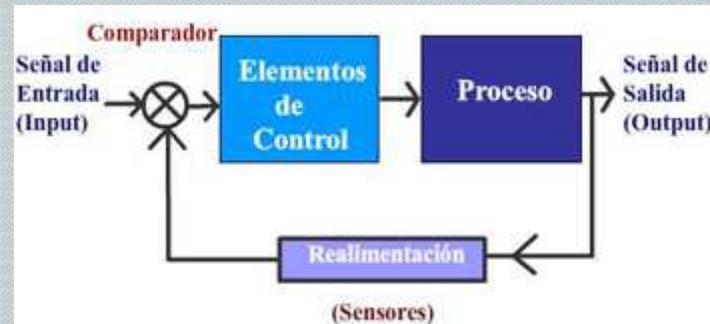
**MATERIA: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO**

**TEMAS: SISTEMAS DE CONTROL**

**ING. FERRI DARIO**

# ¿Qué es un SISTEMA DE CONTROL?

- Es un sistema o subsistemas que están constituidos por un conjunto de componentes que regulan el comportamiento de un sistema para lograr un objetivo.



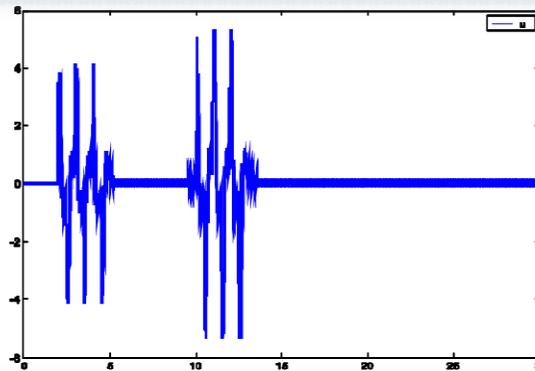
## Definiciones básicas en los sistemas de control

- **Variable controlada**: es la cantidad o condición que se mide y controla.
- **Variable manipulada**: es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- **Sistemas**: un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado.



## Definiciones básicas en los sistemas de control

- **Perturbaciones**: una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema.
- **Control realimentado**: se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y lo continua haciendo con base en esta diferencia

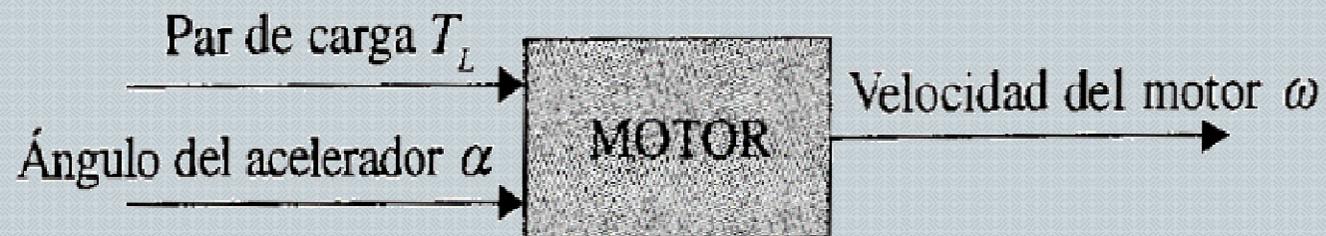


## Componentes básicos de un sistema de control

- Objetivos de control (Entrada)
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salidas (Salida)



# Ejemplo de sistema de control



# Clasificación de los sistemas de control

- Sistemas de Control en Lazo Abierto o Sistemas de Control No Realimentados
- Sistemas de Control en Lazo Cerrado o Sistemas de Control Realimentados

# Sistemas de control en lazo abierto

- Son sistemas en los cuales la señal de salida no afecta la acción de control.
- En estos sistemas no se mide la señal de salida ni se realimenta para compararla con la entrada.
- En la práctica estos sistemas de control solo se usan cuando se conocen las relaciones entre la entrada y la salida del sistema

# Elementos de un sistema de control de lazo abierto



# Sistemas de control de lazo abierto

- Ejemplo:

El remojo, lavado y el enjuague en la lavadora con base en tiempo.

La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de ropa.

