

DINAMICA Y CONTROL DE PROCESOS
EJERCICIOS SISTEMAS EN LAZO CERRADO

1 .- Un sistema compuesto por tres CSTR en serie será controlado por un controlador proporcional. La dinámica de cada reactor puede ser asimilada a un proceso de 1º orden con $K_p=1$ y $\tau = 0.5$ min.

- i. Determinar el diagrama de Root-Locus
- ii. Encontrar la última ganancia
- iii. Especificar K_c para que el factor de amortiguación en lazo cerrado sea de 0.7072

2 .-Un sistema de nivel con dos tanques utiliza un controlador PID con tiempo integral de 3 minutos, y un tiempo derivativo de 40 segundos. Las constantes de tiempo de los dos tanques son 10 y 20 minutos, mientras que el transductor de nivel puede ser considerado también como de primer orden con una ganancia unitaria y constante de tiempo de 30 segundos.

Utilice el arreglo de Routh para determinar los niveles de K_c en que el sistema es estable en lazo cerrado.

3 .- Se requiere especificar un modelo dinámico discreto para la composición de tope de una columna de destilación X_d como función de la razón de reflujo R . Se dispone de la siguiente secuencia de datos adimensionales obtenidos cada un intervalo de muestreo de 5 minutos.

R(k)	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
$X_d(k+1)$	0.67	1.18	1.41	1.2	1.01	0.92	1.08	1.20	1.26
	8		1		5	5	0	4	5

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$y(k+1) = \alpha_1 y(k) + \beta_1 U(k) + \beta_2 U(k-1)$$

4.- Un proceso continuo de 2º orden será controlado en forma proporcional por un sistema discreto. La función de transferencia de pulsos está dada por :

$$G(z) = \frac{0.3929z^{-1} + 0.3308z^{-2}}{1 - 0.8828z^{-1} + 0.6065z^{-2}}$$

- i. Determinar la última ganancia.
- ii. Calcular el offset cuando se impone a la referencia un escalón unitario con $K_c=0.5$

5.- Un sistema continuo es muestreado en forma discreta con un tiempo de muestreo de 1 minuto. El sistema se encuentra en un estado estacionario inicial $u=0, y=0$. A tiempo 0, se realiza un escalón constante de $u=0.5$. la salida registrada es la siguiente:

u(k)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
y(k+1)	0.4	0.56	0.624	0.649	0.6598	0.663
				6		9

- Determinar la función de transferencia $G(z^{-1})$
- Suponga que este sistema será controlado por un controlador proporcional discreto dado por :

$$G_c(z^{-1}) = K_c (1 - z^{-1}) / (1 - K_c z^{-1})$$

Calcular el valor de la última ganancia.

6.- Considere el problema de llenado de un tanque. En este proceso, la función de transferencia de la altura con respecto al flujo de entrada es:

$$G(s) = (1/A) / S$$

donde A es el área transversal del estanque.

Si la altura es muestreada con un tiempo de muestreo T_0 .

- Calcular la función de transferencia de pulsos $HG(z)$.
- Determinar un controlador de "tiempo mínimo" para este proceso, calcular la función de transferencia de lazo cerrado y analizar si presenta offset.

7 .- Un proceso continuo tiene la siguiente función de transferencia en lazo abierto:

$$G_p(s) = 0,5 / (S^2 + 4S + 4)$$

- i) Dibujar el diagrama de Root Locus para un lazo de control proporcional con ganancia K_c .
- ii) Especificar K_c para un factor de amortiguación en lazo cerrado de $\xi = 0.7072$.

8 .- Un sistema de primer orden con atraso puede ser representado aproximadamente por la siguiente función de transferencia:

$$G_p(s) = 0.6 / (2S + 1) * (S - 1)/(S + 1)$$

- i) Determinar el offset para un escalón unitario en la referencia (setpoint) si este proceso está controlado en forma proporcional por un controlador sintonizado por el método de Ziegler-Nichols.
- ii) Analizar la estabilidad del lazo haciendo uso del test de Routh cuando el controlador es un P.I. con $\tau_i = 2$ min.

