



- **CÁTEDRA:** "SISTEMAS DE CONTROL (PLAN 2004)"
- **DOCENTE:** Prof. Ing. Mec. Marcos A. Golato

SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES INDUSTRIALES

Universidad Nacional de Tucumán

Fundada el 25 de mayo de 1914

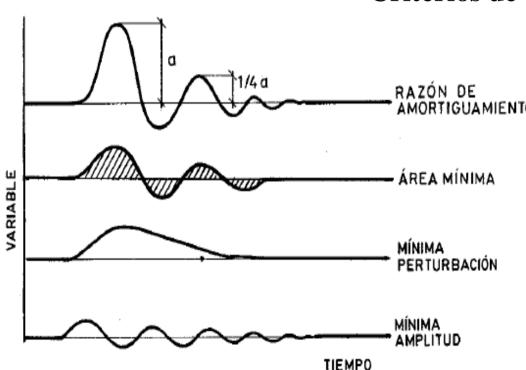




CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN EL CONTROL

La estabilidad del control es la característica del sistema que hace que la variable controlada vuelva al valor deseado después de una perturbación.

Criterios de estabilidad



La relación de amplitudes entre las crestas de los ciclos sucesivos debe ser de 0,25. Para procesos donde la duración de la desviación es tan importante como el valor de la misma.

El área de la curva de recuperación debe ser mínima, para lograr que la desviación sea mínima en el tiempo más corto. Para procesos con tiempos de retardos pequeños tal que T/L>>1.

Requiere una curva de recuperación no cíclica. Para procesos con correcciones rápidas y cíclicas.

La amplitud de la desviación debe ser mínima. Para procesos con desviaciones momentáneas excesivas.



AJUSTE INICIAL DE CONTROLADORES PARA LAZOS DE CONTROL DE PROCEOS COMUNES

Cuando se pone en marcha una planta tiene lugar normalmente un primer ajuste de los controladores, es decir, la fijación de los valores de las acciones PID. Dado que en la puesta en marcha el tiempo es limitado, los instrumentistas, según su experiencia, prefijan dichos valores, y más adelante los ajustan definitivamente. Como guía de aplicación de valores iniciales, figura la siguiente tabla:

	% Banda proporcional (ganancia)	Tiempo integral (min/rep)	Tiempo derivativo (minutos)
Presión	20 (5)	_	_
Caudal	80-250 (1,25-0,4)	0,5-15	THEFT
Nivel	50-100 (2-1)	_	<u> </u>
Temperatura	20-50 (5-2)	0,5-15	0,5-3



ACOPLAMIENTO ENTRE EL CONTROLADOR Y EL PROCESO

El lazo de control (Controlador-EFC-Proceso-Sensor/Transmisor), debe trabajar adecuadamente de manera de compensar las perturbaciones, para obtener una curva de recuperación conforme a los criterios de estabilidad antemencionados.

Se debe lograr un acoplamiento optimo entre el controlador y el proceso, para ello se debe conocer las características estáticas y dinámicas del sistema controlado.

METODOS PARA LA
DETERMINACION DE
LAS CARACTERISTICAS
DE LA PLANTA

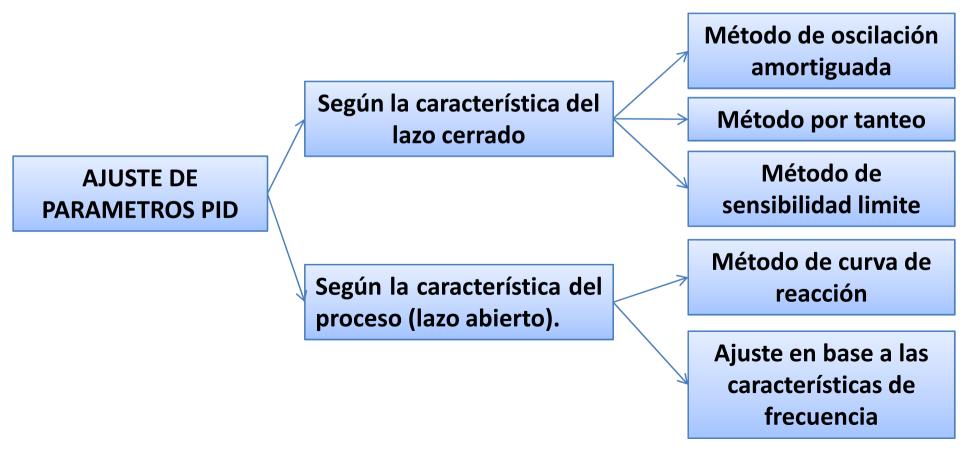
Método analítico: se basa en determinar la ecuación de la dinámica del proceso.

