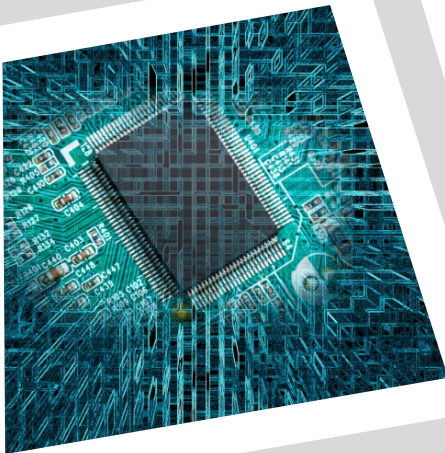


## Módulo de diseño sistemas de control

Saber Pro



Presidente de la República  
Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional  
María Victoria Angulo González

Viceministro de Educación Superior  
Luis Fernando Pérez Pérez

Publicación del Instituto Colombiano para la  
Evaluación de la Educación (Icfes)  
© Icfes, 2018.  
Todos los derechos de autor reservados.

Gestor del módulo  
Óscar Libardo Lombana Charfuelán

Edición  
Juan Camilo Gómez Barrera

Diseño de portada  
Diana Téllez Martínez

Portada  
Foto de @xb100 (2017). Portafolio en [www.freepik.es/foto-gratis/chip-placa-circuito-sobre-fondo-tecnologia-abstrac-ta\\_1193260.htm](http://www.freepik.es/foto-gratis/chip-placa-circuito-sobre-fondo-tecnologia-abstrac-ta_1193260.htm)  
Foto de @photodiod (2018). Portafolio en [www.freepik.es/fotos-premium/panel-control-maquina-cnc-fresadora-metal-urgia-procesamiento-moderno-corte-metal\\_3212273.htm](http://www.freepik.es/fotos-premium/panel-control-maquina-cnc-fresadora-metal-urgia-procesamiento-moderno-corte-metal_3212273.htm)  
Foto de craveleo (2018). Portafolio en [www.freepik.es/fotos-premium/oficial-profesional-verifica-que-robot-mueva-cristal-base-plantilla\\_2745654.htm](http://www.freepik.es/fotos-premium/oficial-profesional-verifica-que-robot-mueva-cristal-base-plantilla_2745654.htm)

Diagramación  
Alejandra Guzmán

Directora General  
María Figueroa Cahnspeyer

Secretaria General  
Liliam Amparo Cubillos Vargas

Directora de Evaluación  
Natalia González Gómez

Director de Producción y Operaciones  
Mateo Ramírez Villaneda

Director de Tecnología  
Felipe Guzmán Ramírez

Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo  
María Paula Vernaza Díaz

Oficina Gestión de Proyectos de Investigación  
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirectora de Producción de Instrumentos  
Nubia Rocío Sánchez Martínez

Subdirector de Diseño de Instrumentos  
Luis Javier Toro Baquero

Subdirector de Estadísticas  
Jorge Mario Carrasco Ortiz

Subdirectora de Análisis y Divulgación  
Ana María Restrepo Sáenz

ISBN de la versión digital: 978-958-11-1084-1

Bogotá, D. C., noviembre de 2018



## ADVERTENCIA

Todo el contenido es propiedad exclusiva y reservada del Icfes y es el resultado de investigaciones y obras protegidas por la legislación nacional e internacional. No se autoriza su reproducción, utilización ni explotación a ningún tercero. Solo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos. Esta información no podrá ser alterada, modificada o enmendada.

## TÉRMINOS Y CONDICIONES DE USO PARA PUBLICACIONES Y OBRAS DE PROPIEDAD DEL ICFES

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) pone a la disposición de la comunidad educativa y del público en general, **DE FORMA GRATUITA Y LIBRE DE CUALQUIER CARGO**, un conjunto de publicaciones a través de su portal [www.icfes.gov.co](http://www.icfes.gov.co). Estos materiales y documentos están normados por la presente política, y están protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfes. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo [prensaicfes@icfes.gov.co](mailto:prensaicfes@icfes.gov.co).

Queda prohibido el uso o publicación total o parcial de este material con fines de lucro. **Únicamente está autorizado su uso para fines académicos e investigativos.** Ninguna persona, natural o jurídica, nacional o internacional, podrá vender, distribuir, alquilar, reproducir, transformar\*, promocionar o realizar acción alguna de la cual se lucre directa o indirectamente con este material. Esta publicación cuenta con el registro ISBN (International Standard Book Number, o Número Normalizado Internacional para Libros) que facilita la identificación no solo de cada título, sino de la autoría, de la edición, del editor y del país en donde se edita.

En todo caso, cuando se haga uso parcial o total de los contenidos de esta publicación del Icfes, el usuario deberá consignar o hacer referencia a los créditos institucionales del Icfes respetando los derechos de cita; es decir, se podrán utilizar con los fines aquí previstos transcribiendo los pasajes necesarios, citando siempre la fuente de autor; lo anterior siempre que estos no sean tantos y seguidos que razonadamente puedan considerarse una reproducción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del Icfes.

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Icfes. Por tanto, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfes con signos idénticos o similares respecto a cualesquiera productos o servicios prestados por esta entidad, cuando su uso pueda causar confusión. En todo caso, queda prohibido su uso sin previa autorización expresa del Icfes. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y, en su caso, penalmente, de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

El Icfes realizará cambios o revisiones periódicas a los presentes términos de uso, y los actualizará en esta publicación.