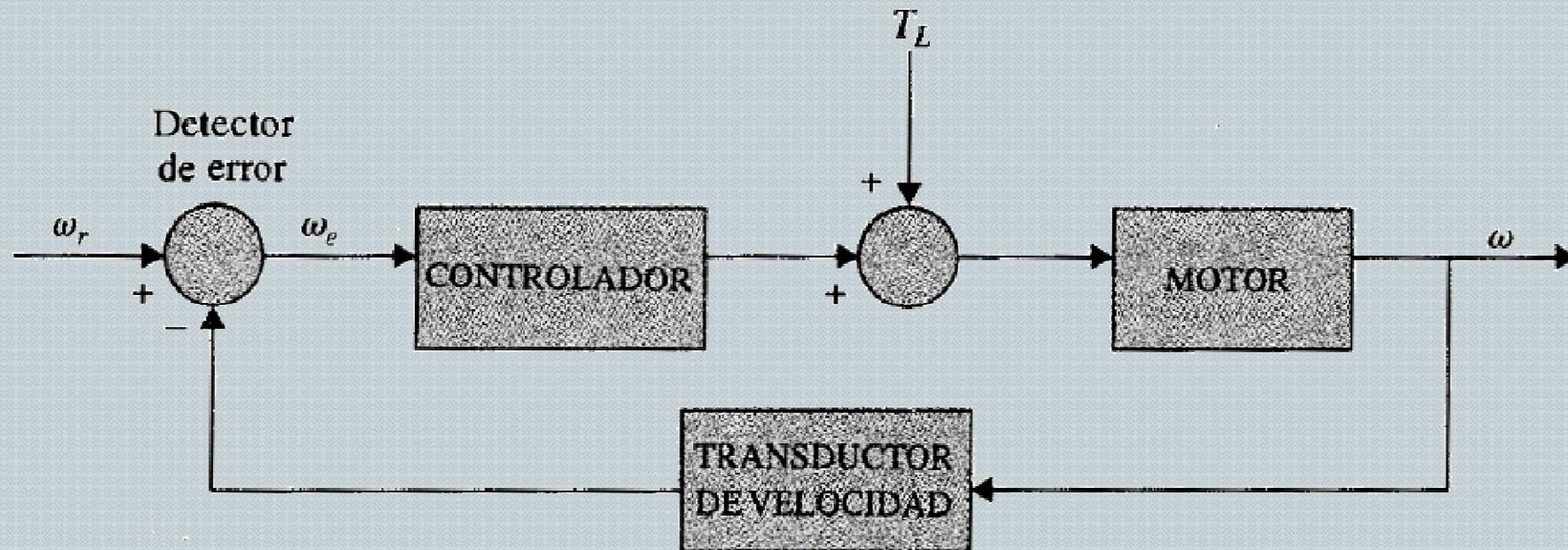


# Sistemas de control en lazo cerrado

- En estos sistemas de control, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación a fin de reducir el error y llevar a la salida del sistema a un valor conveniente.
- A estos sistemas también se le conoce como sistemas de control realimentados.

