



GUÍA DE  
ORIENTACIÓN

# Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de Sistemas de Control  
2017

Presidente de la República  
Juan Manuel Santos Calderón

Ministra de Educación Nacional  
Yaneth Giha Tovar

Viceministra de Educación Superior  
Natalia Ruiz Rodgers

Publicación del Instituto Colombiano para la  
Evaluación de la Educación (Icfes)  
© Icfes, 2017.  
Todos los derechos de autor reservados.

Directora General  
Ximena Dueñas Herrera

Secretaria General  
María Sofía Arango Arango

Director de Evaluación  
Hugo Andrés Gutiérrez Rojas

Director de Producción y Operaciones  
Giovany Babativa Márquez

Directora de Tecnología  
Ingrid Picón Carrascal

Jefe Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo  
Ilba Janneth Cárdenas Fonseca

Jefe Oficina Gestión de Proyectos de Investigación  
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirector de Producción de Instrumentos  
Luis Javier Toro Baquero

Subdirectora de Diseño de Instrumentos  
Luisa Fernanda Benavides Reina

Subdirector de Estadística  
Cristian Fernando Téllez Piñerez

Subdirectora de Análisis y Divulgación  
Silvana Godoy Mateus

Revisión de estilo  
Leonardo Galeano Barbosa

Diagramación  
Diana Téllez Martínez

ISBN de la versión digital: En trámite

Bogotá, D. C., agosto de 2017

Este documento se elaboró a partir de los documentos conceptuales de cada módulo, con la participación de los equipos de gestores de pruebas del Icfes y asesores externos.

**Coordinación de la publicación**

Alejandra Calderón  
Angélica Piñeros

**Equipo de gestores de pruebas del Icfes**

**Gestores Competencias Específicas**

**Diseño de Sistemas de Control**  
Óscar Libardo Lombana Charfuelán

Asesores externos que han participado en las definiciones y conceptualizaciones del módulo, en las distintas fases y momentos del diseño, construcción y validación de marcos de referencia, especificaciones o preguntas:

**Diseño de Sistemas de Control**

Mauricio Holguín Londoño  
Carlos Andrés Torres

## 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.

# Contenido

<b>Presentación</b> .....	7
<b>I. Características generales del examen de Estado de la calidad de la educación superior, Saber Pro</b> .....	9
A. ¿Cuáles son los objetivos de Saber Pro? .....	9
B. ¿A quiénes evalúa? .....	9
C. ¿Qué se evalúa? .....	9
D. Metodología para la elaboración de los módulos .....	10
<b>II. Estructura del examen Saber Pro</b> .....	11
A. Módulos que componen el examen .....	11
1. Módulos de Competencias Genéricas .....	11
2. Módulos de Competencias Específicas .....	11
B. Tipos de preguntas .....	12
C. Cuestionario de contexto .....	12
D. Sesiones del examen .....	13
<b>III. Especificaciones del Módulo de Diseño de Sistemas de Control</b> .....	14
A. Competencia evaluada en el módulo .....	14
B. Características del módulo .....	15
C. ¿Quiénes presentan este módulo específico? .....	17
D. Niveles de desempeño .....	18
E. Ejemplos de preguntas .....	19



## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Módulos de competencias específicas .....	11
<b>Tabla 2.</b> Estructura de aplicación de la primera sesión .....	13
<b>Tabla 3.</b> Estructura de aplicación de la segunda sesión .....	13
<b>Tabla 4.</b> Afirmaciones y evidencias del módulo .....	16
<b>Tabla 5.</b> Lista de programas que pueden presentar el módulo .....	17
<b>Tabla 6.</b> Niveles de desempeño .....	18



# PRESENTACIÓN

La Ley 1324 de 2009<sup>1</sup> le confiere al Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación (Icfes) la misión de evaluar, mediante exámenes externos estandarizados, la formación que se ofrece en el servicio educativo en los distintos niveles. También establece que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) define lo que debe evaluarse en estos exámenes.

Por su parte, en el Plan Decenal 2006-2016 se propuso “organizar, implementar y consolidar un sistema de seguimiento y evaluación del sector educativo, que dé cuenta de los logros y dificultades de los estudiantes, su acceso, cobertura y permanencia en el sistema y la eficiencia de los entes responsables de la prestación y la calidad del servicio”<sup>2</sup>.

Para cumplir con lo anterior, el Icfes ha avanzado en la alineación del Sistema Nacional de Evaluación Externa Estandarizada (SNEE), a través de la reestructuración de los exámenes: en 2009 con un nuevo diseño de Saber 3.º, 5.º y 9.º; en 2010 con el rediseño de Saber Pro; en 2014 con los cambios en Saber 11.º y en 2015 con la aprobación de un examen con módulos genéricos para Saber TyT. La alineación posibilita la comparación de los resultados en distintos niveles educativos, ya que los exámenes Saber evalúan competencias comunes en algunas áreas, es decir, las competencias genéricas.