***El Icfes adelantará las acciones legales pertinentes por cualquier violación a estas políticas y condiciones de uso.***

---

\* La transformación es la modificación de la obra a través de la creación de adaptaciones, traducciones, compilaciones, actualizaciones, revisiones, y, en general, cualquier modificación que de la obra se pueda realizar, generando que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia respecto a las obras originales que aquellas requieren para su realización de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etcétera. En este caso, el Icfes prohíbe la transformación de esta publicación.

## ¿Qué contiene este cuadernillo?

Este es un cuadernillo con preguntas del Módulo de diseño de sistemas de control de Saber Pro que fueron utilizadas en exámenes anteriores. Estas serán útiles para familiarizarte y conocer aún más la prueba. Al final del documento encontrarás las respuestas correctas de cada una de las preguntas.

## ¡Recuerda!

Los exámenes Saber evalúan competencias, por tanto, en las preguntas encontrarás una situación (que debes tratar de entender) en la que tendrás que aplicar tus conocimientos para tomar decisiones y elegir la mejor respuesta.

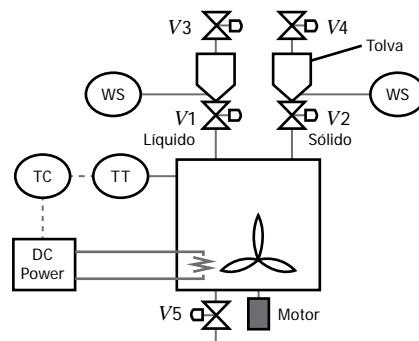
## RESPONDA LAS PREGUNTAS 1 A 7 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

### CASO 1

#### Planta de manufactura

En una planta de manufactura se produce una sustancia para el recubrimiento de uno de sus productos, la cual se obtiene por medio de la mezcla de dos materias primas, una sólida (en forma pulverizada) y una líquida. La proporción de estas materias primas en la mezcla debe ser de 40 % líquido y 60 % sólido. Para obtener las características fisicoquímicas apropiadas, se debe mantener una temperatura estable de 120 °C durante la mezcla (el tanque de mezcla debe haber alcanzado este valor antes que el material sea depositado en aquel), valor que no debe ser superado en ningún momento por razones de seguridad y de calidad. La mezcla se realiza en un tanque, el cual posee un agitador impulsado por un motor eléctrico acoplado por medio de un motorreductor; la velocidad del agitador no es crítica, pero se debe asegurar que no caiga por debajo de 10 rpm.

Dado que actualmente existen problemas de calidad en la mezcla y que el proceso es principalmente controlado por un operario en planta, la gerencia de producción ha decidido automatizar el proceso para garantizar la uniformidad de la mezcla. Para ello, se implementará un lazo de control de temperatura, el cual utilizará una fuente DC de alta potencia con salida variable para controlar la potencia entregada a una resistencia de calefacción, que a su vez servirá como entrada de calor al tanque de mezcla, tal como se muestra en la figura.



Figura

Se utilizarán unas celdas de carga ya instaladas en unas tolvas para la alimentación de las materias primas. Por medio de las celdas de carga se puede obtener el peso de cada material para suministrar la razón correcta de mezcla al tanque. Adicionalmente, se usarán cuatro electroválvulas (*on/off*, normalmente cerradas) para controlar el paso de material hacia la tolva y de la tolva al tanque de mezcla. Las celdas de carga se programarán para que produzcan una salida digital una vez se alcance el peso apropiado y se pueda proceder a transferir el material al tanque de mezcla. El proceso de mezcla siempre se realiza con un mismo volumen, de manera que se asegure que el tanque trabaja a máxima capacidad. Una vez las válvulas de alimentación de material al tanque (V1 y V2) se abran, se activará el motor del agitador. Se ha decidido instalar un interruptor de velocidad que se activará si la velocidad del agitador cae por debajo de 10 rpm; en caso de activación, el sistema se detendrá.

Adicional a lo anterior, se incluyó un tablero de control que contará con un pulsador de inicio, un pulsador de parada y un botón de parada de emergencia. El pulsador de inicio habilita e inicia el funcionamiento del sistema, el pulsador de parada detiene el proceso una vez se termine la secuencia completa de mezclado y el botón de parada de emergencia detiene inmediatamente el proceso. Se requieren también tres luces piloto que indican si el proceso está activo, si se ha activado el pulsador de parada o si está activa la parada de emergencia.

1. Se ha decidido utilizar un PLC para controlar el proceso. Teniendo en cuenta la figura y la descripción del caso, para implementar el sistema se necesita como mínimo que los módulos de entrada/salida tengan
- A. 7 salidas digitales, 4 entradas digitales, 3 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.
  - B. 8 salidas digitales, 4 entradas digitales, 3 entradas analógicas y 1 salida analógica.
  - C. 5 salidas digitales, 3 entradas digitales, 1 entrada analógica y 1 salida analógica.
  - D. 8 salidas digitales, 6 entradas digitales, 1 entrada analógica y 1 salida analógica.

2. Una vez puesto en marcha el sistema de automatización del tanque de mezcla y después de un día de funcionamiento, un operario se da cuenta de que la sustancia de salida del proceso es completamente líquida (presenta una densidad y viscosidad por debajo de la requerida). El operario asegura que verificó al inicio del proceso, que los indicadores numéricos asociados a los módulos de las celdas de carga indicaran el peso adecuado para cada materia prima. De acuerdo con lo anterior, el resultado defectuoso en el proceso se presenta debido a una falla eléctrica o mecánica en la activación de
- A. V1.
  - B. V2.
  - C. V3.
  - D. V4.