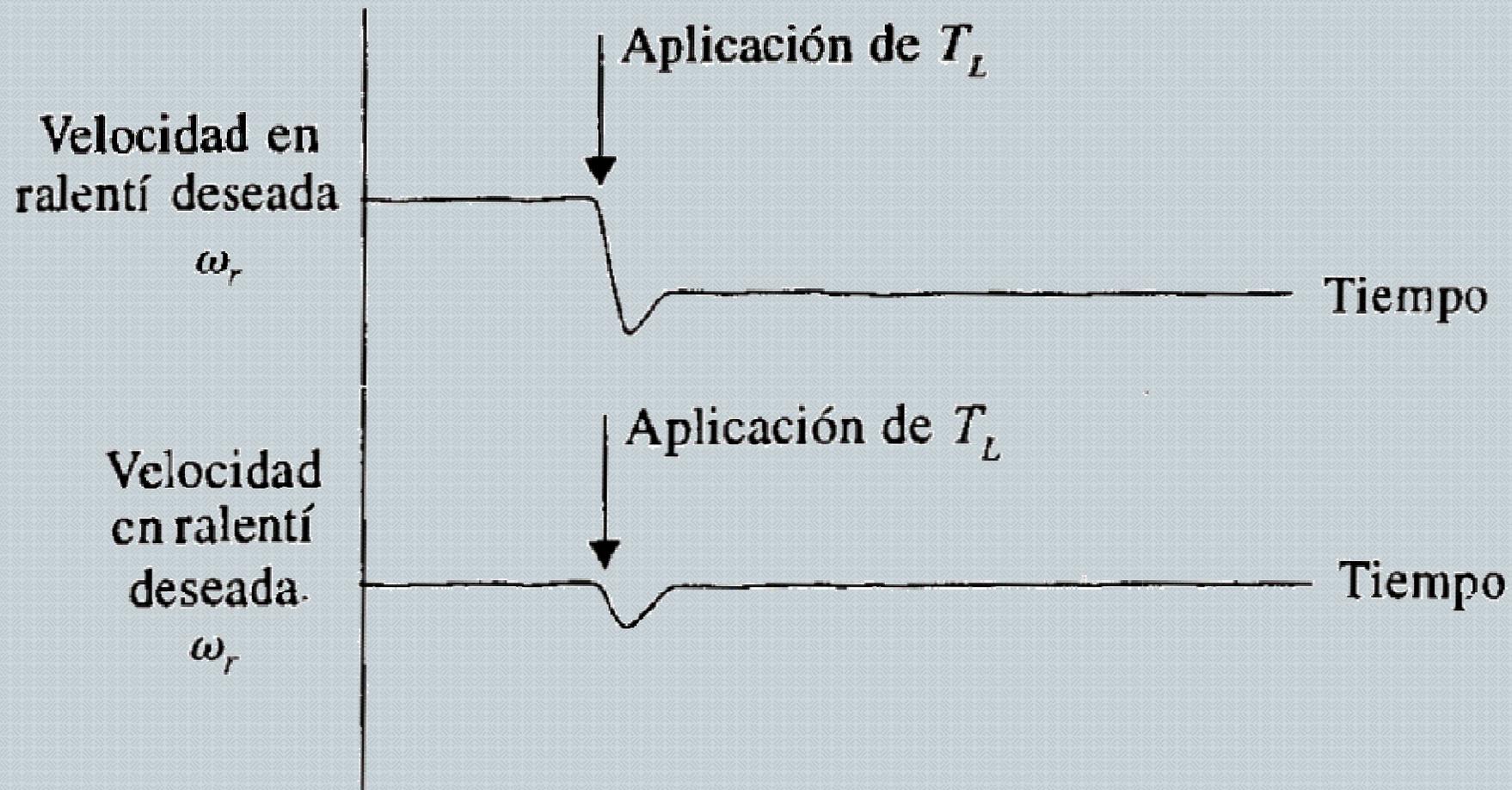
# Sistemas de control en lazo cerrado

- Diagrama de bloques de un sistema de control de velocidad en ralentí en lazo cerrado



# Sistemas de control en lazo cerrado

- Respuesta típica del sistema de control en ralentí en lazo abierto y en lazo cerrado

