



La educación  
es de todos

Mineducación



# Guía de orientación Saber Pro .. 2020 ..

**Módulo de diseño de procesos industriales**



**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, 2020.

Todos los derechos de autor reservados.

Bogotá, D. C., mayo de 2020



**Directora General**

Mónica Patricia Ospina Londoño

**Secretario General**

Ciro González Ramírez

**Directora de Evaluación**

Natalia González Gómez

**Director de Producción y Operaciones**

John Múnera Estupiñan

**Director de Tecnología**

Carlos Alberto Sánchez Rave

**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

**Subdirectora de Estadísticas**

Jeimy Paola Aristizabal Rodríguez



## 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.



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 García  
María Angélica Piñeros Rivera

#### Corrección de estilo

Juan Camilo Gómez Barrera

#### Diseño de portada y diagramación

Linda Nathaly Sarmiento Olaya

#### Fotografía portada

[https://www.freepik.es/foto-gratis/fabrica-contemporanea-enologo\\_1631452.htm](https://www.freepik.es/foto-gratis/fabrica-contemporanea-enologo_1631452.htm)

#### Equipo de gestores de pruebas Icfes

#### Diseño de procesos industriales

Óscar Galindo Vesga  
Óscar Libardo Lombana  
Luis Alfredo Posada Delgado  
Ómar Javier Tijaro Rojas

---

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

#### Diseño de procesos industriales

Rubén Camargo  
Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez  
Hugo Ricardo Zea

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

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfe) 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.ices.gov.co](http://www.ices.gov.co). Dichos materiales y documentos están normados por la presente política y están protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfe. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo [prensaices@ices.gov.co](mailto:prensaices@ices.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.

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

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Icfe. Por tanto, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfe con signos idénticos o similares respecto de 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 Icfe. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y, en su caso, penalmente, de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

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

***El Icfe 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, de modo que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia respecto de las obras originales de que aquellas requieren para su realización de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etcétera. En este caso, el Icfe prohíbe la transformación de esta publicación.



## 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 los distintos niveles del servicio educativo. También establece que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) defina lo que debe evaluarse en estos exámenes.

Para cumplir con lo anterior, el Icfes ha avanzado en la alineación del Sistema Nacional de Evaluación Externa Estandarizada (SNEE), que posibilita la comparación de los resultados en distintos niveles educativos, ya que los diferentes exámenes evalúan las mismas competencias en algunas de las áreas que

los conforman, y más específicamente, en las competencias genéricas<sup>2</sup>.

El Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, está compuesto por módulos de competencias genéricas y específicas; las primeras se entienden como aquellas que deben desarrollar todos los estudiantes sin distinción de su área de formación, mientras que las específicas se ofertan según el grupo de referencia asociado a cada programa académico.

### ¿Para qué sirve esta guía?

Hemos creado esta guía de orientación para que los docentes, directivos de

instituciones de educación superior (IES) y los demás interesados en el examen Saber Pro, puedan acceder a la información básica sobre las especificaciones de este módulo específico.

### ¡Tenga en cuenta!

Además de esta guía de orientación, enfocada en este módulo específico, usted puede acceder a las guías de orientación de los módulos genéricos y de los demás módulos específicos. Este material lo puede consultar en la **página web** del Icfes.

- 1 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.
- 2 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)



# Especificaciones de los Módulos en diseño en ingeniería

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, que incluye la generación, evaluación sistemática y puesta a prueba de especificaciones para la creación de artefactos, sistemas, procesos e infraestructura, cuya forma y función permiten lograr unos objetivos establecidos y satisfacer una serie de restricciones especificadas a partir de una necesidad o situación problemática.

El diseño de un producto tecnológico en ingeniería tiene las siguientes características:

- ▶ Es una estrategia para resolver cierto tipo de problemas desde la perspectiva de la concepción de productos tecnológicos.
- ▶ Es un proceso iterativo de toma de decisiones.

- ▶ Es un problema abierto, débilmente estructurado, con múltiples soluciones.
- ▶ Para el caso de ingeniería, el producto final de la actividad de diseño es un producto tecnológico, entendido como un artefacto, un proceso o un sistema que debe ser operado económicamente y que cumple con especificaciones y restricciones.
- ▶ 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. Un artefacto implica la transformación de la materia para generar elementos con funcionalidades y características nuevas que buscan resolver necesidades existentes o potenciales.
- ▶ La utilización intensiva explícita o implícita del conocimiento matemático y científico es un pilar de todo proceso de diseño en ingeniería.

- ▶ El desarrollo cognitivo que se requiere para diseñar tiene un componente transversal a las especialidades de ingeniería.

A continuación, presentamos la estructura de evaluación del módulo, discriminada por las competencias, afirmaciones y evidencias que lo componen. La competencia es la categoría más grande y general, esta se desagrega en afirmaciones, y estas a su vez se componen de evidencias.

Las competencias son las habilidades necesarias para aplicar de manera flexible los conocimientos en diferentes contextos. En este sentido, enfrentarse al examen Saber Pro no significa solamente conocer conceptos o datos, si no que implica saber cómo emplear dichos conceptos para resolver problemas en situaciones de la vida cotidiana en los diferentes campos profesionales.

Para cada competencia se establecen una o más afirmaciones, entendidas como cada una de las descripciones de aquello que se espera que un estudiante esté en capacidad

de hacer cuando ha desarrollado una competencia. Las afirmaciones, a su vez, se componen de evidencias; estas últimas son enunciados que representan acciones o ejecuciones observables, mediante las cuales es posible verificar si el evaluado ha desarrollado lo relacionado con la afirmación a la que pertenece.

