



GUÍA DE
ORIENTACIÓN

Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de Procesos Industriales
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 Procesos Industriales
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 Procesos Industriales

Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez
Hugo Ricardo Zea
Rubén Camargo

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. 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.

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

Presentación	7
I. Características generales del examen de Estado de la calidad de la educación superior, Saber Pro	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
II. Estructura del examen Saber Pro	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
III. Especificaciones del Módulo de Diseño de Procesos Industriales	14
A. Competencia evaluada en el módulo	14
B. Características del módulo	15
C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?	17
D. Niveles de desempeño	17
E. Ejemplos de preguntas	19

Lista de tablas

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



PRESENTACIÓN

La Ley 1324 de 2009¹ 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”².

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.

¹Congreso 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.

²Asamblea 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 genéricas³ 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>

³El 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

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)⁴. 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.

⁴Este 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
Primera sesión: Competencias genéricas	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
Segunda sesión: Competencias específicas	Diseño de Procesos Industriales	40	90 minutos

III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES

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

El diseño de procesos industriales se entiende como un esfuerzo sistemático para definir y determinar las necesidades involucradas en la fabricación, manipulación y transporte de materia prima y producto terminado, así como los equipos involucrados en su transformación que concluyen en el desarrollo integrado de procesos y productos. Abarca todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde la definición de las especificaciones preliminares, el diseño conceptual (que incluye diagramas de flujo, balances de masa y energía, fenómenos de transporte y operaciones unitarias) hasta su disponibilidad, calidad, costos y necesidades de los usuarios.

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 y en un contexto específico, la información para identificar el problema que se requiere resolver.
	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 procesos industriales

Equipos como reactores químicos, equipos de separación o mezclado, humidificadores, intercambiadores de cantidad de movimiento, energía y masa para elaborar productos intermedios o terminados, incluyendo sus diagramas de flujo en donde se establezcan las condiciones de operación.

Se deben tener en cuenta los procesos de transformación de materias primas, de modo que se satisfagan condiciones técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental; implementación de modificaciones en condiciones de operación.

2. Áreas conceptuales de referencia

Se deben tener bases conceptuales en definición de diagramas de flujo donde se especifiquen corrientes y sus propiedades, balances de masa y energía (con y sin reacción química), fenómenos de transporte y operaciones unitarias, evaluación y análisis de condiciones técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental.

C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de Procesos Industriales 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 Procesos Industriales
Ingeniería de Química
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
1 Puntaje en el módulo de 0 a 110	El estudiante que se ubica en este nivel podría aplicar conocimientos de diseño conceptual y sostenible de procesos a partir del reconocimiento de problemas básicos y contextualizados.	El estudiante que se ubica en este nivel podría: <ul style="list-style-type: none">• Reconocer diagramas de flujo y sus elementos que representan operaciones unitarias básicas.• Identificar opciones que garantizan reducción de impacto social y ambiental.

Continúe en la siguiente página

Continuación Tabla 6

Nivel	Descriptor general	Descriptores específicos
<p>2 Puntaje en el módulo de 111 a 156</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel establece las relaciones existentes entre los parámetros, las variables y las restricciones del proceso para seleccionar una alternativa viable a un problema de diseño básico.</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta diagramas de flujo y de proceso que representan operaciones unitarias. • Relaciona variables y parámetros expresados en diferentes formas de presentación de la información (tablas, gráficas, diagramas de flujo y de proceso) relevantes para la solución del problema. • Determina opciones de mejora de procesos a partir de los principios del equilibrio termodinámico, cinética y fenómenos de transporte. • Reconoce las relaciones existentes entre los componentes fundamentales de un sistema de control.
<p>3 Puntaje en el módulo de 157 a 186</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel analiza parámetros, variables y restricciones del proceso para definir un diseño de ingeniería, teniendo en cuenta los elementos que intervienen en el dimensionamiento de unidades y la relación entre ellas.</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"> • Identifica la información necesaria para realizar dimensionamiento de reactores químicos y equipos de transferencia de calor, de masa y de cantidad de movimiento. • Selecciona equipos o productos tecnológicos para definir procesos que cumplan con las restricciones y especificaciones dadas. • Analiza los factores que intervienen en el dimensionamiento y operación de unidades de proceso para determinar modificaciones que permitan un desempeño adecuado.
<p>4 Puntaje en el módulo de 187 a 300</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel evalúa aspectos relacionados con la optimización de procesos, involucrando algunos aspectos propios del diseño de ingeniería de detalle.</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"> • Establece relaciones de causalidad en procesos que involucran reacciones químicas. • Evalúa elementos para el diseño detallado de productos tecnológicos involucrando conceptos como optimización, integración, control y adecuación. • Interpreta los modelos matemáticos que describen el proceso y selecciona el más adecuado de acuerdo con las especificaciones del producto.

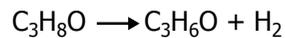
E. Ejemplos de preguntas

En esta sección se presentan ejemplos de preguntas de selección múltiple con única respuesta del Módulo de Diseño de Procesos Industriales 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 7 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 1

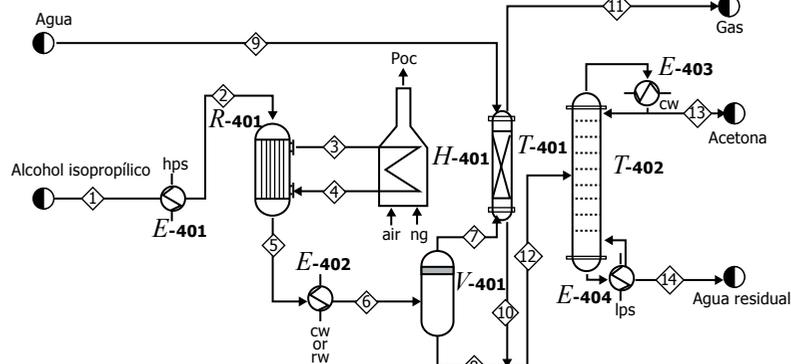
La acetona se produce habitualmente en cantidades comerciales como un producto secundario durante la formación del fenol. Sin embargo, la acetona fabricada de esta manera contiene generalmente pequeñas cantidades de benceno y de fenol. Actualmente, estas impurezas son inaceptables y se busca un proceso alternativo, como la producción de acetona a partir de la deshidrogenación catalítica del alcohol isopropílico, según la siguiente reacción:



Además, la cinética de reacción se describe en la siguiente ecuación:

$$r_{(\text{kgmol}/\text{m}^3 \text{ catalizador} \cdot \text{s})} = 3,51 \times 10^5 e^{\left(\frac{-72380 (\text{kJ}/\text{kgmol})}{RT}\right)} C_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}}$$

El diagrama de flujo muestra el proceso para la producción de acetona a partir de alcohol isopropílico.



Tomado de: <http://www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/acetone/acetone-b.PDF>

El alcohol isopropílico se alimenta como una mezcla azeotrópica en agua a 25°C y 1 atm. La alimentación se calienta, vaporiza y sobrecalienta en un intercambiador de calor y luego se envía al reactor en el cual se forma la acetona. A continuación, el efluente del reactor se enfría y condensa parcialmente en un intercambiador de calor y se envía a una unidad de separación, en la cual el hidrógeno sale por la corriente 7, mientras que los componentes remanentes (acetona, alcohol isopropílico y agua) se distribuyen entre las corrientes 7 y 8, según la ley de Raoult. Algo de la acetona en la corriente 7 se recupera mediante absorción con agua pura en una torre empacada y se mezcla con la corriente 8 para formar la corriente 12. Finalmente, esta corriente se destila para producir acetona casi pura en la corriente 13 y agua residual (contiene isopropanol) en la corriente 14.

Pregunta 1

Dadas las condiciones de la corriente 1 que alimenta al calentador $E-401$, el conjunto de variables independientes desconocidas que deben especificarse en la corriente 2 y que permiten determinar la energía necesaria por unidad molar [energía/mol] son

- A. composición y presión.
- B. temperatura y presión.
- C. flujo molar y temperatura.
- D. temperatura y composición.

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

El análisis de grados de libertad indica que únicamente se requieren dos variables intensivas independientes, por lo tanto para calcular la energía del intercambiador $E-401$ por unidad molar se requiere la temperatura y la presión.

Pregunta 2

Para mantener el funcionamiento isotérmico del equipo $R-401$ durante el proceso de producción de acetona, la corriente del reactor a la que se debe medir su temperatura y la corriente del sistema de calentamiento a la que se debe controlar su flujo son

- A. 2 y 3.
- B. 2 y 4.
- C. 5 y 4.
- D. 5 y 3.

Clave C

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

La temperatura de la corriente 5 es el resultado del calor de reacción y del calentamiento externo dado por la corriente 4, por lo tanto el procedimiento para mantener el funcionamiento isotérmico del reactor R-401 es medir temperatura de la corriente 5 y controlar el flujo de la corriente 4.

Pregunta 3

Se ha determinado que para minimizar el volumen del reactor R-401 conviene utilizar uno de flujo pistón (PFR). Esta decisión se toma con base en las especificaciones técnicas de

- A. selectividad.
- B. temperatura.
- C. conversión.
- D. rendimiento.

Clave C

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

Para cualquier trabajo particular y para todos los órdenes positivos de reacción, el reactor de menor volumen es el PFR. Esto se deduce relacionando las ecuaciones de los reactores en función de la conversión para la reacción dada.

$$r_{(kgmol/m^3catalizador \cdot s)} = 3.51 \times 10^5 \cdot e^{\left(\frac{-72380 (kJ/kgmol)}{RT}\right)} C_{c_3H_8O}$$

Además, la conversión tiene que ver con el grado de conversión de una reacción, que por lo regular es el porcentaje o fracción del reactivo imitante que se convierte en productos.

Pregunta 4

En el diseño del recipiente separador V-401 se sabe que la corriente 6 contiene: hidrógeno, acetona, agua y alcohol isopropílico. Suponiendo que la presión de vapor se puede modelar según la ecuación de Antoine [$\ln P_{\text{sat}} = A - B/(T + C)$] y el equilibrio se describe apropiadamente por medio de la ley de Raoult [$K = y/x = P_{\text{sat}}/P$], para obtener la mayor cantidad posible de acetona en la corriente 8, las condiciones de temperatura y presión más apropiadas son

- A. 365 K y 200 kPa.
- B. 365 K y 190 kPa.
- C. 370 K y 200 kPa.
- D. 370 K y 190 kPa.

Clave A

Afirmación

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

Justificación

Dado que el sistema cumple la ley de Raoult y se busca minimizar el valor de $K = y/x = P_{\text{sat}}/P$, y sabiendo que la presión de saturación incrementa con la temperatura, las condiciones buscadas son la temperatura más baja y la presión más alta de las condiciones dadas.

Pregunta 5

La torre de absorción $T-401$ maneja un flujo de agua equivalente a 1,5 veces el flujo mínimo. Para la determinación del flujo mínimo se requiere la masa y la composición de las corrientes

- A. 7 y 10.
- B. 7 y 11.
- C. 9 y 10.
- D. 10 y 11.

Clave B

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

Al especificar las condiciones de masa y composición de las corrientes 7 y 11 se establecen las condiciones para resolver los balances de masas correspondientes a las condiciones de flujo de agua mínimo.

Pregunta 6

El funcionamiento de la torre de destilación $T-402$ se puede verificar mediante un modelo apropiado para el que se definen, además de la información de la corriente 12, las siguientes condiciones de operación:

- A. Presión de la torre, flujo de la corriente 14 y relación de reflujo.
- B. Flujo de la corriente 13, relación de reflujo y calor en el condensador.
- C. Presión de la torre, calor en el rehervidor y la revelación de reflujo.
- D. Temperatura de la corriente 13, relación de reflujo y calor en el rehervidor.

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 Al definir la condición termodinámica de la presión se establecen las condiciones del equilibrio, definiendo los flujos de corrientes 13 y 14 permiten resolver los balances de masa, de esta forma la torre T-402 queda completamente especificada.

Pregunta 7

En el diseño de la torre de destilación de platos *T-402* se conoce la relación de reflujo establecida y se emplea la corriente 12 como una alimentación líquida saturada de composiciones molares conocidas. De acuerdo con la información anterior, las condiciones de operación de la corriente 12 y la relación de reflujo que permitirían reducir el número de etapas ideales, corresponden a

- A. Vapor saturado y una relación de reflujo mínima.
- B. Líquido subenfriado y una relación de reflujo menor que la establecida.
- C. Líquido saturado y una relación de reflujo constante.
- D. Vapor saturado y una relación de reflujo mayor que la establecida.

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 En el diseño de torres de destilación una condición entálpica más alta en el alimento y una relación de reflujo mayor conducen a menor número de etapas ideales de separación.