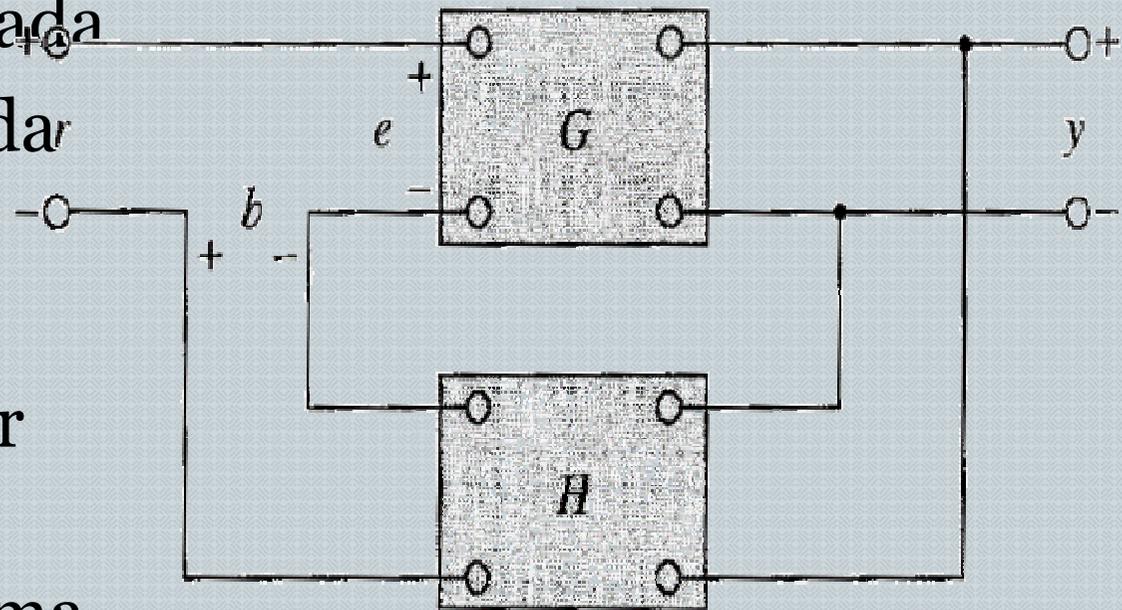


# Realimentación y sus efectos

- ✘ La realimentación también tiene efectos en las características en el desempeño del sistema como:
  - + Reducción del Error del Sistema
  - + Ganancia global del Sistema
  - + Estabilidad del Sistema
  - + Ancho de Banda
  - + Perturbaciones
  - + Sensibilidad

# Modelo estático de los sistemas de control en lazo cerrado

- ×  $\underline{r}$  es la señal de entrada
- ×  $\underline{y}$  es la señal de salida
- ×  $\underline{b}$  es la señal de realimentación
- ×  $\underline{e}$  es la señal de error
- ×  $\underline{G}$  y  $\underline{H}$  ganancias constantes del sistema



$$M = \frac{y}{r} = \frac{G}{1 + GH}$$

*Ecuación Básica de los Sistemas Realimentados*

# EFFECTOS DE LA REALIMENTACIÓN EN LA GANANCIA GLOBAL

- La realimentación afecta a la ganancia  $G$  de un sistema no realimentado por un factor  $1+GH$
- Se dice realimentación negativa, ya que se asigna un signo menos a la señal de realimentación  $1-GH$
- El efecto general de la realimentación es que puede incrementar o disminuir la ganancia  $G$ .

$$M = \frac{G}{1 + GH}$$

# Efectos de la realimentación en la estabilidad

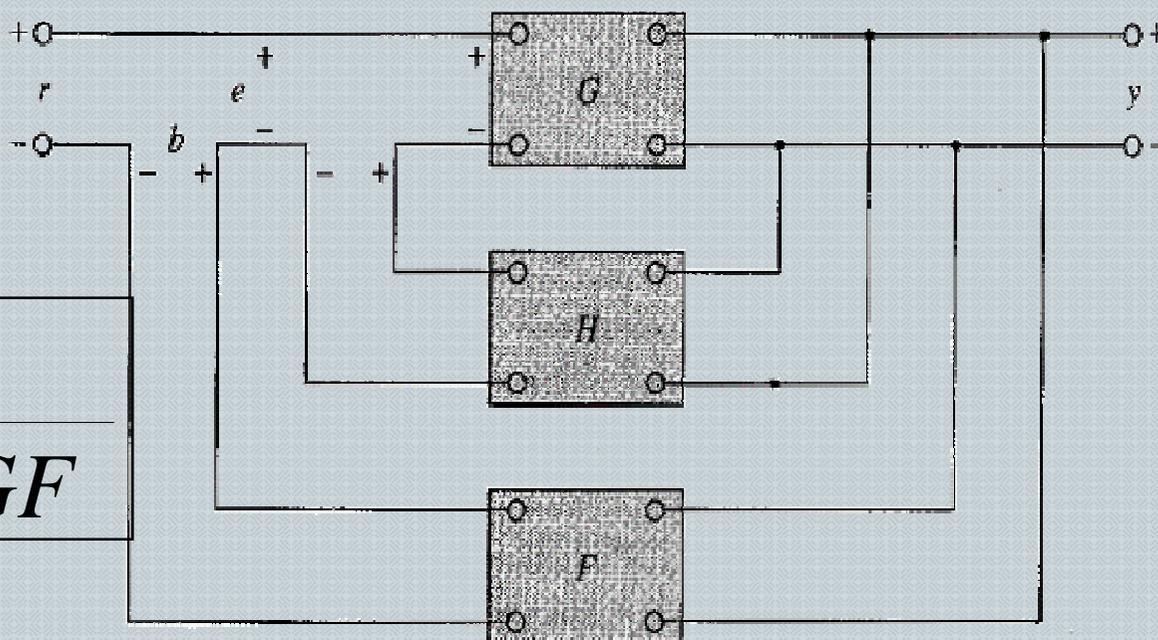
- La estabilidad es una noción que describe si un sistema es capaz de seguir el comando de entrada, o en general, si dicho sistema es útil.
- Un sistema se dice inestable si sus salidas se salen de control
- Si  $GH = -1$ , la salida del sistema es infinita para cualquier entrada finita, y el sistema se dice inestable.