3. Las variables para las señales lógicas se asignan de la siguiente manera:

V1: control válvula 1.

V2: control válvula 2.

C1: celda de carga 1.

C2: celda de carga 2.

T1: señal que indica el momento en que finaliza la mezcla.

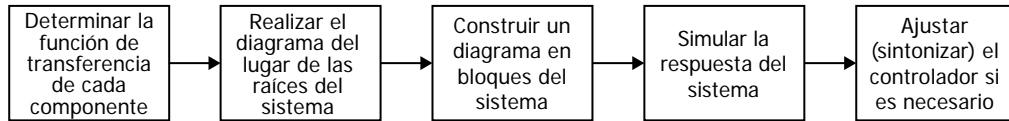
ON: sistema habilitado.

De acuerdo con lo anterior, las ecuaciones lógicas que se ajustarían para controlar el accionamiento de las válvulas 1 y 2 para el llenado del tanque son

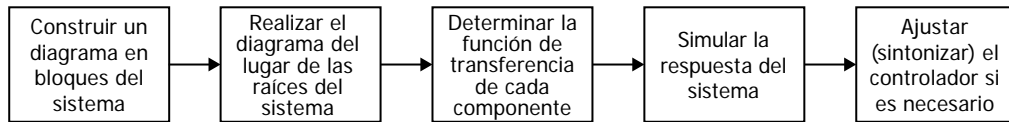
- A.  $V1 = ON * C1 * C2 * \overline{T1}$   
 $V2 = \overline{V1}$
- B.  $V1 = ON * (C1 * C2 + V1) * \overline{T1}$   
 $V2 = ON * (C1 * C2 + V2) * \overline{T1}$
- C.  $V1 = ON * C1 * C2 * T1$   
 $V2 = V1$
- D.  $V1 = ON * (C1 * C2 + V1) * T1$   
 $V2 = ON * (C1 * C2 + V2) * T1$

4. Para diseñar el controlador del lazo de control de temperatura el procedimiento más adecuado es:

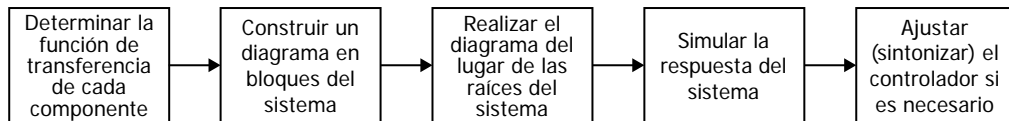
A.



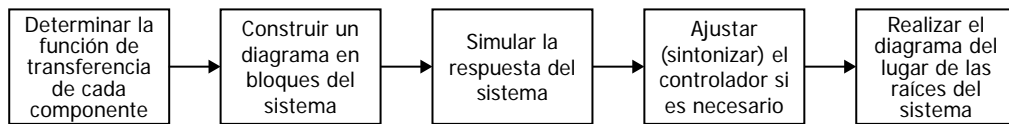
B.



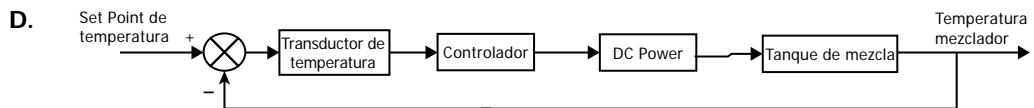
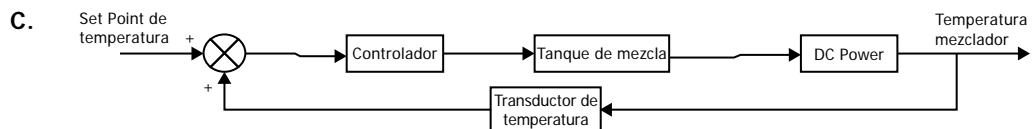
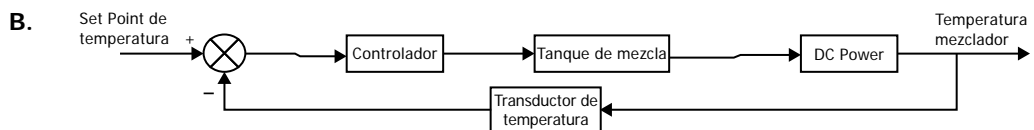
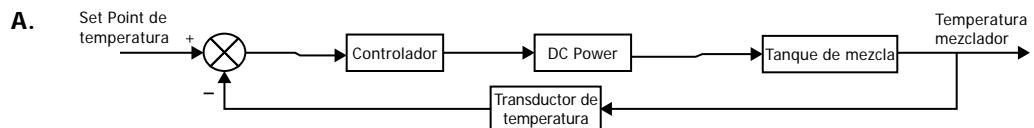
C.