Método experimental: se basa en determinar las características estáticas y dinámicas a partir de una serie de medidas realizadas al proceso real.



METODOS DE AJUSTE DE CONTROLADORES

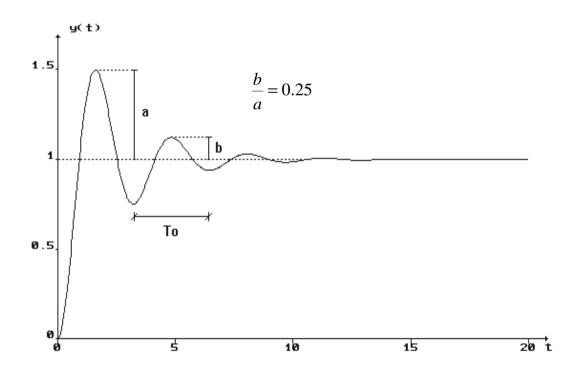
Para que la acción de control sea efectiva, se debe ajustar los parámetros PID. Existen métodos de ajuste empíricos basados en mediciones realizadas sobre la planta real.





METODO DE OSCILACION AMORTIGUADA (Harriot)

Generar una oscilación amortiguada del 25% en lugar de una oscilación de amplitud constante. Obtener los tiempos integral y derivativo del periodo de oscilación



Parámetros de ajuste del controlador:

Tipo de Controlador	K_c	T_{i}	T_d
P	K_o	1	1
PI	K_o	T_o	-
PID	K_o	$\frac{T_o}{1.5}$	$\frac{T_o}{6}$

donde:

Kc = ganancia proporcional crítica o última. Ko = ganancia proporcional para b/a=0,25.

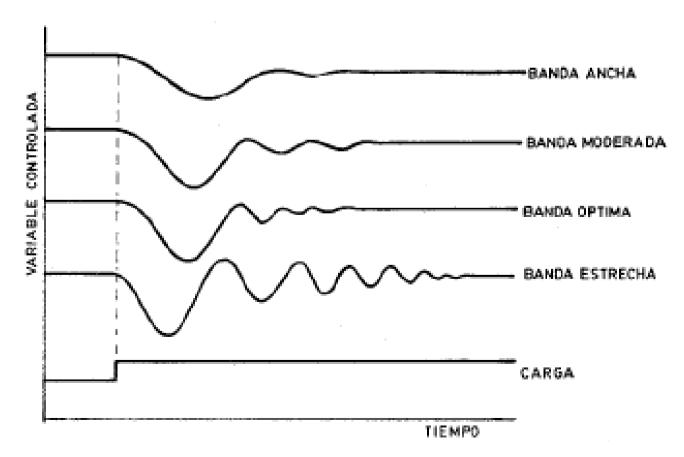
METODO POR TANTEO



CONTROLADOR "P"

Ajuste de la ganancia proporcional Kp:

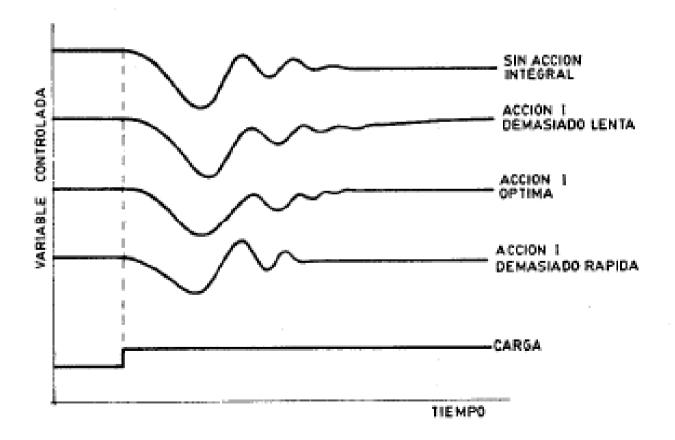
- 1- Se inicia con ganancia baja (banda proporcional ancha).
- 2- Se comienza a aumentar la ganancia (se estrecha la banda proporcional).
- 3- Se observa el comportamiento del sistema hasta obtener la estabilidad deseada.



CONTROLADOR "P+I"

Ajuste de la ganancia integral Ki = Kp/Ti

- 1- Se inicia con ganancia integral cero (Ti = ∞).
- 2- Se comienza a aumentar la ganancia Kp (se estrecha la banda proporcional).
- 3- Se observa el comportamiento del sistema hasta obtener la estabilidad deseada.
- 4- Se incrementa de a poco la acción integral (disminuyendo Ti) creando perturbaciones en SP y corrigiendo la ganancia Kp de modo de aumentar los ciclos.
- 5- Se reduce ligeramente en este punto la Ki hasta obtener una respuesta óptima.

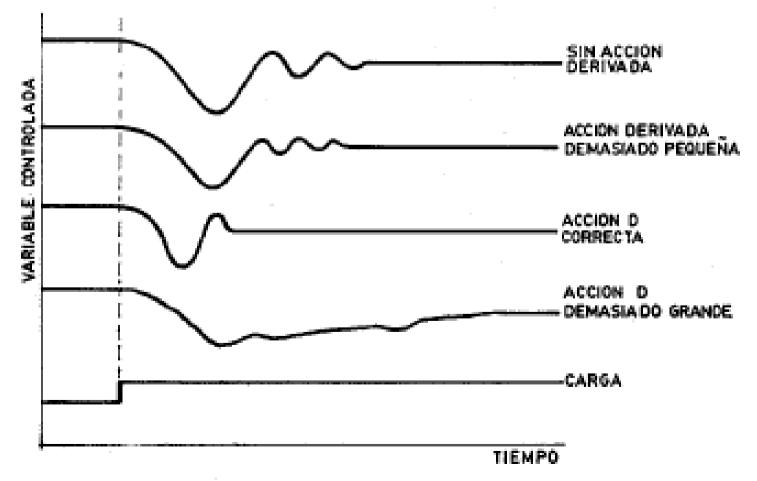




CONTROLADOR "P+I+D"

Ajuste de la ganancia derivativa Kd = Kp.Td

- 1- Se inicia con ganancia integral y derivativa igual a cero (Ti = ∞ y Td = 0).
- 2- Se comienza a aumentar la ganancia integral Ki hasta alcanzar la inestabilidad.
- 3- Se aumenta la ganancia derivativa Kd mediante pequeños incrementos con pequeños desplazamientos del SP y hasta obtener un comportamiento cíclico.
- 4- Se reduce en este punto la ganancia Kd y se ajusta la ganancia Kp (estrechando la banda proporcional) hasta alcanzar una respuesta óptima.



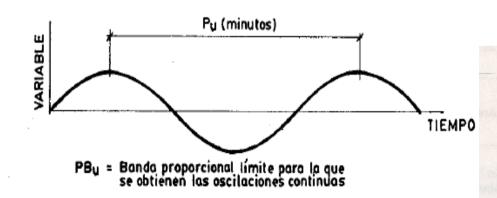






También denominado de ganancia limite. Permite calcular los tres términos PID a partir de datos obtenidos en una prueba de las características del lazo cerrado.