$$M = \frac{G}{1 + GH}$$

# Efectos de la realimentación en la estabilidad

- Ejemplo: Si un sistema es inestable debido a que  $GH = -1$ . Si se introduce otro lazo de realimentación a través de una ganancia negativa  $F$ , la relación de entrada y salida del sistema total es:

$$M = \frac{G}{1 + GH + GF}$$



## Efectos de la realimentación en la estabilidad

- ✘ Si bien las propiedades de  $G$  y  $H$  son tales que el sistema realimentado de lazo interno es inestable por que  $GH = -1$ , el sistema total puede ser estable mediante la selección apropiada de la ganancia  $F$  de lazo realimentado externo.
- ✘ En la práctica  $GH$  es una función de la frecuencia, y la condición de estabilidad del sistema en lazo cerrado depende de la **magnitud** y la **fase** de  $GH$ .
- ✘ La realimentación puede mejorar la estabilidad o serle dañina si no se aplica adecuadamente.

## Efecto de la realimentación en la sensibilidad

- A menudo, las consideraciones sobre sensibilidad son importantes en el diseño de sistemas de control ya que los elementos físicos tienen propiedades que cambian con el ambiente y la edad, no se pueden considerar parámetros de un sistema de control de completamente estacionarios durante la vida de operación del sistema.

## Efectos de la realimentación en la sensibilidad

- En general, un buen sistema de control debe ser insensible a la variación de los parámetros pero sensible a los comandos de entrada.
- Se considera a  $G$  como la ganancia de los parámetros, la cual puede variar.

# EFFECTOS DE LA REALIMENTACIÓN EN LA SENSIBILIDAD

- ✘ La sensibilidad de la ganancia del sistema total,  $M$ , con respecto a la variación de  $G$  se define como:

$$s_G^M = \frac{\partial M / M}{\partial G / G} = \frac{\text{Porcentaje de cambio en } M}{\text{Porcentaje de cambio en } G}$$

- ✘ En donde  $\frac{\partial M}{\partial G}$  denota el cambio de  $M$  debido al incremento en  $G$ ,
- ✘ La función de sensibilidad se escribe como:

$$s_G^M = \frac{\partial M}{\partial G} \frac{G}{M} = \frac{1}{1 + GH}$$

# EFECTOS DE LA REALIMENTACIÓN EN LA SENSIBILIDAD

- La relación muestra que si  $GH$  es una constante positiva, la magnitud de la función de sensibilidad se puede hacer arbitrariamente pequeña cuando  $GH$  se incrementa, mientras el sistema permanece estable.
- En un sistema en lazo abierto, la ganancia responde de una forma uno a uno respecto a la variación en  $G$ .

## Efectos de la realimentación sobre perturbaciones externas o ruido

- ✘ Todos los sistemas físicos están sujetos a algunos tipos de señales exógenas o ruidos durante su operación.
- ✘ Ejemplos de estas señales son el voltaje de ruido térmico en circuitos electrónicos y el ruido de conmutación en motores eléctricos.
- ✘ Las perturbaciones externas, tal como el viento que actúan sobre una antena, son también comunes en sistemas de control.