---

<sup>1</sup>Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1324 de 2009: por la cual se fijan parámetros y criterios para organizar el sistema de evaluación de resultados de la calidad de la educación, se dictan normas para el fomento de una cultura de la evaluación, en procura de facilitar la inspección y vigilancia del Estado y se transforma el Icfes. *Diario Oficial*, 13 de julio de 2009, n.º 47.409. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.

<sup>2</sup>Asamblea Nacional por la Educación. (2007). Plan Nacional Decenal de Educación 2006-2016: compendio general (p. 16). Disponible en: <http://www.plandecenal.edu.co>

El *Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro*, está compuesto por módulos de competencias genéricas<sup>3</sup> y específicas. Las primeras son entendidas como aquellas que deben desarrollar todos los estudiantes sin distinción de su área de conocimiento, mientras que las específicas son aplicadas según los grupos de programas con características de formación similares.

Este documento tiene como objeto dar a conocer a los estudiantes, docentes, directivos de instituciones de educación superior (IES) y a los demás interesados en el examen de Estado de la educación superior, Saber Pro, la información básica sobre las especificaciones del módulo.

Este texto está organizado en 3 capítulos. En el capítulo 1, se informa sobre las características generales de los módulos Saber Pro: sus objetivos, la población que se evalúa y la metodología utilizada por el Icfes en el diseño de los módulos. En el capítulo 2, se presentan la estructura general del examen, los tipos de preguntas que se utilizan, lo referente a las sesiones y el cuestionario de contexto. En el capítulo 3, se describen las especificaciones del módulo y se presentan algunos ejemplos de preguntas.

Las personas interesadas en obtener información sobre los demás módulos Saber Pro pueden consultar la guía correspondiente en la página web de Icfes:

<http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/guias-de-orientacion>

---

<sup>3</sup>El Ministerio de Educación Nacional (MEN) junto con el Icfes han definido los constructos y competencias que se evalúan con los módulos genéricos. Disponible en Ministerio de Educación Nacional (2012). Propuesta de lineamientos para la formación por competencias en educación superior. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-261332\\_archivo\\_pdf\\_lineamientos.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-261332_archivo_pdf_lineamientos.pdf)

# I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EXAMEN DE ESTADO DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR, SABER PRO

## A. ¿Cuáles son los objetivos de Saber Pro?

La aplicación de los módulos de competencias genéricas y específicas que conforman los exámenes de Estado Saber Pro, tienen como objetivo evaluar y proporcionar un reporte del grado de desarrollo de habilidades y conocimientos generales y particulares de estudiantes que han aprobado el 75 % de los créditos de sus estudios profesionales.

## B. ¿A quiénes evalúa?

Con la publicación de la Ley 1324 de 2009 y el Decreto 3963 del mismo año, se dio una nueva orientación a los exámenes de Estado de la educación superior (Saber Pro y Saber T y T), que se establecieron como obligatorios para obtener el título del nivel de pregrado.

Cabe aclarar que el nivel de pregrado tiene tres niveles de formación:

- Nivel Técnico Profesional (relativo a programas técnicos profesionales).
- Nivel Tecnológico (relativo a programas tecnológicos profesionales).
- Nivel Profesional (relativo a programas profesionales universitarios).

## C. ¿Qué se evalúa?

Las competencias genéricas del examen de Estado Saber Pro, evalúa a todos los estudiantes sin distinción de su área de conocimiento a través de 5 módulos: 1) Lectura Crítica, 2) Razonamiento Cuantitativo, 3) Competencias Ciudadanas, 4) Comunicación Escrita y 5) Inglés; por otro lado, los módulos de competencias específicas están conformadas por temáticas y contenidos específicos de diferentes programas y de acuerdo a las áreas de formación propias de cada estudiante. Es importante aclarar que el Icfes oferta 40 módulos de competencias específicas, pero es potestad de las instituciones de educación superior (IES) escoger si sus estudiantes presentan o no dichos módulos, y de ser el caso, seleccionar entre 1 y 3 módulos que presentarían los estudiantes de cada uno de sus programas profesionales, de acuerdo al área de formación. Sin embargo, para apoyar la decisión de las IES, el Icfes clasifica la totalidad de programas que se presentan en Grupos de referencia (GR); dichos grupos se arman con programas académicos con características de formación similares y a estos grupos se les sugieren módulos específicos de acuerdo a su área de formación. Los módulos específicos ofertados se pueden consultar en la Tabla 1 del presente documento.

## D. Metodología para la elaboración de los módulos

El diseño y construcción de los exámenes Saber se realizan sobre la base de las especificaciones de cada módulo. Estas determinan con exactitud en qué consisten las competencias que se evalúan y cómo se evalúan. Son diseñadas por el Icfes junto con equipos de expertos de cada área. Las especificaciones se desarrollan siguiendo el Modelo Basado en Evidencias (MBE)<sup>4</sup>. De acuerdo con este modelo, en las especificaciones se formalizan, primero, las afirmaciones sobre las competencias que posee un estudiante dado su desempeño en el módulo. Luego, se describen las evidencias que sustentan cada una de las afirmaciones. Por último, se describen las tareas que se le pide realizar al evaluado para obtener las evidencias que dan sustento a las afirmaciones. De esta manera, la elaboración de las especificaciones garantiza una completa comparabilidad de los exámenes.

---

<sup>4</sup>Este modelo se empezó a usar para el diseño de Saber 5.º y Saber 9.º desde 2007.

## II. ESTRUCTURA DEL EXAMEN SABER PRO

### A. Módulos que componen el examen

#### 1. Módulos de Competencias Genéricas

El examen Saber Pro se compone de 5 módulos que evalúan las competencias genéricas.

- Lectura Crítica
- Razonamiento Cuantitativo
- Competencias Ciudadanas
- Comunicación Escrita
- Inglés

#### 2. Módulos de Competencias Específicas

Además de los anteriores, hay 40 módulos asociados a temáticas y contenidos específicos que los estudiantes tienen la posibilidad de presentar de acuerdo a su área de formación profesional, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Módulos de Competencias Específicas

Módulos	
Análisis de Problemáticas Psicológicas	Fundamentación en diagnóstico y tratamiento médico
Análisis Económico	Generación de Artefactos
Atención en Salud	Gestión de Organizaciones
Comunicación Jurídica	Gestión del Conflicto
Cuidado de enfermería en los ámbitos clínico y comunitario	Gestión Financiera
Diagnóstico y tratamiento en salud oral	Información y Control Contable
Diseño de Obras de Infraestructura	Intervención en Procesos Sociales
Diseño de Procesos Industriales	Investigación en Ciencias Sociales
Diseño de Sistemas de Control	Investigación Jurídica
Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental	Pensamiento Científico: Ciencias biológicas
Diseño de Sistemas Mecánicos	Pensamiento Científico: Ciencias de la tierra
Diseño de sistemas productivos y logísticos	Pensamiento Científico: Ciencias físicas
Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales	Pensamiento Científico: Matemáticas y estadística
Diseño de Software	Pensamiento Científico: Química
Enseñar	Procesos Comunicativos
Estudio Proyectual	Producción Agrícola
Evaluar	Producción Pecuaria
Formar	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
Formulación de Proyectos de Ingeniería	Proyecto de Arquitectura
Formulación, evaluación y gestión de proyectos	Salud y Bienestar Animal

Cabe aclarar que los módulos específicos están dirigidos únicamente a estudiantes que presentan por primera vez el examen y que son inscritos directamente por su IES. Cada IES tiene la posibilidad de seleccionar, acorde al Grupo de referencia del programa, una de las combinatorias ofertadas por el Icfes (estas pueden contener entre uno y tres módulos específicos) según lo considere pertinente. Para consultar al detalle estos grupos de referencia y combinatorias, remítase al siguiente *link*:

<http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/combinatorias-y-grupos-de-referencia>

## B. Tipos de preguntas

En el examen se utilizan preguntas de selección múltiple con única respuesta que están conformadas por un enunciado (que presenta una situación, contexto, texto, etcétera), la formulación de una tarea de evaluación (aquello que se le pide al estudiante realizar), y cuatro opciones de respuesta, codificadas como A, B, C y D, de las cuales solo una es correcta y válida dada la tarea planteada. El estudiante debe seleccionar entre estas opciones rellenando completamente el círculo correspondiente a la opción de respuesta que considere acertada.

Todas las preguntas de los módulos del examen Saber Pro tienen este formato, excepto el Módulo de Comunicación Escrita, donde el tipo de pregunta es abierta, ya que el estudiante debe desarrollar un texto a partir de una temática propuesta. El estudiante encontrará un espacio de dos páginas para desarrollar el escrito en el módulo respectivo.

## C. Cuestionario de contexto

Este cuestionario se entrega a todos los estudiantes para que sea contestado una vez finalizados los módulos de competencias genéricas. Son preguntas cortas (de selección) que se responden en la hoja de respuestas y NO tienen calificación.

Lo que permite el cuestionario es obtener mayor información sobre los estudiantes respecto a un conjunto de indicadores relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje que pueden explicar los desempeños en las pruebas. Por ejemplo, indaga por características del núcleo familiar (composición, estatus laboral y educativo); condiciones del hogar (dotación de bienes dentro de la vivienda, estrato socioeconómico, disponibilidad de conexión a internet y servicio de televisión por cable), y horas promedio de trabajo semanal de los estudiantes.

### ¿Cuál es el manejo de la información recopilada en este cuestionario?

La información solamente tiene propósitos académicos, por tanto, es confidencial y anónima. Es importante aclarar que no es una evaluación y no afectará los resultados de los estudiantes.

## D. Sesiones del examen

El examen se realiza en dos sesiones (ver tablas 2 y 3), la primera es obligatoria para todos los inscritos a Saber Pro, ya que está conformada por 5 módulos que se consideran genéricos para cualquier programa de formación de nivel profesional. Mientras que a la segunda sesión solo asisten quienes hayan sido inscritos por su IES para presentar entre 1 y 3 módulos específicos relativos a su área de formación; para quienes presentan un solo módulo la duración máxima de la segunda sesión será de 90 minutos, si el examen tiene 2 módulos de competencias específicas la segunda sesión tendrá un tiempo máximo de duración de 180 minutos, y si el examen se conforma de 3 módulos la duración máxima de la sesión será de 270 minutos. En el capítulo 3 de esta guía se listan los programas de formación profesional a los que se les recomienda presentar este módulo, puesto que se relaciona con su área de formación.

Tabla 2. Estructura de aplicación de la primera sesión

Sesión	Módulo	Preguntas por módulo	Tiempo máximo por sesión
<b>Primera sesión:</b> <b>Competencias genéricas</b>	Lectura Crítica	35	4 horas y 40 minutos
	Razonamiento Cuantitativo	35	
	Competencias Ciudadanas	35	
	Comunicación Escrita	1	
	Inglés	45	

Tabla 3. Estructura de aplicación de la segunda sesión

Sesión	Módulo	Preguntas del módulo	Tiempo máximo por sesión
<b>Segunda sesión:</b> <b>Competencias específicas</b>	Diseño de Sistemas de Control	40	90 minutos

# III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL

## A. Competencia evaluada en el módulo

El diseño de productos tecnológicos (artefactos, procesos, sistemas e infraestructura) está en el centro de la naturaleza de la ingeniería. El diseño en ingeniería es un proceso sistemático, creativo y flexible, sustentado en las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería. Incluye la generación, la evaluación sistemática y la puesta a prueba de especificaciones para la creación de artefactos, sistemas, procesos e infraestructura cuya forma y función permitan lograr unos objetivos establecidos y satisfacer una serie de restricciones especificadas a partir de una necesidad o situación problemática.

Diseñar en ingeniería un producto tecnológico se caracteriza por:

1. Ser una estrategia para resolver cierto tipo de problemas desde la perspectiva de la concepción de productos tecnológicos.
2. Ser un proceso iterativo de toma de decisiones.
3. Ser un problema abierto, en general débilmente estructurado, con múltiples soluciones.
4. Para el caso de ingeniería, el producto final de la actividad de diseño es un producto tecnológico entendido este como un artefacto, un proceso o un sistema que debe ser operado económicamente y que cumple con especificaciones y restricciones.
5. El término artefacto se utiliza para designar una amplia gama de productos físicos, como una máquina, un dispositivo, un puente, un automóvil, un bien de consumo que involucra tecnología en su desarrollo y puesta en el mercado para satisfacer necesidades.  
Implica la transformación de la materia para generar elementos con funcionalidades y características nuevas que buscan resolver necesidades existentes o potenciales.
6. La utilización intensiva explícita o implícita del conocimiento matemático y científico es un pilar central de todo proceso de diseño en ingeniería.

El desarrollo cognitivo que se requiere para diseñar tiene un componente transversal a las especialidades de ingeniería. Con el fin de evaluar la competencia que han logrado los estudiantes en relación con el diseño en ingeniería, se definieron 8 Módulos de aplicación para el diseño:

1. Diseño de Obras de Infraestructura
2. Diseño de Procesos Industriales
3. Diseño de Sistemas de Control
4. Diseño de Sistemas Mecánicos

5. Diseño de sistemas productivos y logísticos
6. Diseño de Software
7. Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental
8. Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales

Cada módulo de este núcleo común está diseñado para evaluar las habilidades del estudiante en la competencia de diseño en ingeniería, basada en desempeños coherentes de estudiantes de ingeniería con un nivel del 75 % del plan de estudios de pregrado. Por ello, la prueba exige un nivel de conocimientos y de desenvolvimiento técnico en el contexto de aplicación que supere los retos del sentido común, de la lógica elemental y de la comprensión de lectura.

Cada módulo de Diseño en Ingeniería, incluye la descripción de casos (situaciones problema) de los que se desprenden varias preguntas. Para la descripción de cada caso se hace uso de textos, gráficas, tablas, esquemas, ecuaciones o de cualquier otro tipo de representación que le permita al estudiante entender la problemática que se plantea y resolver las preguntas que se hacen a partir de la misma. Estas preguntas deben analizarse y responderse teniendo en cuenta la información presentada en cada caso.

Estos módulos evalúan aprendizajes relacionados con la competencia: “Planifica y concibe productos tecnológicos como artefactos, sistemas o procesos, mediante la integración de conocimientos y principios de las matemáticas, ciencias, tecnología y ciencias de la ingeniería, con el fin de satisfacer necesidades y cumplir con requerimientos y restricciones técnicas, financieras, de mercado, ambientales, sociales, éticas y económicas”.

## B. Características del módulo

Son sistemas de control aquellos sistemas automáticos en los cuales existe la ausencia total o parcial de seres humanos en su operación, con un grado de funcionamiento autónomo, al cual se le incorporan elementos tecnológicos para medir, controlar y actuar sobre el comportamiento dinámico del sistema. Vistas desde el controlador, las señales de control presentes en el sistema son de naturaleza eléctrica. La arquitectura del sistema involucra tanto componentes de hardware como de software.

Por la naturaleza de los procesos y de las estrategias de control que se implementan, los sistemas de control se pueden clasificar como sistemas de control discretos (estrategias basadas en eventos), sistemas de control continuos (estrategias regulatorias) y sistemas de control secuenciales (estrategias tipo batch o por tandas).

El diseño de sistemas de control, parte de la identificación de los requerimientos y restricciones de la planta, proceso o equipo a controlar, para la definición de especificaciones técnicas, condiciones de uso y las leyes o esquemas de control automáticos a emplear, así como su configuración, instalación y evaluación.

Las afirmaciones y evidencias que componen la competencia definida para este módulo, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Afirmaciones y evidencias del módulo

Afirmación	Evidencia
1. 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.	1.1 Comprende e interpreta, en un marco técnico la información para identificar el problema que se requiere resolver en un contexto específico.
	1.2 Diferencia y plantea restricciones y requerimientos del producto tecnológico a diseñar.
	1.3 Formula las especificaciones de entrada para el diseño del producto tecnológico.
2. Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	2.1 Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
	2.2 Compara alternativas viables de solución de acuerdo con criterios determinados.
	2.3 Selecciona la alternativa más adecuada de solución.
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.	3.1 Realiza cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.
	3.2 Plantea especificaciones para el proceso de desarrollo del producto tecnológico.
	3.3 Revisa, verifica y valida que una solución cumple con las especificaciones técnicas de diseño.

## 1. Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas de control

Todo artefacto, sistema o proceso de funcionamiento automático que está regido por los fundamentos teóricos del diseño del sistema de control y que emplea las tecnologías correspondientes a cada uno de los tipos de automatismos arriba descritos.

## 2. Áreas conceptuales de referencia

Para el diseño del sistema de control de cualquier producto tecnológico (artefacto, sistema o proceso), de naturaleza automática, el estudiante requiere manejar y aplicar los conocimientos que ofrecen las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, construcción y empleo de los diferentes tipos de sistemas automáticos. Las disciplinas teóricas ofrecen el conjunto de los métodos matemáticos de análisis y síntesis de los sistemas automáticos y de sus elementos. Las disciplinas tecnológicas tratan con los problemas prácticos, relacionados con la teoría y la tecnología de los sensores, actuadores y controladores. En particular se debe conocer, manejar y aplicar la matemática, que incluye la transformada de Laplace y transformada Z, entre otras; dinámica de sistemas, teoría de control e informática (algoritmos y programación), técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental.

### C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de Sistemas de Control lo pueden presentar los estudiantes de los programas académicos relacionados a continuación.

Tabla 5. Lista de programas que pueden presentar el módulo

Principales programas académicos que aplican el módulo
Ingeniería de Control
Ingeniería Eléctrica
Ingeniería Electromecánica
Ingeniería Electrónica
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Ingeniería en Automática Industrial
Ingeniería en Automatización
Ingeniería en Control
Ingeniería en control y automatización industrial
Ingeniería en Instrumentación y Control
Ingeniería en Mecatrónica
Programas afines

## D. Niveles de desempeño

Los niveles de desempeño se establecieron con el objetivo de complementar el puntaje numérico que se otorga a los estudiantes. Consisten en una descripción cualitativa de las habilidades y conocimientos que podrían tener si se ubican en determinado nivel. El resultado de este módulo se interpreta de acuerdo con la descripción que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6. Niveles de desempeño

Nivel	Descriptor general	Descriptores específicos
<b>1</b> Puntaje en el módulo de 0 a 129	El estudiante que se ubica en este nivel podría identificar los componentes básicos de un sistema de control previamente establecido, reconociendo su funcionalidad. Además, diferencia, sobre un sistema global de control, los requerimientos y restricciones.	El estudiante que se ubica en este nivel podría: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar e identificar los componentes básicos de un sistema de control representado en un diagrama (lazo de control, esquemáticos, diagramas de flujo, etc.).</li> <li>• Leer y aplicar notación básica de los sistemas de control.</li> <li>• Realizar operaciones básicas de funciones de transferencia y reducción de bloques.</li> <li>• Interpretar la funcionalidad de los elementos de un lazo típico, aplicando criterios de control.</li> </ul>
<b>2</b> Puntaje en el módulo de 130 a 155	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel categoriza alternativas de solución según requerimientos y restricciones dadas por la situación problemática. Asimismo, establece el comportamiento de un sistema de control ante cambios en las condiciones de entrada o en el sistema.	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traduce requerimientos y especificaciones en lenguaje natural a notación técnica y viceversa.</li> <li>• Compara o selecciona entre alternativas de solución la más adecuada a partir de la información suministrada por el problema.</li> <li>• Examina la implementación de los sistemas de control para verificar el cumplimiento de restricciones y especificaciones.</li> <li>• Correlaciona la respuesta de un sistema de control dado con los cambios en las condiciones de entrada o en el sistema.</li> </ul>
<b>3</b> Puntaje en el módulo de 156 a 195	Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel demuestra un dominio conceptual de los sistemas de control que involucra criterios de asociación relacionados con el planteamiento, proposición, evaluación, verificación y/o validación de soluciones, especificaciones, comportamientos, etc., de un sistema de control y bajo restricciones económicas, ambientales, sociales, regulatorias, etc.	Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asocia las especificaciones y/o comportamiento de un sistema de control con la descripción de funcionamiento (gráficos, diagramas, modelos matemáticos, entre otros), identificando las variables involucradas en el proceso.</li> <li>• Evalúa, verifica o valida una solución a un problema de control, bajo criterios de estabilidad, confiabilidad, error y funcionalidad.</li> </ul>

Continúe en la siguiente página

Continuación Tabla 5

Nivel	Descriptor general	Descriptores específicos
<p><b>4</b> Puntaje en el módulo de 196 a 300</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel valida el diseño de un sistema de control a partir de la interrelación de las fases que lo integran (identificación de requerimientos, modelado e implementación) con el fin de entregar una solución a un problema de control.</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa argumentos que plantean justificación sobre todas las fases de diseño de un sistema de control.</li> <li>• Prioriza y relaciona criterios de estabilidad y respuesta transitoria en sistemas de control.</li> <li>• Evalúa alternativas que modifican, mejoran o extienden la funcionalidad de un sistema de control a partir de una situación problemática.</li> </ul>

## E. Ejemplos de preguntas

En esta sección se presentan ejemplos de preguntas de selección múltiple con única respuesta del Módulo de Diseño de Sistemas de Control del examen Saber Pro. Para cada ejemplo de pregunta se indica la afirmación y la respuesta correcta junto con su justificación. Las siguientes preguntas se utilizaron en aplicaciones previas del módulo e ilustran algunas de las tareas de evaluación que forman parte de este.

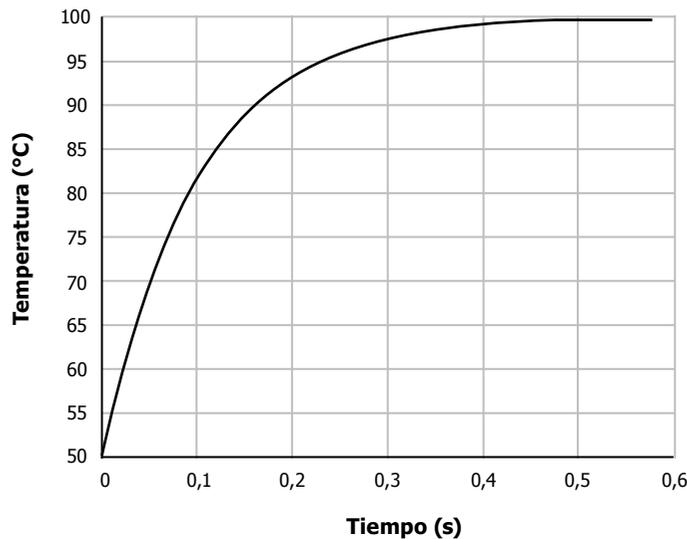
RESPONDA LAS PREGUNTAS 1 A 6 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

### CASO 2

En un calentador se almacena un producto de naturaleza tóxica, de alto costo y que se debe mantener siempre a una temperatura mayor que un mínimo predeterminado, para evitar su solidificación. Por medio de un actuador eléctrico se suministra energía al producto para llevarlo a la temperatura deseada. El error de temperatura en estado estable permitido es menor que 0,4% y, para evitar la emisión de gases tóxicos, la temperatura del producto no debe superar a la temperatura de referencia, siempre fija. La entrada de producto en el cuerpo del calentador se regula por medio de una válvula de control de dos posiciones.

La respuesta dinámica de la temperatura del proceso, para un incremento del 10% en la energía eléctrica aplicada al calentador, en condiciones estacionarias, se muestra en la gráfica.

#### Respuesta proceso



**Gráfica. Curva de reacción de la temperatura.**

El control de temperatura, además de garantizar una temperatura mínima, debe empezar a actuar una vez el tanque haya alcanzado un nivel mínimo ajustable, de forma que el sistema de calentamiento no trabaje en vacío. Para evitar derrames, cuando el nivel de producto alcance un máximo, también ajustable, se debe cerrar la válvula de entrada de producto. En operación normal, siempre que exista producto en el tanque se debe mantener la temperatura en el valor predeterminado. Las normas de seguridad exigen el uso de equipo de protección personal cuando se esté en las cercanías del calentador y limitan el tiempo de exposición.

Como parte del proyecto de automatización se desea evaluar la posibilidad de producir dos grados de calidad del producto: grado *A* (alta calidad) y grado *B* (baja calidad). La decisión depende de factores económicos.

## Pregunta 1

La definición de las características técnicas de los instrumentos de medida es básica en el desarrollo de las especificaciones, así como la comparación de los costos. La tabla muestra los precios normalizados de los instrumentos de medición, en función del tipo de variable de salida y del error de la medida.

Temperatura	Nivel
Salida continua; error < 0,4%.	Salida discreta: ajustable.
Precio: \$1.000.	Precio: \$800.
Salida continua; error < 1%.	Salida discreta: fija.
Precio: \$800.	Precio: \$500.

De acuerdo con la información del caso descrito, para la selección de los medidores de temperatura y nivel se deben fijar los siguientes criterios técnicos y económicos:

- A. Temperatura: medición continua, error menor que 0,4 %; nivel: medición discreta fija.
- B. Temperatura: medición continua, error menor que 0,4 %; nivel: medición discreta ajustable.
- C. Temperatura: medición continua, error menor que 1 %; nivel: medición discreta ajustable.
- D. Temperatura: medición continua, error menor que 1 %; nivel: medición discreta fija.

**Clave B**

### Afirmación

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.

### Justificación

Como el error total es función de la suma de errores individuales cuadráticos, para garantizar un error en estado estable menor del 0,4 % en la variable de temperatura el medidor debe tener un error menor de ese valor. Para nivel solo se necesita medición discreta ajustable: solo se requiere detectar los puntos bajo y alto de nivel.

No se puede emplear medidor de nivel de salida discreta fija porque los puntos de decisión se deben poder ajustar a la aplicación, no importa que estos sean más económicos.

## Pregunta 2

Dentro del protocolo de pruebas del sistema de control, las condiciones de configuración del controlador que se deben verificar son

**A.**

Tipo de respuesta para temperatura	Alarmas de temperatura	Alarmas de nivel
Sobreamortiguada	Bajo - Alto	Bajo - Alto

**B.**

Tipo de respuesta para temperatura	Alarmas de temperatura	Alarmas de nivel
Subamortiguada	Bajo - Alto	Alto

**C.**

Tipo de respuesta para temperatura	Alarmas de temperatura	Alarmas de nivel
Subamortiguada	Bajo	Bajo - Alto

**D.**

Tipo de respuesta para temperatura	Alarmas de temperatura	Alarmas de nivel
Sobreamortiguada	Bajo	Alto

**Clave** A

### Afirmación

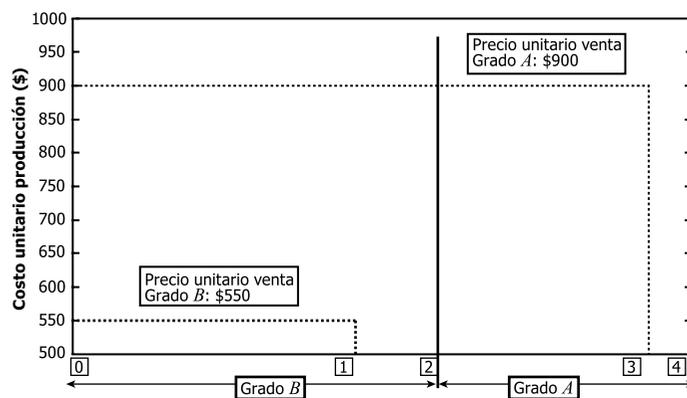
Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

### Justificación

Se estableció como requisito que la temperatura no debía superar a la referencia para evitar la emisión de gases tóxicos. Esto exige una respuesta de tipo sobreamortiguado en la cual el valor de la variable siempre es menor que el valor deseado. Además se debe asegurar operación a una temperatura siempre mayor que un límite BAJO (evitar solidificación) y menor que un límite alto, (evitar vaporización). El nivel debe ser MAYOR que un mínimo, evitar que el sistema trabaje en vacío, y MENOR que un máximo, para evitar llenado.

### Pregunta 3

Para evaluar la posibilidad de elaborar productos con dos grados de calidad: grado B (Baja calidad) y grado A (Alta calidad), se tiene un modelo de costos de producción, según la gráfica. El costo de producción varía en función de la calidad del producto, y el precio de venta máximo por unidad del producto de grado B es \$550 y el de grado A, \$900.



Gráfica

Para obtener la máxima utilidad en la venta de los productos, se debe trabajar en las siguientes regiones de calidad:

- A. Producto grado B región 0 – 1 y producto grado A región 2 – 3.
- B. Producto grado B región 0 – 1 y producto grado A región 3 – 4.
- C. Producto grado B región 1 – 2 y producto grado A región 3 – 4.
- D. Producto grado B región 1 – 2 y producto grado A región 2 – 3.

Clave A

#### Afirmación

Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

#### Justificación

Producto Grado B región 0 – 1 precio de venta MAYOR que el costo de producción: hay utilidad. Producto Grado A región 2-3 precio de venta MAYOR que el costo de producción: hay utilidad.

## Pregunta 4

Teniendo en cuenta las características del proceso y de los requerimientos de operación, la ley o el algoritmo de control que se debe seleccionar para la variable temperatura debe ser

- A. proporcional únicamente.
- B. integral únicamente.
- C. proporcional más derivativo.
- D. proporcional más integral.

**Clave** D

### **Afirmación**

Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.

### **Justificación**

Se está exigiendo una respuesta en la cual la variable controlada está siempre por debajo de la referencia y el error de offset o en estado estable es pequeño ( $< 0,4\%$ ). Por lo tanto se requiere control P + I.

## Pregunta 5

Una vez garantizada la seguridad, la característica más importante del proceso que se debe tener en cuenta para el diseño del sistema de control será

- A. la calidad del producto terminado.
- B. el consumo de energía del actuador eléctrico.
- C. la curva de reacción del proceso.
- D. el seguimiento a un valor de referencia ajustable.

**Clave** D

**Afirmación** 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.

**Justificación** Satisfechas las exigencias de seguridad del proceso se debe pasar a satisfacer las necesidades operacionales propias: garantizar que la temperatura se mantiene dentro del rango de variación estrecho permitido y que no supere el valor de referencia; para lograr este objetivo se debe tener en cuenta la curva de reacción de la temperatura, de donde se puede deducir la ganancia y la velocidad de respuesta del proceso. Si no se logran los objetivos operacionales no es posible lograr calidad ni economía.

## Pregunta 6

Para implantar el sistema de control del calentador hay que tener en cuenta las condiciones de seguridad en caso de fallas de los componentes del sistema. En este caso, las características de los actuadores o elementos finales de control deben ser:

- A. Actuador eléctrico estado de falla activo y válvula de alimentación de producto en la última posición.
- B. Actuador eléctrico estado de falla apagado y válvula de alimentación de producto en la última posición.
- C. Actuador eléctrico estado de falla activo y válvula de alimentación de producto normalmente cerrada.
- D. Actuador eléctrico estado de falla apagado y válvula de alimentación de producto normalmente cerrada.

**Clave** D

**Afirmación** Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

**Justificación** En caso de falla el suministro de energía al calentador se debe cortar, de tal forma que la temperatura del producto no aumente. Para evitar que se acumule producto en el recipiente se debe cerrar la válvula de alimentación de producto.

## Pregunta 7

El diseño inicial del sistema de control de una máquina industrial se muestra en la figura 1. Sin embargo, el diseño se modifica, y se incluye un controlador adicional como se muestra en la figura 2.

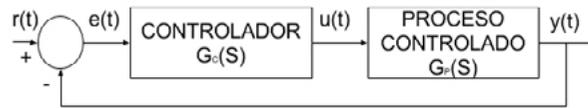


Figura 1.



Figura 2.

El efecto del cambio sobre el sistema se evidencia en que este ahora tiene

- A. un grado de libertad.
- B. realimentación positiva.
- C. realimentación negativa.
- D. dos grados de libertad.

**Clave** D

### Afirmación

Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.

### Justificación

La pregunta muestra un sistema de control que ha sido modificado y se debe determinar el efecto de los cambios sobre el sistema, en este caso el cambio que debe identificar el evaluado es el controlador  $G_c(S)$  que se ha colocado en serie a la alimentación del sistema, la cual es una compensación pre-alimentada, de modo que al analizar la ecuación o simplemente el gráfico, se ve que tiene como efecto agregar un grado de libertad al sistema. Inicialmente al ser un lazo sencillo tiene un grado de libertad, ahora tendrá dos grados de libertad y la posibilidad de escoger los polos y ceros de  $G_c(S)$  para añadir o cancelar ceros de la función de transferencia.

