



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE  
SAN ANDRÉS TUXTLA**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN  
ANDRÉS TUXTLA.**



**INGENIERIA ELECTROMECHANICA.**

**INGENIERIA DE CONTROL CLASICO.**

**INVESTIGACION.**

**ROBERTO VALENCIA BENITEZ**

**ALUMNO: FRANCISCO ARTURO HERNANDEZ DOMINGUEZ**

**802-U**

**San Andres Tuxtla, Ver. 18/11/2024**

### 4.1.1 ACCION DE DOS POSICIONES.

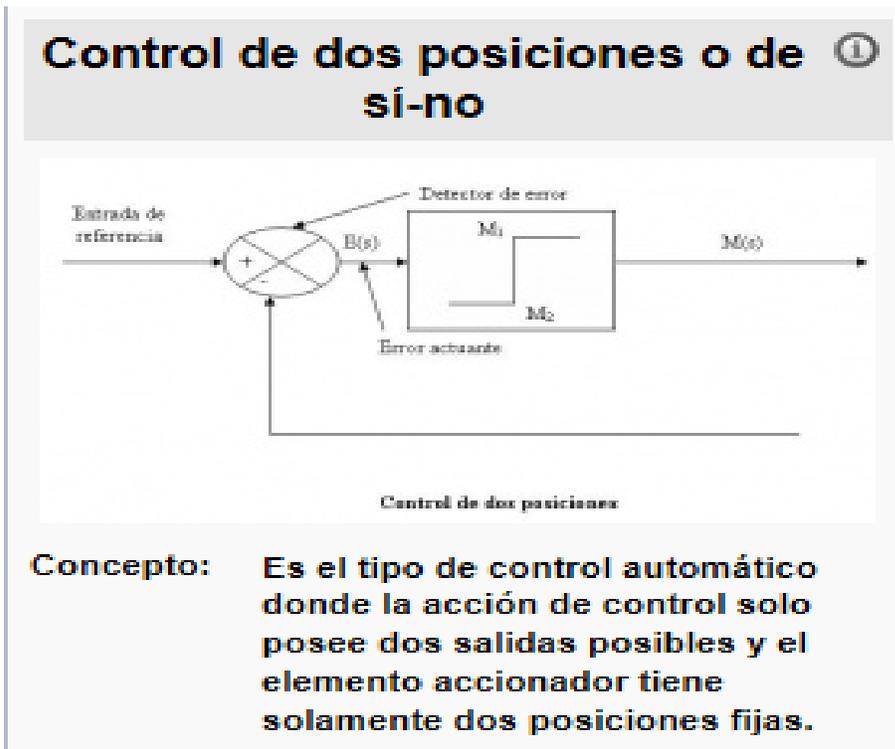
Control de dos posiciones Es la acción de control más simple y económica de las empleadas en los lazos de regulación automática, también es conocido cómo control de sí-no.

#### FUNCIONAMIENTO DE UN CONTROL CON ACCIÓN DOS POSICIONES.

La acción de control dos posiciones generalmente se basan en dispositivos electrónicos, donde habitualmente hay una válvula accionada por un solenoide eléctrico. El rango en el que se debe desplazar la señal de error actuante antes de que se produzca la conmutación se llama brecha diferencial, esta hace que la salida del control  $m(t)$  mantenga su valor hasta que la señal de error actuante haya pasado levemente del valor deseado.

En algunos casos, la brecha diferencial es un resultado de fricción no intencional y movimiento perdido; sin embargo, normalmente se le provee deliberadamente para evitar la acción excesivamente frecuente del mecanismo de sí-no.

Es muy empleado en los artículos electrodomésticos tales cómo planchas, tostadoras, cocinas, hornos, neveras y refrigeradores, aire acondicionado entre muchos otros.



## 4.1.2 ACCION PROPORCIONAL.

Con la acción de control proporcional, la salida del controlador es directamente proporcional a su entrada; la entrada es la señal de error, la cual es una función del tiempo. De esta manera:

$$m = K_p E \quad (3)$$

Dónde:

m= Salida del controlador

K<sub>p</sub>= Ganancia proporcional

E= Señal de error

La salida del controlador depende solo de la magnitud del error en el instante en el que se considera. Por lo tanto:

$$G_c = K_p \quad (4)$$

Dónde:

G<sub>c</sub>= La función de transferencia

El controlador es, en efecto, solo un amplificador con una ganancia constante. En cierto tiempo, un error grande produce una salida grande del controlador.

La ganancia constante, sin embargo, tiende a existir solo sobre cierto rango de errores que se conoce como banda proporcional

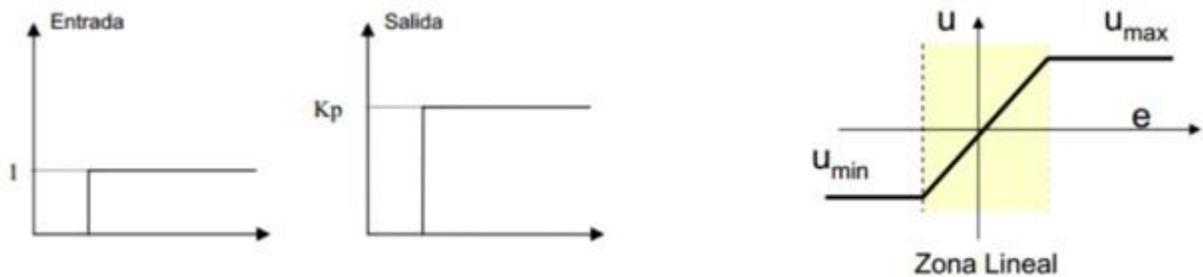


Figura 3/

### 4.1.3 ACCION INTEGRAL.

Con el control integral la salida del controlador es proporcional a la integral de la señal de error E con el tiempo, es decir:

$$m = Ki \int_0^t E dt$$

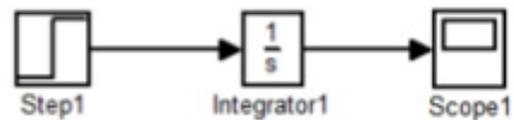
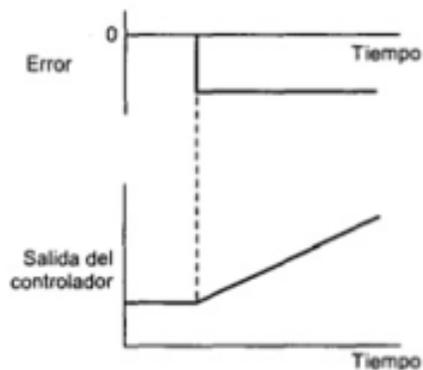
Donde:

m= Salida del controlador

Ki= Ganancia integral

E= Señal de error

Ésta tiene unidades de. Debido a que después de que el error comienza, el área se incrementa en una razón regular, la salida del controlador se debe incrementar en una razón regular. La salida en cualquier tiempo es proporcional a la acumulación de los efectos de los errores pasados.



ura 4

#### 4.1.4 ACCION DERIVATIVA.

El control derivativo es una de las acciones de control empleadas en los lazos de regulación automática y se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error. Se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error, (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

En conclusión, el controlador derivativo se opone a desviaciones de la señal de entrada, con una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se producen estas; la función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo, corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce, de esta manera evita que el error incremente.

#### FORMULA DEL CONTROL DERIVATIVO.

##### *SALIDA DEL REGULADOR*

$$m(t) = Kp \frac{de(t)}{dt} \quad (6)$$

##### *DOMINIO DE LAPLACE*

$$M(s) = Kp * s * E(s) \quad (7)$$

##### *FUNCION DE TRANSFERENCIA*

$$G(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = Kp * S \quad (8)$$

Donde:

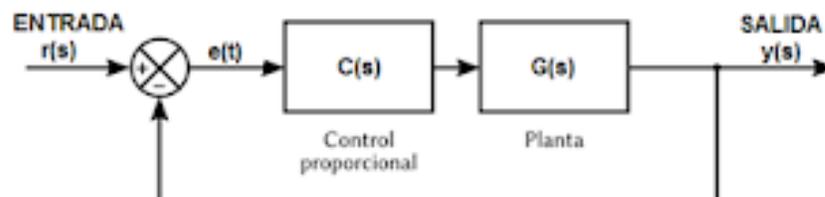
m(t): la salida del controlador o señal de salida

e(t): la señal de error (diferencia entre medición y nivel deseado)

Kp: ganancia derivativo o diferencial

t: tiempo

#### DIAGRAMA DE BLOQUE.



## CARACTERÍSTICAS DE LA ACCIÓN DE CONTROL DERIVATIVA

- No tiene noción alguna del error de la variable en estado estable.
- Se produce un adelanto de la acción de control, si la variable controlada cambia rápidamente la acción correcta es rápida y de gran magnitud.
- Amplifica las señales de ruido
- Produce un efecto de saturación en el actuador.

### 4.1.5 ACCION PROPORCIONAL E INTEGRAL.

El controlador proporcional-integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.

Este algoritmo de control elimina el error estacionario generado por la acción "P" y corrige tomando en cuenta la magnitud del error el tiempo que este ha permanecido.

En realidad, no existen controladores que actúen únicamente con acción integral, siempre actúan en combinación con regulador de una acción proporcional completándose los dos tipos de reguladores, primero entra en acción el regulador proporcional (instantáneamente) mientras que el integral actúa durante un intervalo de tiempo. ( $T_i$  = tiempo integral)

La función de transferencia del bloque de control PI responde a la ecuación:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_C * \left( \frac{1}{T_i * s} + 1 \right) \quad (9)$$

Donde  $K_C$  y  $T_i$  son parámetros que se modifican según las necesidades del sistema.

Si  $T_i$  es grande, la pendiente de la rampa corresponde al efecto integral será pequeña y su efecto será atenuado y viceversa.

Matemáticamente la acción se define como:

$$m(t) = m_0 + K_P * e(t) + \frac{K_P}{T_i} * \int e(t) * dt \quad (10)$$

DONDE:

$m(t)$ : señal de control

$m_0$ : señal inicial

$e(t)$ : señal de error

$K_p$ : ganancia estática del controlador

$T_i$ : tiempo integral

$1/T_i$  frecuencia de reposición: integral del error

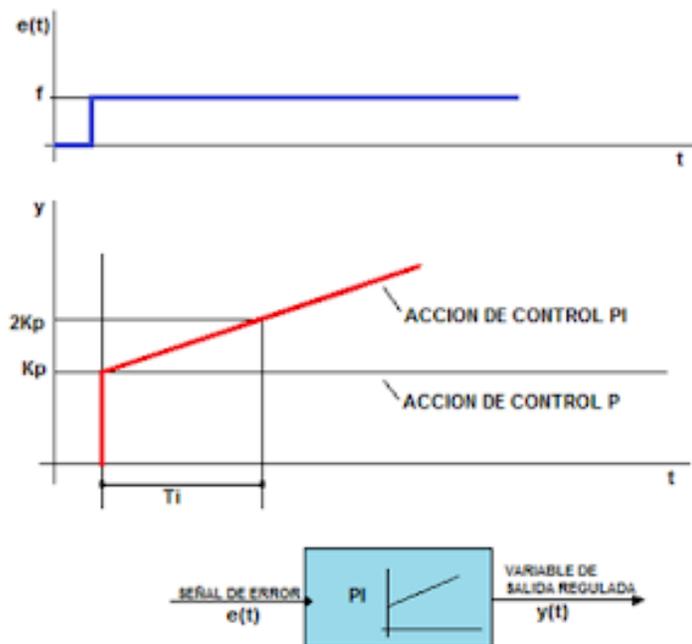
El controlador integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de control, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional.

## SEÑAL DE ERROR

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo determinado, con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

## REGULADOR PI

Por lo tanto, la respuesta de un regulador PI será la suma de las respuestas debidas a un controlador proporcional P, que será instantánea a detección de la señal de error y, con un cierto retardo entrará en acción el control integral I, que será el encargado de anular totalmente la señal de error.



#### 4.1.6 ACCION PROPORCIONAL Y DERIVATIVA.

La acción de control proporcional – derivativa, PD, se define mediante la ecuación;

$$m(t)ke(t) + kc\pi d \frac{de[t]}{dt} \quad (11)$$

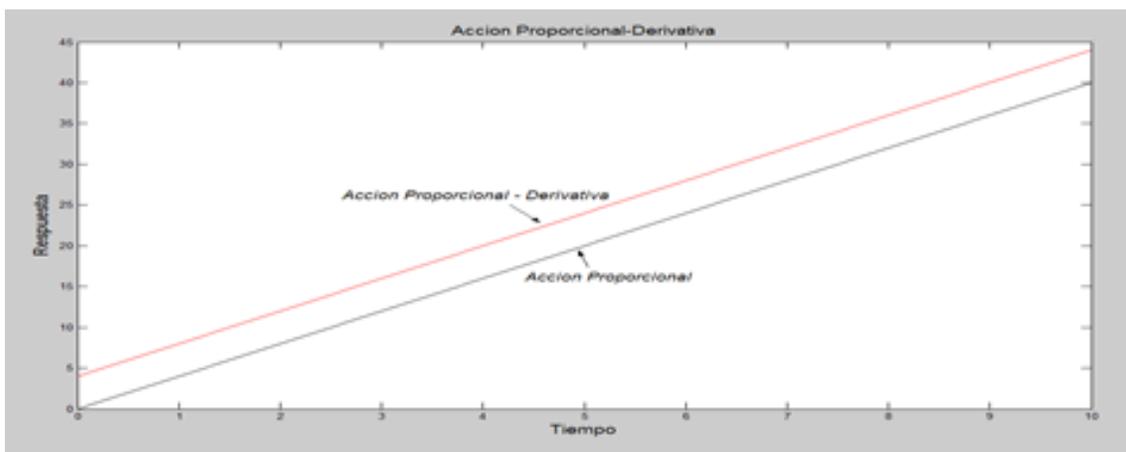
$$\frac{\mathcal{M}[S]}{E[S]=K[1+\pi dS]} \quad (12)$$

Siendo  $K_c$  la ganancia proporcional y  $\tau$  de una constante denominada tiempo derivativo. Ambos parámetros son ajustables.

#### SIGNIFICADO DEL TIEMPO DERIVATIVO.

La acción de control derivativa, en ocasiones denominada *control de velocidad*, ocurre donde la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo derivativo es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción de control proporcional.

Si la señal de error es una función rampa unitaria, la salida del controlador se convierte en la que se muestra. La acción de control derivativa tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control derivativa nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.



Cuando una acción de control derivativa se agrega a un controlador proporcional, aporta un medio de obtener un control con alta sensibilidad. Una ventaja de usar una acción de control derivativa es que responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección

significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande. Por tanto, el control derivativo prevé el error, inicia una acción oportuna y tiende a aumentar la estabilidad del sistema.

Aunque el control derivativo no afecta en forma directa el error en estado estable, añade amortiguamiento al sistema y, por tanto, permite el uso de un valor más grande en la ganancia, lo cual provoca una mejora en la precisión en estado estable.

Debido a que el control derivativo opera sobre la velocidad de cambio del error, y no sobre el error mismo, este modo nunca se usa solo. Siempre se emplea junto con una acción de control proporcional o proporcional – integral.

NOTA: La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El *error* es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "*Set Point*".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante  $K_d$  y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

### 4.1.7 ACCION PROPORCIONAL DERIVATIVA E INTEGRAL

Es un sistema de regulación que trata de aprovechar las ventajas de cada uno de los controladores de acciones básicas, de manera, que si la señal de error varía lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, mientras que si la señal de error varía rápidamente, predomina la acción derivativa. Tiene la ventaja de ofrecer una respuesta muy rápida y una compensación de la señal de error inmediata en el caso de perturbaciones. Presenta el inconveniente de que este sistema es muy propenso a oscilar y los ajustes de los parámetros son mucho más difíciles de realizar.

La salida del regulador viene dada por la siguiente ecuación:

$$Y(T) = K_p \cdot e(T) + K_p \cdot T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \quad (13)$$

Que en el dominio de Laplace, será:

$$Y(S) = K_p \cdot E(S) + K_p \cdot T_d \cdot S \cdot E(S) + K_p \cdot \frac{1}{T_i \cdot S} \cdot E(S) \quad (14)$$

Y por tanto la función de transferencia del bloque de control PID será:

$$G(S) = \frac{Y(S)}{E(S)} = K_p \left( a + T_d \cdot S + \frac{1}{T_i \cdot S} \right) \quad (15)$$

Donde  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  son parámetros ajustables del sistema.

#### FUNCIONAMIENTO

Un control proporcional, integral y derivativo (PID) tiene como propósito utilizar las ventajas de estas tres acciones de control para lograr conducir el proceso correctamente, aunque generalmente las acciones de control más usadas son la proporcional y la integral con valores derivativos muy bajos o casi cero debido a que esta es muy sensible al ruido a no ser que sea indispensable por las características propias del proceso.

Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde.

**Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:**

- Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc).
- Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).