## Efectos de la realimentación sobre perturbaciones externas o ruido

- ✘ El efecto de la realimentación sobre el ruido y perturbaciones depende grandemente de en qué parte del sistema ocurren las señales exógenas.
- ✘ No se puede obtener conclusiones generales, pero en muchas situaciones, la realimentación puede reducir los efectos del ruido y las perturbaciones en el desempeño del sistema.

# Efectos de las realimentación sobre perturbaciones externas o ruido

- Sistema realimentado con una señal de ruido

- $r$  denota la señal de comando
- $n$  denota la señal de ruido

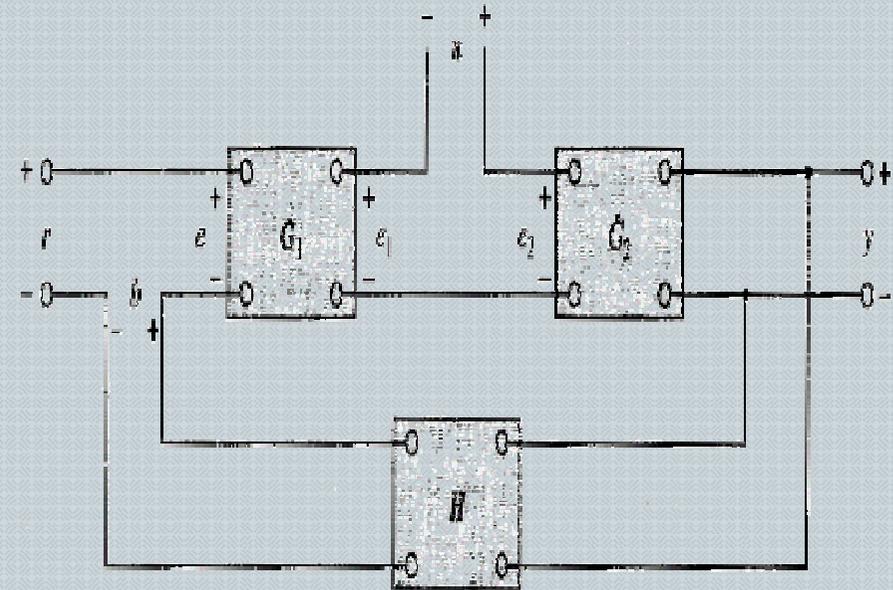
En ausencia de realimentación,  $H = 0$ , la salida  $y$  debida a la  $n$  actuando sola es:

$$y = G_2 n$$

Con realimentación, la salida del sistema debido a  $n$  actuando sola es:

$$y = \frac{G_2}{1 + G_1 G_2 H} n$$

Al comparar las ecuaciones, se observa que la componente del ruido se reduce por el factor de  $1 + G_1 G_2 H$ , si este último es mayor que la unidad el sistema permanece estable.



## Tipos de sistemas de control realimentados

- Los sistemas de control realimentados se pueden clasificar en diversas formas, dependiendo del propósito de la clasificación.

# Clasificación por su método de análisis y diseño

- Lineales
- No Lineales
- Variantes con el tiempo
- Invariantes con el tiempo

# De acuerdo con los tipos de señales usadas en el sistema

- **Sistemas en tiempo continuo**
- **Sistemas en tiempo discreto**
- **Sistemas modulados**
- **Sistemas no modulados**
- A menudo los sistemas de control se clasifican de acuerdo con su propósito principal
  - Sistemas de control de posición
  - Sistemas de control de velocidad

# Sistemas de control lineales vs no lineales

- ✘ Estrictamente hablando los sistemas lineales no existen en la práctica, ya que todos los sistemas físicos son no lineales en algún grado.
- ✘ Los sistemas de control realimentados son modelos ideales fabricados por el analista para simplificar el análisis y diseño.
- ✘ Cuando las magnitudes de las señales en un sistema de control están limitadas en intervalos en los cuales los componentes del sistema exhiben una característica lineal, el sistema es esencialmente lineal.