Para consultar la metodología usada en la construcción de los módulos y pruebas de los exámenes Saber, le invitamos a dar clic **aquí**.



## A. Competencia evaluada en los módulos en diseño en ingeniería

Con el fin de evaluar la competencia de los estudiantes en relación con el diseño en

ingeniería se definieron 8 módulos para el diseño:

- ▶ Diseño de obras de infraestructura.
- ▶ Diseño de procesos industriales.
- ▶ Diseño de sistemas de control.
- ▶ Diseño de sistemas mecánicos.
- ▶ Diseño de sistemas productivos y logísticos.
- ▶ Diseño de *software*.
- ▶ Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental.
- ▶ 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. Por ello, la prueba exige un nivel de conocimientos y 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 incluyen casos (situaciones problema) de los que se desprenden varias preguntas; de igual forma, también incluyen preguntas individuales, es decir, que no están unidas a un caso. Para la descripción de cada caso se hace uso de textos, gráficas, tablas, esquemas, ecuaciones o de cualquier otro tipo de representación que le permitan al estudiante entender la problemática que se plantea y resolver las preguntas que se formulan. 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 de diseño de procesos industriales

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.

El módulo se compone de 30 preguntas de selección múltiple con única respuesta,

y se realiza en la segunda sesión. En esta sesión, aquellos evaluados que tomen **combinatorias** con dos y tres módulos específicos contarán con un tiempo máximo de 4 horas y 30 minutos.

► **Combinatorias:** Agrupaciones de módulos genéricos o específicos.

Las afirmaciones y evidencias en las que se desagrega la competencia evaluada en este módulo, se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1.** Afirmaciones y evidencias del módulo

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

## 1. Productos tecnológicos objeto del diseño de procesos industriales

Algunos ejemplos de productos tecnológicos (artefactos, sistemas o procesos) que pueden ser planteados en las preguntas de este módulo son:

- ▶ Procesos de transformación de materias primas.

- ▶ Plantas de transformación o de proceso.
- ▶ Reactores químicos.
- ▶ Equipos de separación o mezclado.
- ▶ Intercambiadores de cantidad de movimiento y logística.
- ▶ Intercambiadores masa y energía.
- ▶ Diagramas de flujo que establecen condiciones de operación.

## 2. Áreas conceptuales de referencia

Se deben tener bases conceptuales para definir 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.

Se espera que el estudiante demuestre dominio de contenidos referenciales como los indicados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Contenido referencial

Contenido referencial	Subtemas
Diseño de reactores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cinética y mecanismos de reacción.</li><li>• Análisis de datos cinéticos.</li><li>• Identificación y selección de reactores (tipo).</li><li>• Dimensionamiento y comportamiento de reactores (balance de masa, balance de energía, termodinámica, comportamiento, rendimiento, eficiencia, selectividad, entre otros).</li></ul>
Diseño y análisis de procesos industriales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación y categorización de procesos químicos, físicos y bioquímicos.</li><li>• Definición y caracterización de materia prima, producto intermedio y producto terminado.</li><li>• Identificación y selección de operaciones unitarias y procesos de transformación.</li><li>• Selección y dimensionamiento básico de equipo.</li><li>• Análisis de procesos.</li><li>• Optimización de procesos (intensificación, integración).</li></ul>
Diseño de equipos y plantas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dimensionamiento de equipos.</li><li>• Planificación y distribución en planta.</li><li>• Seguridad industrial.</li><li>• Especificaciones y selección de materiales.</li><li>• Instrumentación y control de procesos.</li><li>• Índice de costos.</li></ul>



Para familiarizarse más con el módulo:

- Descargue **aquí** el cuadernillo con preguntas de aplicaciones anteriores del examen.
- Descargue **aquí** ejemplos de preguntas que explican el paso a paso para responderlas correctamente.



específicos ofertadas por el Icfes, según lo considere pertinente para cada uno de sus programas.

En este sentido, es importante aclarar que las IES pueden decidir que sus estudiantes no tomen ninguno de los módulos específicos que oferta el Icfes y de esta manera, solo deberán presentar los módulos genéricos de la primera sesión.

Esta clasificación permite a los evaluados comparar sus resultados en cada módulo, genérico o específico, con los obtenidos por evaluados de otros programas del mismo grupo de referencia. Así mismo, es útil para delimitar la oferta de combinatorias que brinda el Icfes a los diferentes programas.

El Módulo de diseño de procesos industriales se oferta a los programas asociados al grupo de referencia (NBC) de Ingeniería química y afines.

## C. ¿A quién se dirige el módulo?

Los módulos específicos, como diseño de procesos industriales, están dirigidos únicamente a estudiantes que hayan aprobado por lo menos el 75 % de los créditos académicos del programa profesional universitario que cursan, que presenten el examen por primera vez y que sean inscritos directamente por su IES en estos módulos. Cada IES tiene la posibilidad de seleccionar una de las combinatorias de módulos

### ¡Tenga en cuenta!

El Icfes ha dispuesto, conforme a la **resolución 395** del 12 de junio del 2018, que los grupos de referencia (clasificación de programas académicos con características de formación similares) están definidos por la combinación del Núcleo Básico del Conocimiento (NBC) y el nivel de formación establecido para cada programa académico de acuerdo con la clasificación SNIES.

Para conocer las combinatorias de módulos específicos ofertadas a cada grupo de referencia (NBC) por nivel de formación, le invitamos a dar clic **aquí**.



## Información importante

La información relativa al Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, que no se encuentre en esta guía de orientación (como aquella referida al proceso de registro, al calendario o a los resultados), se debe consultar en los vínculos correspondientes en el sitio web y redes sociales.

[www.icfes.gov.co](http://www.icfes.gov.co)