El método se basa en estrechar gradualmente la banda proporcional PB (aumentando Kp), con la acción integral y derivativa prácticamente anuladas, mientras se crean pequeños cambios en el SP, hasta que el proceso comienza a oscilar de modo continuo.



Parámetros de ajuste del controlador para obtener una respuesta con una relación de amortiguamiento de 0.25:

Modo de Control	PB	T_1	T _D	
Р	2 PB _u	2 PB _u -		
PI	2.2PB _u	0.83P _u	=	
PID	1.7PB _u	0.5 Pu	0.125Pu	

METODO DE CURVA DE REACCIÓN (Ziegler – Nichols)



Consiste en abrir el lazo cerrado antes de la válvula operando en control manual y crear una perturbación en la señal de entrada del proceso. La respuesta obtenida se registra en una carta de banda y de allí se obtiene los parámetros ajuste.

entrada

salida K

punto de inflexion

donde:

Parámetros de ajuste del controlador:

Control "P"	%BP = 100.R.L/ΔP
Control "P+I"	%BP = 110.R.L/ΔP
	Ti = L/0,3
Control "P+I+D"	%BP = 83.R.L / ΔP
	Ti = L/0,5
	TD = 0,5.L

%BP = banda proporcional.

R= Pendiente de la recta tangente a la curva en el pto de inflexión.

L= tiempo muerto.

ΔP = % de variación de posición de la válvula que ha producido el escalón.



Lista de constantes de Ajuste Optimo usando el Método de la Respuesta Transitoria

Propuesto por Tipo*1	Modo de Control	Acción de Control*2				
	widuo de Control	PB	T_1	$T_{ exttt{D}}$	Condiciones Optimas*3	
Ziegler Nichols (1942)	A,B	P PI PID	$100 \ K_P L/T$ $110 \ K_P L/T$ $83 \ K_P L/T$	- 3.3 <i>L</i> 2 <i>L</i>		25% de amortiguamiento
Takahashi	В	P PI PID	110 $K_P L/T$ 110 $K_P L/T$ 77 $K_P L/T$	- 3.3 <i>L</i> 2.2 <i>L</i>		Area de control mínima
Chien Hrones Reswick	A	P PI PID	333 $K_P L/T$ 286 $K_P L/T$ 167 $K_P L/T$	1.2 <i>T</i>		No hay sobrepaso. Mínimo tiempo de respuestas
Chien Hrones Reswick	Α	P PI PID	143 $K_P L/T$ 167 $K_P L/T$ 105 $K_P L/T$			20% de sobrepaso Mínimo tiempo de respuesta
Chien Hrones Reswick	В	P PI PID	333 $K_P L/T$ 167 $K_P L/T$ 105 $K_P L/T$	- 4 <i>L</i> 2.4 <i>L</i>	- 0.4 <i>L</i>	No hay sobrepaso. Mínimo tiempo de respuesta
Chien Hrones Reswick	В	P PI PID	143 K _P L/T 143 K _P L/T 83 K _P L/T	2.3 <i>L</i> 2 <i>L</i>	_ _ 0.42 <i>L</i>	20% de sobrepaso Mínimo tiempo de respuesta
Fujii Yoshikawa	A	P PI $\begin{cases} L/T \leq 1 \\ L/T \geq 1 \end{cases}$ PID $\begin{cases} L/T \leq 1 \\ L/T \leq 1 \end{cases}$	100 K_PL/T 167 $K_PL/(T+L)$ 250 $K_PL/(T+2 L)$ 133 $K_PL/(T+(\frac{1}{3})L)$ 200 $K_PL/(T+L)$	$- \\ T+L \\ 2 L \\ 0.5(T+L) \\ L$	- - 0.125(T+L) 0.25 L	Area de control mínima

Observaciones *1 Tipo A para cambio de objetivo Tipo B para perturbación

^{*2} T, L, K_P : Obtenidas de la respuesta transitoria

^{*3} Ver Fig. 3-27