# Sistemas de control lineales vs no lineales

- Para sistemas lineales, existen una gran cantidad de técnicas analíticas y gráficas para fines de diseño y análisis.
- Por otro lado, los sistemas no lineales son difíciles de tratar en forma matemática, y no existen métodos generales disponibles para resolver un gran variedad de clases de sistemas no lineales.

# Sistemas de control lineales vs no lineales

- En el diseño de sistemas de control, es práctico, primero diseñar el controlador con base en un modelo de un sistema lineal despreciando las no linealidades del sistema.
- Entonces, el controlador diseñado se aplica al modelo del sistema no lineal para su evaluación o rediseño mediante simulación en computadora.

# Sistemas invariantes con el tiempo vs sistemas variantes con el tiempo

- Cuando los parámetros del sistema de control son estacionarios con respecto al tiempo durante la operación del sistema se denomina **sistema invariante con el tiempo**.
- En la práctica los sistemas contienen elementos que derivan o varían con el tiempo.

## Ejemplo de sistemas que varían con el tiempo

- ✘ La resistencia de un motor eléctrico variará cuando el motor es excitado por primera vez y su temperatura este aumentando.
- ✘ El sistema de control de un misil guiado en el cual la masa del misil decrece a medida que el combustible a bordo se consume durante el vuelo.
- ✘ El análisis de diseño de esta clase de sistemas son mucho más complejos que los de un sistema invariante con el tiempo.

# Sistemas de control en tiempo discreto

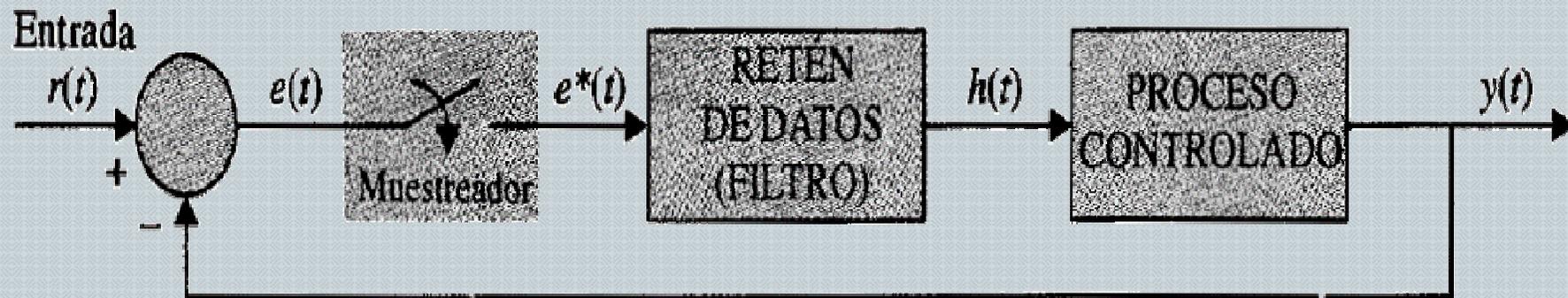
- Los sistemas de control en tiempo discreto difieren en los sistemas de control en tiempo continuo, en que las señales en uno o mas puntos del sistema son, ya sea en forma de pulsos o un código digital.
- Estos sistemas se subdividen a la vez en sistemas de control de datos muestreados y sistemas de control digital.

# Sistemas de datos muestreados

- Estos se refieren a una clase mas general de sistemas en tiempo discreto en que las señal están en forma de pulsos de datos.
- Estos sistemas reciben datos o información sólo en forma intermitente en instantes específicos.