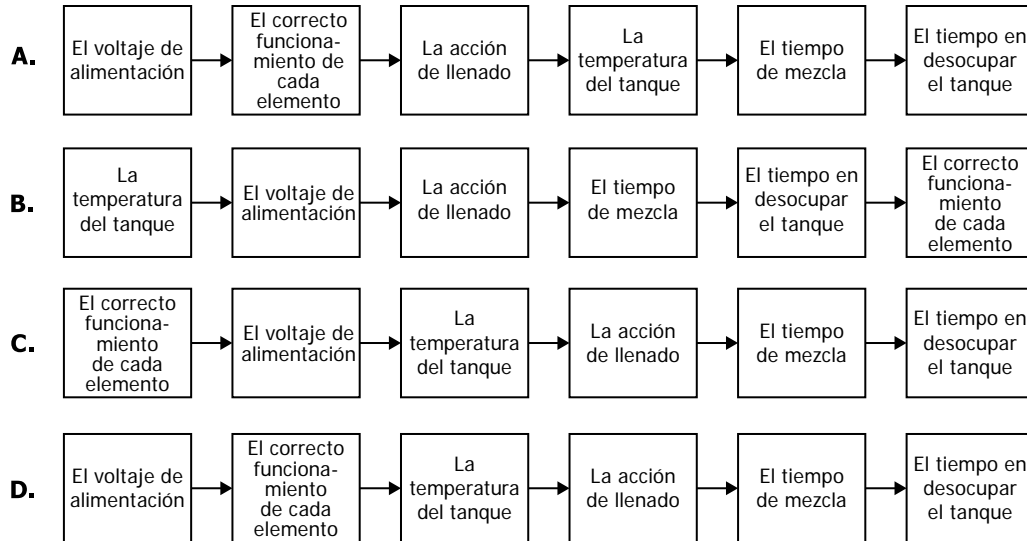
D.



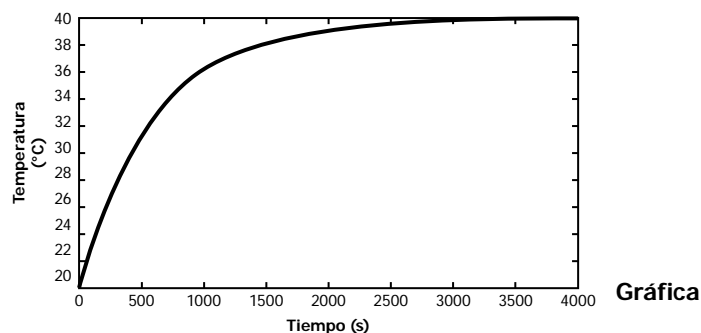
5. El diagrama en bloques que describe adecuadamente el lazo de control de temperatura es



6. Teniendo en cuenta que el tiempo de mezcla es fijo y se controla mediante PLC (controlador lógico programable), que se instala una electroválvula para desocupar el tanque de mezcla una vez finalizado el proceso y que esta acción también se temporiza (tiempo fijo) mediante PLC, el procedimiento de verificación más adecuado para probar la secuencia lógica del sistema una vez instalado implica, en su orden, verificar



7. Durante la identificación de la función de transferencia de los componentes, se obtuvo una lectura del transductor de temperatura ante una señal tipo paso unitario en la entrada de control voltaje de la fuente (DC Power), tal como se muestra en la gráfica.



La temperatura ambiente durante la prueba era 20 °C y se comprobó que el retardo del sistema es despreciable. De acuerdo con lo anterior, un tipo de controlador adecuado para usar en el lazo de control de temperatura es

- A. proporcional integral derivativo, sintonizado para producir una respuesta críticamente amortiguada del sistema.
- B. proporcional derivativo, sintonizado para producir una respuesta subamortiguada del sistema.
- C. proporcional integral derivativo, sintonizado para producir una respuesta subamortiguada del sistema.
- D. proporcional derivativo, sintonizado para producir una respuesta críticamente amortiguada del sistema.



RESPONDA LAS PREGUNTAS 8 A 13 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 2

Proceso Fenton

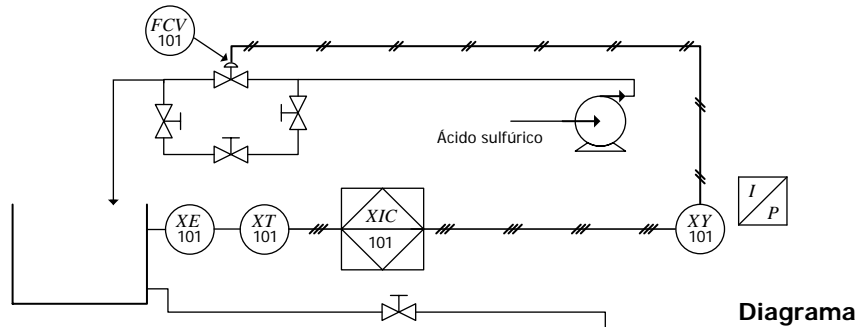
En una planta de tratamiento de aguas residuales se decide implementar un proceso fisicoquímico denominado Fenton, que utiliza el principio de óxido reducción para la depuración de componentes orgánicos. Este proceso se puede aplicar en aguas residuales que tengan una alcalinidad alta, es decir, su pH se encuentra en un rango entre 7 y 14.

El peróxido de hidrógeno ingresa en el reactor por medio de una válvula controlada por presión y reacciona con la acidez del medio, generando la liberación del agente encargado de la oxidación. Para que la oxidación se produzca se debe bajar el pH a un nivel entre 2 y 4, lo cual se logra ingresando ácido sulfúrico al reactor, en función del nivel de pH existente en el reactor en todo momento.

La reacción del peróxido con el medio es exotérmica (reacción química en la que se desprende energía, ya sea en forma de luz o de calor) y requiere un control de temperatura. El rango de temperatura recomendable para tener una reacción oxidante adecuada se encuentra entre los 40 °C y los 50 °C. Es crítico para el proceso tener una temperatura que sobrepase los 50 °C, dado que en estos niveles el peróxido de hidrógeno reacciona, convirtiéndose en agua y oxígeno.

Así mismo, se requiere desperdiciar la menor cantidad posible de peróxido de hidrógeno para reducir costos en la compra de reactivos. El proceso necesita supervisarse en todo momento, por lo cual se debe implementar una instrumentación en planta de todos los dispositivos.

8. Para la implementación del lazo de control correspondiente a la variable pH, se requiere implementar el siguiente diagrama de instrumentación.



El diagrama presenta un elemento primario de pH (*XE*) conectado a un transmisor de pH (*XT*), el cual se encarga de entregarle la señal estándar al controlador (*XIC*). El controlador ejecuta la acción sobre una válvula neumática (*FCV*) que se comporta como elemento final de control. El transductor (*XY*) se encarga de convertir la señal eléctrica enviada por el controlador en neumática, para que la válvula la asimile.

Para el lazo presentado se reemplaza el elemento final de control existente por una válvula accionada por corriente. La modificación o cambio en los instrumentos que se debe realizar para mantener inalterado el sistema es

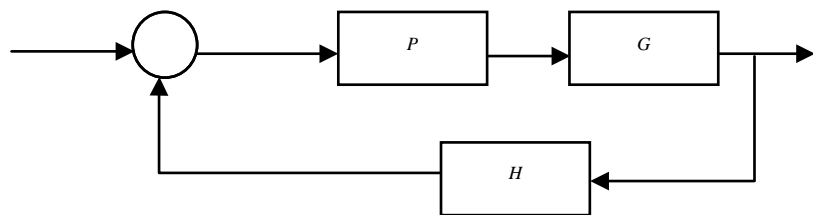
- A. eliminar la etapa del controlador y del transductor.
- B. adicionar un transductor de presión a corriente.
- C. eliminar el transductor de corriente a presión.
- D. adicionar otro elemento primario además del que ya se tiene.

9. Para la configuración del controlador que interviene en el lazo de control de flujo del peróxido se implementa únicamente un algoritmo de control integral únicamente. Al aplicar esta técnica, el sistema no pierde estabilidad. Teniendo en cuenta esta característica técnica, ante una entrada tipo escalón, el tipo de respuesta que se verifica en el lazo de control es
- A. oscilatoria con tiempo de estabilización grande y error en estado estable presente.
  - B. sobreamortiguada con tiempo de estabilización grande y error en estado estable eliminado.
  - C. subamortiguada con tiempo de estabilización pequeño y error en estado estable eliminado.
  - D. sobreamortiguada con tiempo de estabilización pequeño y error en estado estable presente.

10. Se quiere rediseñar el lazo que controla el flujo del peróxido, responsable de la oxidación. El nuevo diseño, debe tener un control más efectivo de la sustancia sin afectar el lazo de control de temperatura. Para este nuevo diseño, la adaptación que se debe realizar al sistema es
- A. disponer de un sensor de temperatura con un rango más amplio.
  - B. eliminar la etapa de sensado de temperatura, pues no tiene sentido que permanezca implementada.
  - C. agregar un sensor y un transmisor de pH para el reactor.
  - D. modificar la programación del controlador para implementar una nueva ley de control para la variable.

11. Cuando el sistema de control excede la temperatura máxima permitida, inmediatamente se disminuye la emisión de peróxido de hidrógeno, para no desperdiciar el reactivo.

Una válvula neumática controla el paso del peróxido, en función de la temperatura existente en el reactor en todo momento. Este lazo de control se puede representar mediante el siguiente diagrama de bloques:



Diagrama

De acuerdo con lo anterior, en el diagrama de bloques, el elemento

- A.  $H$  corresponde al controlador del sistema.
- B.  $G$  corresponde al sensor de temperatura involucrado en el lazo de control.
- C.  $H$  corresponde al sensor de temperatura involucrado en el lazo de control.
- D.  $P$  corresponde al elemento primario del sistema.

12. Se requiere definir los sensores de temperatura necesarios para la implementación del proceso. La tabla muestra las especificaciones técnicas de 4 sensores consultados para implementarse en la planta de tratamiento.

Sensor	Rango	Amplitud de trabajo	Precisión
1	-40 °C – 750 °C	157,5 °C – 552,5 °C	±0,5 °C
2	-40 °C – 1000 °C	220 °C – 740 °C	±1,5 °C
3	-80 °C – 400 °C	40 °C – 280 °C	±0,10 °C
4	-50 °C – 250 °C	25 °C – 175 °C	±0,15 °C

Tabla

La amplitud de trabajo o campo de medición está comprendido por el conjunto de valores más adecuado para medir con un instrumento en particular.

De acuerdo con el caso descrito y la información de la tabla, el sensor que se debe seleccionar es:

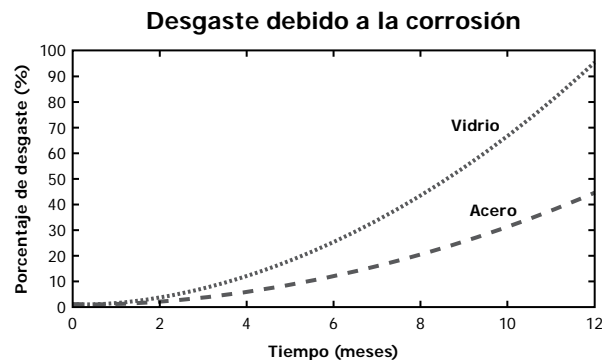
- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

13. Para la selección de los sensores de pH y temperatura se evalúan distintas características físicas y técnicas. Por cuestiones de diseño, se tienen las alternativas que se muestran en la tabla para la elección de ambos sensores.

Alternativa	Sensor de temperatura	Sensor de pH
1	Termómetro vidrio y longitud de inmersión 300 mm	Rango: 0 hasta 8
2	Termopar <i>J</i> acero y longitud de inmersión 300 mm	Rango: 0 hasta 8
3	Termómetro bimetálico y longitud de inmersión 200 mm	Rango: 0 hasta 13
4	Termopar <i>K</i> acero y longitud de inmersión 200 mm	Rango: 0 hasta 13

Tabla

Las características de los materiales en medios corrosivos se presentan en la gráfica.



Gráfica

Teniendo en cuenta que el campo de medición de los sensores generalmente está entre 25 % y 75 % del rango, para efectos de diseño la alternativa de sensores de temperatura y pH más adecuada es

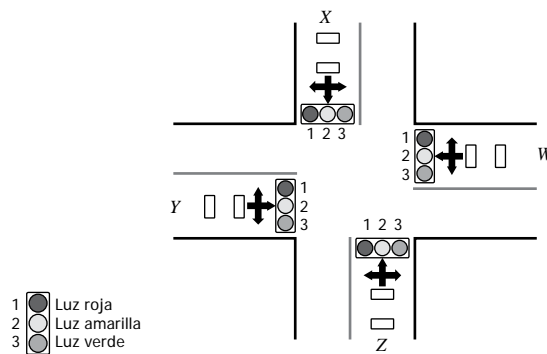
- A. 1.
- B. 2.
- C. 3.
- D. 4.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 14 A 19 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 3

Cruce Vehicular

Se tiene un cruce de dos vías, cada una de doble sentido. Cada sentido de entrada al cruce dispone de un semáforo y se identifica con las letras *W*, *X*, *Y* y *Z*, como se muestra en la figura.



Figura

En cada sentido existen dos sistemas de detección inductivos, cada uno compuesto por un lazo inductivo y un detector vehicular. Estos sistemas de detección inductivos tienen por finalidad detectar el tamaño de la fila que espera el cambio del semáforo; el lazo inductivo (sensor) más cerca del cruce se identifica con la letra *P* (fila pequeña) y el más lejano con la letra *L* (fila larga).

Cada sistema de detección inductivo se identifica con la letra del sentido y con subíndice del tamaño de fila; así por ejemplo, un sistema de detección inductivo en el sentido *X* para fila larga se denota  $X_L$  y para fila pequeña  $X_P$ . La autorización de paso (activación del color verde) en cada semáforo se divide en cuatro rangos de tiempo de acuerdo con dos variables booleanas (*TA* y *TB*), como se indica en la tabla, y donde un 1 lógico significa activación.

<i>TA</i>	<i>TB</i>	Tamaño de fila en sentido actual	Tamaño de fila en los demás sentidos	Tiempo asignado (segundos)
0	0	Pequeña	Mínimo dos filas son largas.	20
0	1	Pequeña	Todas son pequeñas.	30
1	0	Larga	Mínimo dos filas son largas.	40
1	1	Larga	Todas son pequeñas.	60

Tabla

A su vez, el rango de tiempo que se asigna al color verde de un sentido depende del tamaño actual de fila de ese sentido y del tamaño de fila en los demás sentidos, como se indica en la tabla anterior.

14. De acuerdo con el caso descrito, la ecuación booleana que representa la activación de la variable  $TA$  para el sentido de entrada  $W$  es

- A.  $W_L\{X_P Y_P Z_P + X_L(Y_L + Z_L) + Y_L Z_L\}$
- B.  $W_P\{X_P Y_P Z_P\} + W_L\{X_P Y_P Z_P\}$
- C.  $\{W_P + W_L\} \{X_L(Y_L + Z_L) + Y_L Z_L\}$
- D.  $W_P X_P Y_P Z_P + W_L\{X_L(Y_L + Z_L) + Y_L Z_L\}$

15. Cada sistema de detección vehicular entrega una señal lógica que, desde un punto de vista práctico, se comporta como un pulsador: entrega un 1 lógico cuando detecta presencia y entrega un 0 lógico en caso contrario. Sin embargo, esto no es suficiente para determinar si los vehículos están detenidos, haciendo fila o simplemente pasan momentáneamente en movimiento. Se debe incorporar por *software* un sistema que diferencie un 1 lógico por tránsito vehicular de un 1 lógico por tráfico detenido. De acuerdo con lo anterior, las etapas secuenciales que debe seguir el modelo de *software* apropiado para lograr esta diferenciación son:

- A. Discriminar por tiempo, detectar flancos, eliminar rebotes y activar memoria.
- B. Activar memoria, detectar flancos, eliminar rebotes y discriminar por tiempo.
- C. Eliminar rebotes, discriminar por tiempo, detectar flancos y activar memoria.
- D. Detectar flancos, eliminar rebotes, discriminar por tiempo y activar memoria.

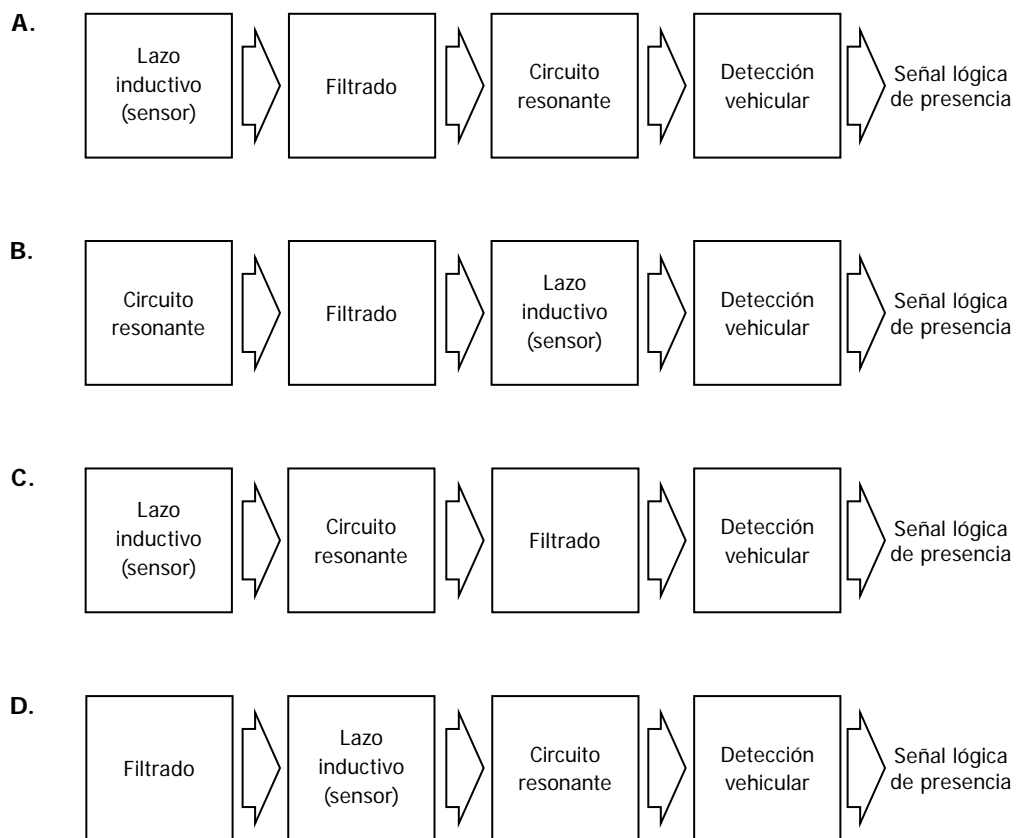
16. Se plantea la siguiente situación con el sistema en operación normal:

1. El sentido actual con acceso al cruce es  $Y$  con fila corta de espera.
2. Luego, sigue el sentido  $Z$  con fila corta de espera.
3. Las filas de  $W$  y  $X$  son largas.

De acuerdo con lo anterior, el tiempo de espera de  $Z$  para tener acceso al cruce será de

- A. 20 segundos.
- B. 30 segundos.
- C. 40 segundos.
- D. 60 segundos.

17. El esquema en bloques que representa la arquitectura para un sistema de detección vehicular inductivo, como el que se describe en el caso, que opera con señales analógicas y entrega como salida una señal lógica de presencia, es



18. Cada semáforo posee una máquina de estados que se encarga exclusivamente de su operación. Existe otra máquina de estados que se encarga de sincronizar todos los semáforos, al determinar el sentido que tiene acceso al cruce (el sentido que tiene su semáforo en verde). De lo anterior se puede concluir que la máquina encargada de sincronizar los semáforos es de

- A. Mealy con 12 salidas, una por cada color de semáforo.
- B. Moore con una única salida.
- C. Moore con 4 salidas y solo una activa a la vez.
- D. Mealy con una única salida.

19. Con el sistema en operación normal, se ha encontrado que para todos los sentidos, algunas veces, se presentan situaciones en las que el tiempo de acceso no se corresponde con el comportamiento esperado. Esta situación se puede explicar porque la tabla de asignación de tiempos

- A. no tiene combinaciones mutuamente excluyentes de tamaños de fila.
- B. no cubre todas las combinaciones posibles de tamaño de fila.
- C. tiene combinaciones idénticas para tamaños de fila.
- D. tiene combinaciones dependientes unas de otras.

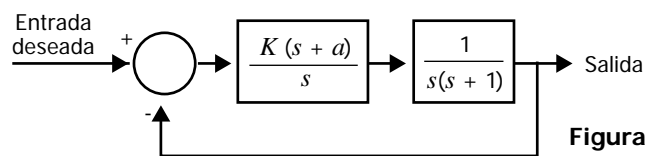
20. La respuesta total en el dominio del tiempo de un sistema de segundo orden a una entrada tipo escalón unitario está dada por:

$$c(t) = 1 - 1,15e^{-0,5t} \cos(\sqrt{3}/2t - 30^\circ)$$

Donde  $c(t)$  es la salida total del sistema y  $t$  el tiempo. Con esta información, los respectivos polos de la función de transferencia son

- A.  $1,15 \pm j \frac{\sqrt{3}}{2}$
- B.  $-\frac{\sqrt{3}}{2} \pm j 1,15$
- C.  $-0,5 \pm j \frac{\sqrt{3}}{2}$
- D.  $-\frac{\sqrt{3}}{2} \pm j 0,5$

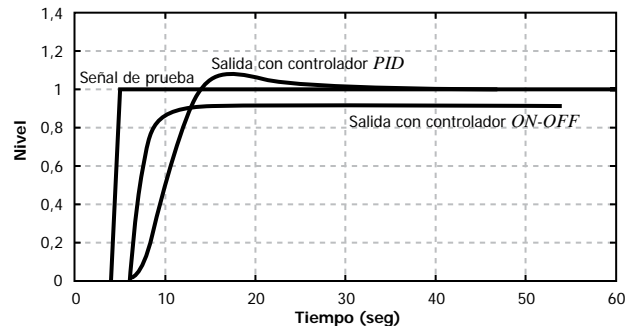
21. La figura que se presenta a continuación, muestra un sistema de posicionamiento angular con controlador proporcional integral.



Para que este sistema de control en lazo cerrado sea estable, el ajuste de los parámetros del controlador se debe realizar en los intervalos

- A.  $K > 0, a > 1$
- B.  $K < 0, a < 1$
- C.  $K > 0, 0 < a < 1$
- D.  $0 < K < 1, a > 0$

22. El ingeniero que tiene a cargo una planta dispone de dos controladores de nivel, uno *PID* y otro *ON-OFF*. Ante una emergencia (contingencia) se ve en la necesidad operativa de instalar uno de los dos controladores en un tanque de almacenamiento de agua, utilizada como refrigeración en un proceso de mangueras de plástico. El proceso exige que se garantice un nivel mayor al 95 % de su ajuste, porque es fundamental para la presión de agua en las válvulas que alimentan la refrigeración de la máquina inyectora del plástico. Adicionalmente, se requiere que el tiempo de estabilización no supere los 25 segundos y que el sobrepaso no exceda el 15 %. El ingeniero cuenta con esta gráfica que muestra los resultados ajustados de una prueba con cada controlador.



Gráfica

Con base en la información demandada por el proceso y la suministrada por la gráfica, la decisión que toma el ingeniero es instalar el controlador

- A. *ON-OFF*, porque cumple los requerimientos del proceso.  
 B. *PID*, a pesar de que el tiempo de estabilización es más alto que el requerido por el proceso.  
 C. *PID*, porque cumple los requerimientos del proceso.  
 D. *ON-OFF*, a pesar de que el error de estado es más alto que el requerido por el proceso.
23. Un sistema dinámico se representa en tiempo discreto por la siguiente función de transferencia con un tiempo de muestreo  $t_s$ :

$$H(z) = \frac{\beta_1 z + \beta_2}{z^2 + \alpha_1 z + \alpha_2}$$

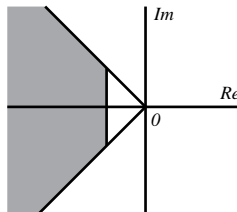
Se requiere implementar un algoritmo que permita simular el comportamiento del sistema ante una entrada  $u$  (la cual está en una base de datos que contiene  $N$  elementos), usando una tarjeta de adquisición de datos que contiene un convertor DAC; inicialmente se realiza la configuración de la tarjeta DAQ y se carga la base de datos. La metodología para complementar la implementación es:

- A. Inicializar con ceros las condiciones iniciales e implementar ecuación recursiva  $y(k) = a_1 * y(k - 1) + a_2 * y(k - 2) + b_1 * u(k - 1) + b_2 * u(k - 2)$ , el control de tiempo es  $(t_{\text{actual}} - t_{\text{anterior}}) > t_s$ , y finalmente poner el dato en la salida de la DAQ.  
 B. Inicializar con datos aleatorios las condiciones iniciales e implementar ecuación recursiva  $y(k) = -a_1 * y(k - 1) - a_2 * y(k - 2) + b_1 * u(k - 1) + b_2 * u(k - 2)$ , el control de tiempo es  $(t_{\text{actual}} - t_{\text{anterior}}) < = t_s$ , y finalmente poner el dato en la salida de la DAQ.  
 C. Inicializar con ceros las condiciones iniciales e implementar ecuación recursiva  $y(k) = -a_1 * y(k - 1) - a_2 * y(k - 2) + b_1 * u(k - 1) + b_2 * u(k - 2)$ , el control de tiempo es  $(t_{\text{actual}} - t_{\text{anterior}}) > = t_s$ , y finalmente poner el dato en la salida de la DAQ.  
 D. Inicializar con datos aleatorios las condiciones iniciales e implementar ecuación recursiva  $y(k) = a_1 * y(k - 1) + a_2 * y(k - 2) + b_1 * u(k - 1) + b_2 * u(k - 2)$ , el control de tiempo es  $(t_{\text{actual}} - t_{\text{anterior}}) < = t_s$ , y finalmente poner el dato en la salida de la DAQ.



24. Considérese un sistema de control de segundo orden de la forma  $G_o(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ .

Para unas especificaciones dadas, la región de diseño (donde se deben ubicar los polos del sistema para cumplir las especificaciones de diseño) está dada por la siguiente figura.



Figura

De acuerdo con lo anterior, las especificaciones de diseño están determinadas según los parámetros de

- A. tiempo de asentamiento y tiempo de subida.
  - B. sobrepico y ancho de banda.
  - C. tiempo de asentamiento y sobrepico.
  - D. tiempo de asentamiento y ancho de banda.
25. Un proceso térmico tiene una función de transferencia de la forma  $G(s) = \frac{k}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)}$ .
- Se quiere poner el proceso dentro de un lazo de control con retroalimentación unitaria negativa y agregarle un controlador. Las exigencias de fabricación requieren que la temperatura del sistema de control tenga error cero en estado estable, ante una orden de entrada tipo escalón (paso). El controlador más pertinente es
- A. On-Off.
  - B. proporcional, P.
  - C. proporcional integral, PI.
  - D. proporcional derivativo, PD.

## Información de cada pregunta

Posición	Afirmación	Respuesta correcta
1	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	D
2	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	B
3	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	A
4	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C
5	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	A
6	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	D
7	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	A
8	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	C
9	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	B
10	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	D
11	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	C
12	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	D
13	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	B

Continúa en la siguiente página

Posición	Afirmación	Respuesta correcta
14	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	A
15	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	D
16	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	A
17	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C
18	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C
19	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	B
20	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C
21	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	C
22	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	B
23	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C
24	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	C
25	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	C