9 .- Un proceso es muestreado mediante un sistema discreto con un tiempo de muestreo de 1 minuto. La secuencia de entradas y salidas registradas es la siguiente:

$U(k)$	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	-0.4	-0.4
$Y(k+1)$	0.15	0.41	0.75	1.402	2.30	3.62	5.41	7.82	11.3
	2	8	6		5	5	0		5

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$y(k+1) = \alpha_1 y(k) + \beta_1 U(k)$$

Encontrar la función de transferencia discreta del proceso $G(z)$ y analizar su estabilidad en lazo abierto.

10 .- Un proceso continuo con función de transferencia $G_p(s)$ será controlado en forma discreta por un controlador de tiempo mínimo. El tiempo de muestreo es de 1 seg. con una retención de orden cero.

Determinar la función de transferencia de pulsos del proceso **HG(z)**, del controlador **D(Z)** y analizar el offset para un cambio escalón unitario en la referencia.

$$G_p(s) = \frac{S}{(S + 3)^2}$$

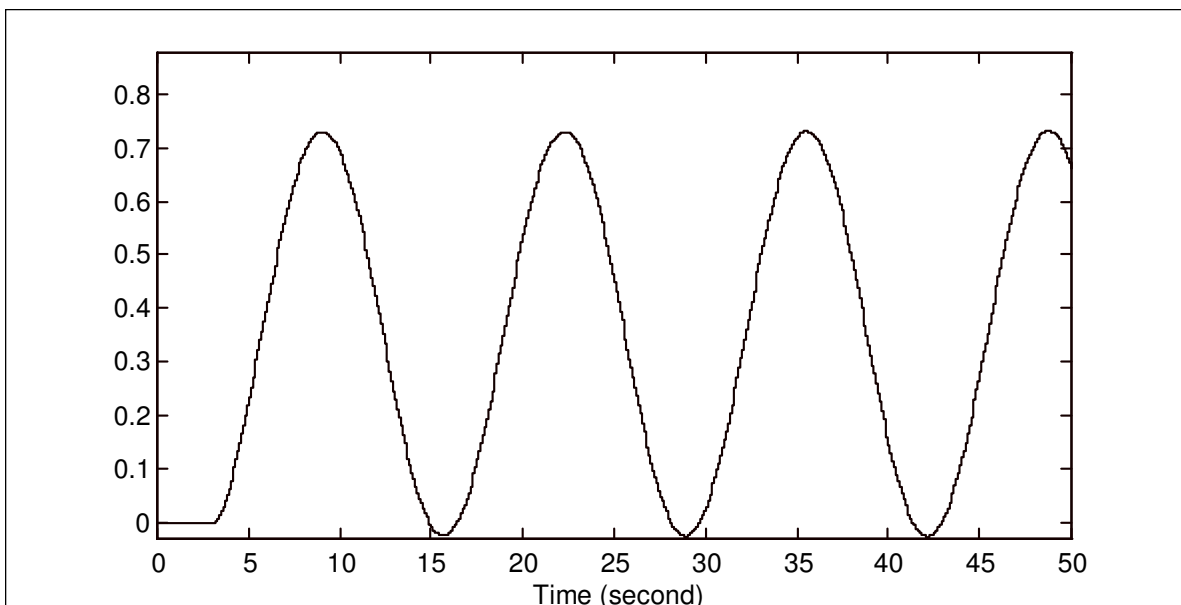
11.- Un proceso continuo tiene la siguiente función de transferencia en lazo abierto:

$$G_p(s) = (S-1) / (2S^2 + 0.8S+1)$$

- i) Dibujar el diagrama de Root Locus para un lazo de control proporcional con ganancia K_c .
- ii) Encontrar el valor de K_u y P_u .
- iii) Si se decide usar un valor para $K_c=0.5$, determinar la estabilidad del sistema en lazo cerrado, y si es estable, encontrar el factor de amortiguación del lazo.

12.- Se adjunta el esquema de un sistema de control PID de un proceso compuesto por dos sistemas de primer orden en serie mas un atraso de 3 minutos. Al seleccionar solo control proporcional con $K_c=0.48$ se obtiene la respuesta que se indica en el diagrama cuando se realiza un escalon en la referencia desde 0 a 0.5.

Con esta información determinar los parámetros del controlador PID sintonizados por el método de Ziegler Nichols, encontrar la función de transferencia del lazo cerrado, y analizar la estabilidad y el offset del sistema.



13.- Un sistema continuo es muestreado en forma discreta con un tiempo de muestreo de 1 minuto. El sistema se encuentra en un estado estacionario inicial $u=0, y=0$. A tiempo 0, se realiza una secuencia PRBS entre 0 y 1 registrándose los siguientes datos:

$u(k)$	$y(k+1)$
0	0
1	0.52
1	0.58
0	0.16
1	0.62
0	0.15
1	0.59
1	0.65
0	0.19
1	0.64
1	0.66
1	0.70
0	0.22
0	0.13
0	0.09
1	0.55
0	0.13
1	0.59
0	0.15
1	0.60

Se pide identificar el proceso con un modelo tipo ARX utilizando las siguientes estructuras:

- i) $y(k+1) = \alpha*y(k) + \beta*u(k)$ (primer orden)
- ii) $y(k+1) = \alpha*y(k) + \beta*u(k-1)$ (primer orden con atraso)

Utilice el primer conjunto de datos para la estimación, y basado en el segundo conjunto de datos (conjunto de validación) decida cual estructura es la más adecuada.

14- Se tiene un proceso de primer orden con constante de tiempo τ de 5 minutos, y que va a ser controlado en forma discreta por un controlador proporcional. El sistema de muestreo tiene una retención de orden cero y además el sensor presenta siempre un atraso equivalente a un instante de muestreo T_0 .

Si se utiliza una ganancia del controlador $K_c = 2$, determinar el valor máximo del instante de muestreo a utilizar (ej: 1,2,3,4.... M) para que el sistema se mantenga estable en lazo cerrado.

15 .- Un proceso de continuo tiene la siguiente función de transferencia en lazo abierto:

$$G_p(s) = 1/(s+1) * (s-2)/(s+2)$$

- i) Dibujar el diagrama de Root Locus para un lazo de control proporcional con ganancia K_c .
- ii) Determinar la última ganancia, K_u .
- ii) Encontrar la función de transferencia del lazo cerrado y analizar su estabilidad si el sistema está controlado por un controlador P.I con $K_c = 0.5$ y $\tau_i = 2$ min.

16 .- Se tiene un sistema continuo de primer orden con una constante de tiempo de 2 min, que va a ser regulado por un controlador proporcional discreto de tipo incremental cuya función de transferencia es:

$$D(z) = K_c / (1 - z^{-1})$$

Si el tiempo de muestreo es de 1 minuto:

- a) Determinar el valor de la última ganancia.
- b) Si se utiliza un valor de $K_c = 2$, determinar si se produce offset ante un escalón unitario en la referencia.

17 .- Un proceso es muestreado mediante un sistema discreto con un tiempo de muestreo de 1 minuto. La secuencia de entradas y salidas registradas es la siguiente:

U(k)	0.86	0.86	0	0.55	-0.72	-0.72	0.08	0.65	-0.76	0.14
Y(k)	0	0	0.15	0.29	0.22	0.28	0.1	-0.05	-0.025	0.1

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$y(k+1) = \alpha_1 y(k) + \beta_1 U(k-1)$$

Encontrar la función de transferencia discreta del proceso $G(z)$ y analizar su estabilidad en lazo cerrado cuando está regulado con un controlador proporcional con $K_c=1$.

18 .- Un sistema compuesto por una F.T de transferencia de 2º orden será controlado por un controlador proporcional. Los parámetros dinámica del proceso son $K_p=1$ y $\tau=5$ min y $\xi = 3$

- i. Determinar el diagrama de Root-Locus
- ii. Encontrar la ultima ganancia (si existe)
- iii. Especificar K_c para que el factor de amortiguación en lazo cerrado sea de 0.7072

19 .- Un sistema dinámico en lazo abierto de segundo orden tiene dos polos en $-1 \pm j1$ y un cero con valor 1. Este sistema va a ser controlado en lazo cerrado mediante un controlador PID.

- Encontrar los parámetros de un controlador PID y determinar el offset para un escalón unitario en la referencia (setpoint) si el controlador ha sido sintonizado por el método de Ziegler-Nichols. Un análisis dinámico indica que la ultima ganancia es $K_u= 2$ y el ultimo período $P_u = 0,5$ min .

ii) Analizar la estabilidad del lazo cuando los parámetros del controlador aumentan al doble K_c, τ_i, τ_d . (Use el método que estime conveniente)

20 .- Se requiere especificar un modelo dinámico discreto para la temperatura de salida de la corriente caliente de un condensador como función del flujo de vapor. Se dispone de la siguiente secuencia de datos adimensionales obtenidos cada un intervalo de muestreo de 5 minutos.

$F_v(k)$	1	1	1	-0.5	-0.5	0.2	0.2	0.2
$T(k+1)$	0,0	0,0	0,61	0,77	0,84	-0,05	-0,31	0,03

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$T(k+1) = \alpha_1 y(k) + \beta_1 U(k-1)$$

- Determinar la función de transferencia discreta del proceso $G(z)$
- Encontrar un controlador de tiempo mínimo para este proceso y discutir si el sistema es físicamente realizable en lazo cerrado.

21.- Se tiene un proceso de primer orden con constante de tiempo τ de 5 minutos. Suponga que este sistema será controlado por un controlador proporcional discreto dado por :

$$G_c(z^{-1}) = K_c (1 - z^{-1}) / (1 - K_c z^{-1})$$

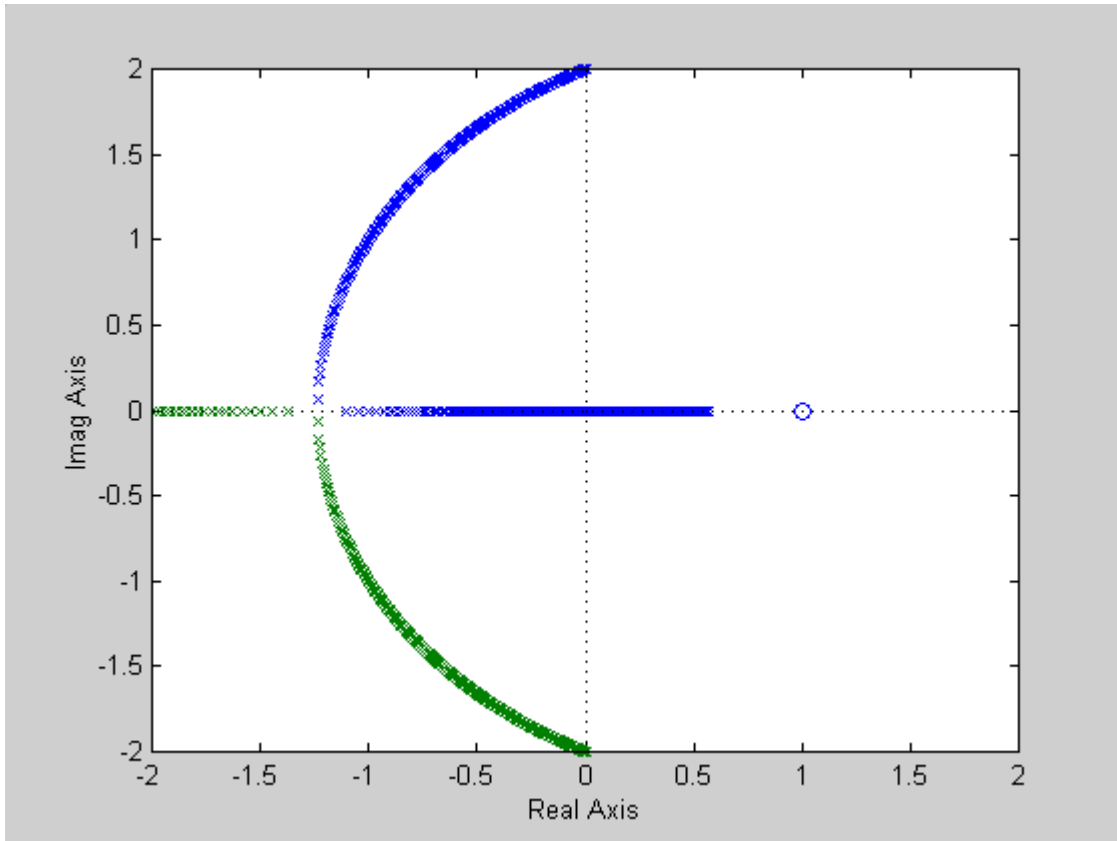
El sistema de muestreo tiene una retención de orden cero y el instante de muestreo T_0 será de 2 minutos.

Determinar la última ganancia K_u y analizar si el sistema presenta o no offset.

22.- Un proceso continuo es controlado en lazo cerrado por un controlador proporcional con ganancia K_c . El diagrama de Root Locus se ilustra en la **Figura 1**.

Con la información disponible determinar:

- i) Orden, polos y ceros de la función de transferencia de lazo abierto.
- ii) Última ganancia.
- iii) K_c para un factor de amortiguación en lazo cerrado de $\xi = 0.7072$.



23 .- La **Figura 2** esquematiza un sistema dinámico compuesto por un proceso en serie, el elemento de medida y el elemento final de control. Se desea especificar un controlador PI para este sistema por lo que se realiza una prueba de cambio escalón unitario en la entrada desde 0 hasta 1 a tiempo $t=5$. La curva de reacción se muestra en la **Figura 3**.

Con estos antecedentes determinar los parámetros del controlador PI (K_c y τ_i) por el método de Cohen y Coon, e indicar si este controlador presenta offset.

24 .- Un sistema discreto se va a identificar por medio de una secuencia aleatoria en su entrada. El sistema esta inicialmente en el punto 0,0 (en variables de desviación) y los datos registrados se ilustran en la tabla siguiente:

$U(k)$	0.2	0.2	0.5	-0.4	-0.4	0.3	0.3
$Y(k+1)$	0	0.17	0.20	0.45	-0.18	-0.39	0.13

Si el sistema es de la forma: $Y(k+1) = \alpha Y(k) + \beta U(k-1)$

- i) Determinar la función de transferencia discreta del proceso.
- ii) Encontrar un controlador de tiempo mínimo para el proceso.

25 .- Un proceso continuo con función de transferencia $G_p(s)$ será controlado en forma discreta por un controlador proporcional simple. El tiempo de muestreo es de 1 seg. con una retención de orden cero.

$$G_p(s) = \frac{s}{(s+1)^2}$$

- i) Determinar la función de transferencia de pulsos del proceso en lazo abierto $HG(z)$
- ii) La última ganancia.
- iii) Usando el teorema del valor final determinar el offset si se usa $K_c=2$.

26 .- Un proceso continuo cuya función de transferencia está dada por:

$$G_p(s) = \frac{1}{(s - 1)}$$

es controlado en lazo cerrado por un controlador PID. En este controlador se fijan los parámetros de tiempo integral y tiempo derivativo en 1, mientras que la ganancia del controlador K_c es variable.

- i) Dibujar en forma aproximada el diagrama de root-locus para el sistema en lazo cerrado (raíces como función de K_c)
- ii) Determinar la última ganancia y el último periodo (se sabe que este sistema presenta raíces imaginarias)
- iii) Si se fija $K_c=3$, encontrar el factor de amortiguación de lazo cerrado.

27 .- Un sistema discreto se va a identificar por medio de una secuencia aleatoria en su entrada. El sistema está inicialmente en el punto 0,0 (en variables de desviación) y los datos registrados se ilustran en la tabla siguiente:

$U(k)$	0.2	0.2	0.5	-0.4	-0.4	0.3	0.3
$Y(k+1)$	0	0.17	0.20	0.45	-0.18	-0.39	0.13

Si el sistema es de la forma:

$$Y(k+1) = \alpha Y(k) + \beta U(k-1)$$

- iii) Determinar la función de transferencia discreta del proceso.
- iv) Encontrar un controlador de tiempo mínimo para el proceso y discutir si el controlador es realizable o no.

28 .- Un proceso continuo de primer orden con constante de tiempo igual a 1 minuto será controlado en forma discreta por un controlador proporcional simple. El tiempo de muestreo es de 30 seg. con una retención de orden cero.

- iv) Determinar la función de transferencia de pulsos del proceso en lazo abierto **HG(z)**
- v) La última ganancia.
- vi) Usando el teorema del valor final determinar el offset si se usa $K_c=2$.

29 .- Un sistema de 2º orden ($K_p=1$, $\tau =2$ min y $\xi = 0.1$) será controlado por un controlador proporcional integral con $\tau_i = 1$ min, mientras que K_c se debe especificar.

iv. Dibujar el diagrama de Root-Locus en forma aproximada

v. Encontrar la última ganancia.

vi. Especificar K_c para que el factor de amortiguación en lazo cerrado sea de 0.7072

30 .- Se requiere especificar un modelo dinámico discreto para la concentración de material particulado en una chimenea como función de la carga del proceso. Se dispone de la siguiente secuencia de datos adimensionales obtenidos cada un intervalo de muestreo de 1 Hora.

C(k)	0.5	0.5	-0.6	-0.2	0.3	0.8	-0.1	0.5	-0.4	0.2
MP(k)	0,0	0,0	0,41	0,51	-0.31	-0.,25	0,18	0,70	0.12	0.45

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$MP(k+1) = \alpha_1 MP(k) + \beta_1 C(k-1)$$

- Determinar la función de transferencia discreta del proceso **HG(z)**

31 .- Se tiene un proceso continuo de primer orden con constante de tiempo τ de 8 minutos. Suponga que este sistema será controlado por un controlador proporcional discreto dado por :

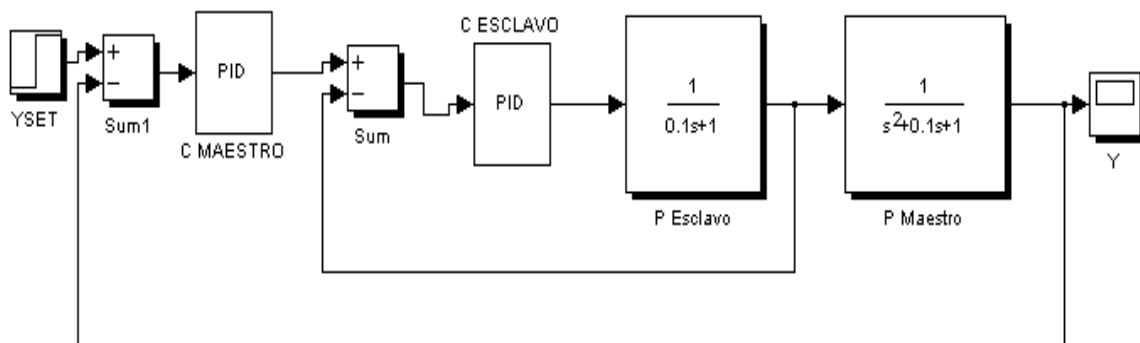
$$G_c(z^{-1}) = K_c / (1 - 0.5z^{-1})$$

El sistema de muestreo tiene una retención de orden cero y el instante de muestreo **T_o** será de 2 minutos.

Determinar la última ganancia K_u y analizar si el sistema presenta o no offset.

32 .- La figura representa un sistema de control en cascada, donde el controlador maestro es un controlador PI con $K_c=2$ y $\tau_i = 5$. y el controlador esclavo es un controlador P con ganancia $K_c=10$.

- i) Determinar la función de transferencia de lazo cerrado de la salida con respecto al setpoint.
- ii) Determinar mediante el teorema del valor final si el sistema presenta offset cuando se realiza un cambio escalón unitario en la referencia.



33 .- Un proceso es muestreado mediante un sistema discreto con un tiempo de muestreo de 1 minuto. La secuencia de entradas es tipo PRBS y se registraron las siguientes salidas :

$U(k)$	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
$Y(k+1)$	0.0	0.24	0.15	0.29	0.16	0.30	0.17

El estado estacionario inicial es el punto 0,0 y se sabe que el modelo es de la forma:

$$y(k+1) = \alpha_1 y(k) + \beta_1 U(k-1)$$

- i) Encontrar la función de transferencia discreta del proceso $G(z)$
- ii) Diseñar un controlador de tiempo mínimo para este proceso y comentar si es físicamente realizable.

34 .- Un sistema de continuo 1º orden con $K_p=5$ y $\tau = 2$ min, será controlado en forma discreta por un controlador PI digital dado por:

$$G_c(z) = K_c(1+0.3 z^{-1})$$

El tiempo de muestreo es de 1 minuto y la retención es de orden cero.

Determinar la última ganancia y analizar si este controlador presenta offset.

35.- Un proceso de primer orden con atraso será controlado por un controlador proporcional discreto. Si la constante de tiempo, el atraso, y el tiempo de muestreo del sistema (retención de orden cero) tienen un valor de 1 minuto, determinar :

- i) La estabilidad del sistema para $K_c = 1$.
- ii) La última ganancia K_u .

36 .- Se tiene un proceso representado por dos dinámicas de primer orden sin atraso en serie ($\tau_1 = 30$ seg. y $\tau_2 = 1$ minuto). Especificar un controlador "dead beat " si el tiempo de muestreo es de 15 segundos con una retención de orden cero . Discutir si este controlador es físicamente realizable.

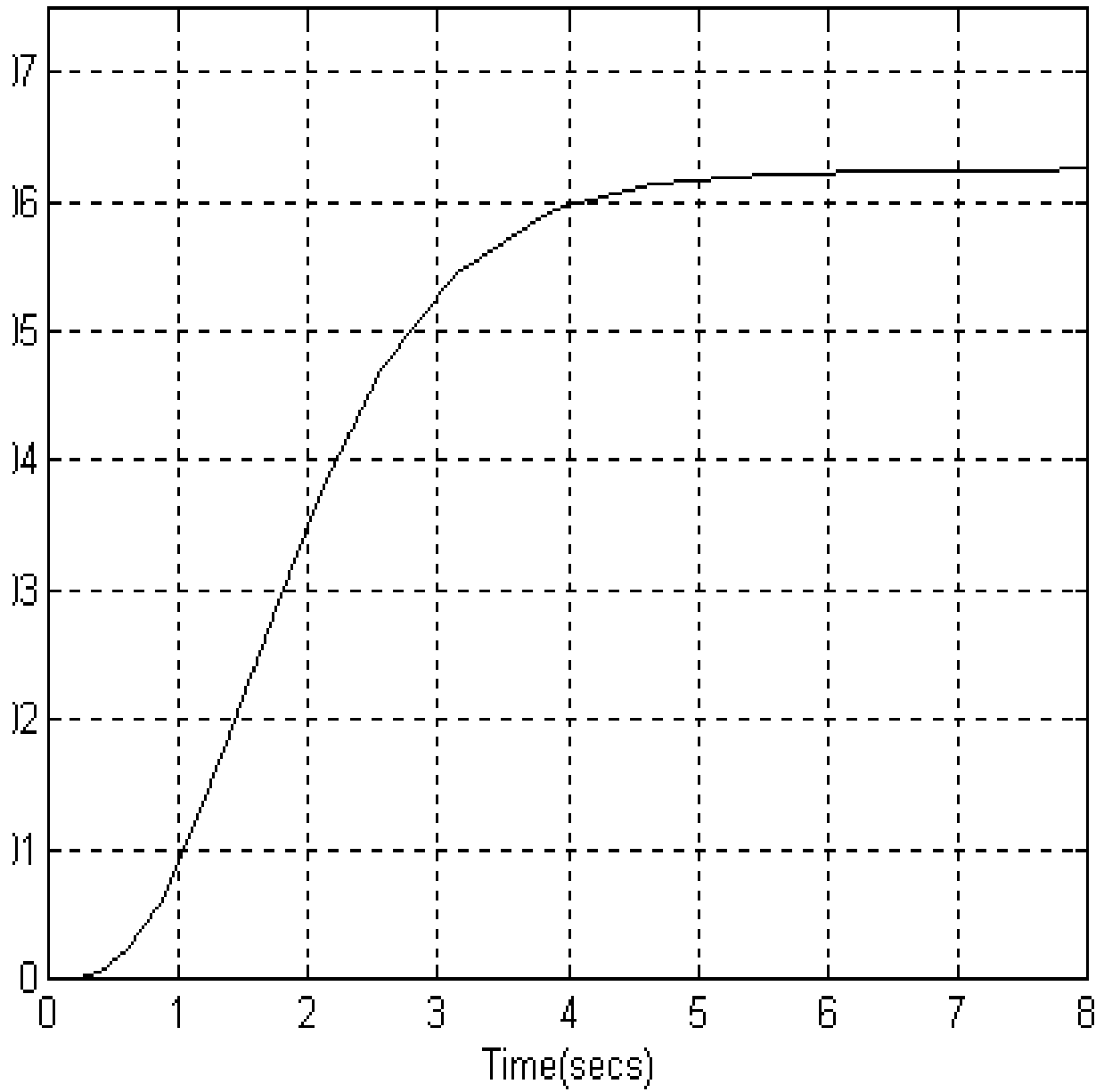
La función de transferencia de pulsos para un proceso de dos dinámicas de primer orden en serie muestreado con retención de orden cero está dado por

37 .- Determinar el diagrama aproximado de Root-locus, K_u y P_u para un controlador proporcional que regula el siguiente proceso:

$$G_p = -S / (S^2 + 2S + 5)$$

38 .- La figura adjunta representa la curva de reacción de un proceso cuando es sometido, en lazo abierto, a un cambio escalón en la variable manipulada (u) desde +1 hasta + 2.5.

- i) Usando el método de Cohen y Coon determinar los parámetros de un controlador PI que regule al proceso en lazo cerrado.
- ii) Suponiendo que el proceso está bien representado por los supuestos de C&C, (primer orden con atraso), determinar la función de transferencia en lazo cerrado
- iii) Usar el teorema de valor final para comprobar si el controlador con estos parámetros elimina offset.



39.- La figura representa un sistema de control tipo PID con acción derivativa fuera de la referencia para eliminar el efecto del ruido.

PI representa la función de transferencia proporcional integral y **D** representa la función de transferencia derivativa.

Si el proceso esta dado por una función de transferencia de primer orden con ganancia y constante de tiempo unitarias:

- iii) Determinar la función de transferencia de lazo cerrado de la salida con respecto al setpoint.
- iv) Determinar mediante el teorema del valor final si el sistema presenta offset cuando se realiza un cambio escalón unitario en la referencia.