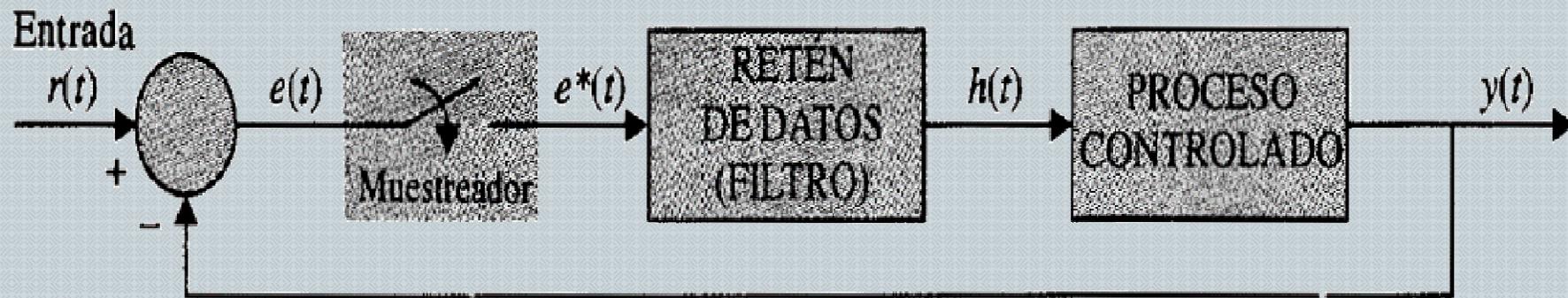
# Diagrama de bloques de un sistema de control de datos muestreados

- Por ejemplo: la señal de error de un sistema de control se puede proporcionar en forma de pulsos, en cuyo caso el sistema de control no recibe información acerca del error durante los períodos entre dos pulsos consecutivos.



# Sistema de control de datos muestreados

- Una señal continua de entrada  $r(t)$  es aplicada al sistema. La señal de muestreo  $e(t)$  es muestreada por un dispositivo de muestreo, el muestreador, cuya salida es una secuencia de pulsos.

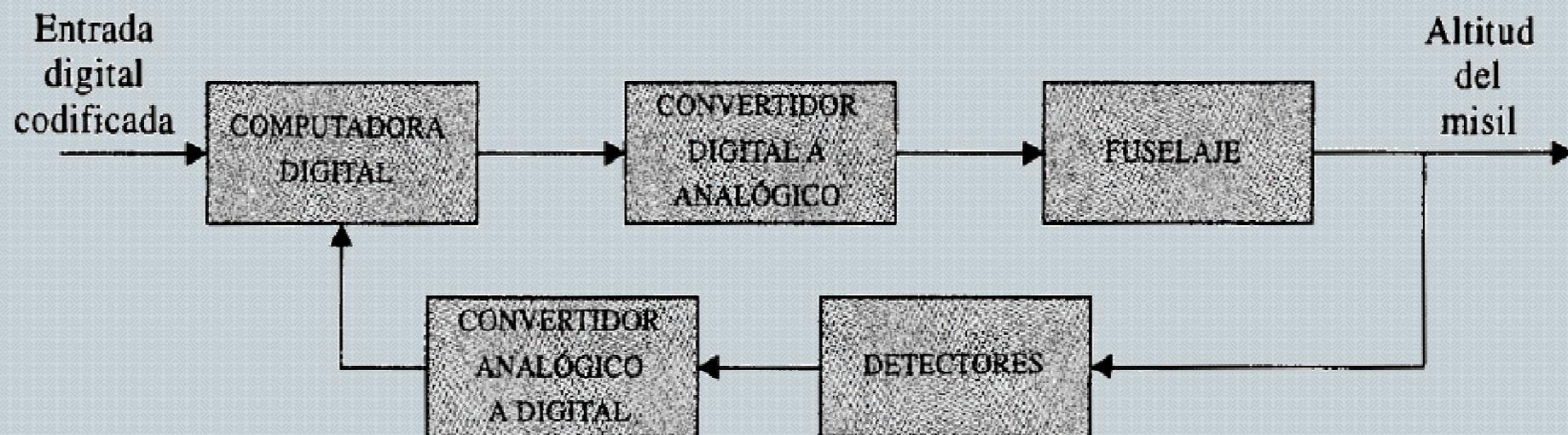


# Sistema de control de datos muestreados

- Ventajas de los sistemas de control de datos muestreados:
  - El equipo de puede ser compartido en tiempo entre varios canales de control.
  - Al ser compartido el equipo se comparte el costo del mismo.
  - Los datos en forma de pulsos son menos susceptibles a ruido.

# Sistema de Control digital

- Un sistema de control digital se refiere al uso de una computadora o controlador digital en el sistema, de tal forma que las señales están en un código digital, tal como un código binario.





**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCION**