



GUÍA DE
ORIENTACIÓN

Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de Obras de Infraestructura 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 Obras de Infraestructura

Juan Francisco Velásquez Posada

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 Obras de Infraestructura

Ciro Jaramillo Molina
José Luis García Vélez
Luis Felipe Prada Sarmiento
Pedro Nel Quiroga Saavedra

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 Obras de Infraestructura	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	18



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 Obras de Infraestructura	40	90 minutos

III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

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

Las obras necesarias para proveer a la población de servicios públicos esenciales se denominan obras de infraestructura. Así, las carreteras, los puertos, los puentes y los túneles, permiten el transporte de bienes y pasajeros; los acueductos y los alcantarillados: el abastecimiento de agua potable y la evacuación de las aguas servidas; los embalses, los túneles a presión y las máquinas hidráulicas: la generación de energía hidroeléctrica; los sistemas de sostenimiento y las medidas de protección morfológica de los terrenos: la sostenibilidad ambiental; las estructuras, los cimientos y las instalaciones: los edificios públicos como hospitales, escuelas, plantas y otras obras públicas.

El diseño de obras de infraestructura es un proceso complejo de concepción, análisis, creatividad e ingenio, cálculo y discernimiento, que se traduce en una ubicación precisa, unas memorias de cálculo, unas especificaciones técnicas y unos planos detallados, mediante los cuales se pueda materializar una obra para cumplir con las necesidades de la comunidad y para garantizar su estabilidad, durabilidad y funcionalidad, tanto en condiciones corrientes como en presencia de eventuales amenazas naturales.

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 técnicas 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, ético y ambiental.	2.1 Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de entrada de diseño.
	2.2 Compara alternativas de solución de acuerdo con criterios determinados.
	2.3 Selecciona la alternativa de solución más adecuada.
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 cumpla con las especificaciones técnicas de diseño.

1. Productos tecnológicos objeto del diseño de obras de infraestructura

Infraestructura de transporte: Las carreteras, puentes, túneles, canales, aeropuertos, vías férreas y puertos (los cuales habilitan el transporte de bienes y pasajeros).

Edificaciones públicas: las estructuras, los cimientos y la fontanería son básicos para la construcción de edificios públicos y privados (como hospitales, escuelas, viviendas, entre otros).

Acueductos y alcantarillados: los acueductos y alcantarillados permiten el abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas servidas. Los embalses, presas y los túneles a presión son utilizados para la generación hidroeléctrica. También se incluyen las obras de defensa y mitigación de riesgos hidráulicos y geotécnicos.

2. Áreas conceptuales de referencia

El módulo exige el manejo y aplicación de conocimientos relacionados con los fundamentos culturales, sociales, económicos y geográficos que permitan justificar la necesidad y la magnitud de las obras requeridas de infraestructura; de ciencias naturales como física clásica, geología e hidrología para ingenieros; de ciencias de la ingeniería como mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, mecánica de suelos, resistencia de materiales y los materiales de construcción.

Asimismo, requiere el manejo de herramientas de ingeniería como dibujo, topografía y cálculo numérico básico; de ingeniería estructural, ingeniería hidráulica, ingeniería geotécnica, ingeniería de carreteras, acueductos y las plantas de tratamiento, sistemas de conducción y construcción que incluyen los aspectos relacionados con programación de obra, presupuesto y métodos constructivos convencionales.

C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de Obras de Infraestructura 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
Construcciones Civiles
Ingeniería Civil
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
<p>1 Puntaje en el módulo de 0 a 130</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel podría reconocer los elementos que definen un problema de obras de infraestructura, recordando e identificando conceptos de las ciencias aplicados a la ingeniería civil para encontrar la alternativa de solución adecuada bajo alguna condición establecida.</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel podría:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer criterios de diseño a partir de conceptos de las ciencias aplicados a la ingeniería civil. • Identificar variables y restricciones de un problema a partir de la información disponible. • Seleccionar alternativas de solución a un problema, bajo el criterio establecido, que permita cumplir con una restricción.
<p>2 Puntaje en el módulo de 131 a 156</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel aplica conceptos de ingeniería civil para seleccionar, mediante la comprensión y el análisis de información, una alternativa de solución que cumple con una serie de restricciones.</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"> • Identifica a partir de la información las variables relevantes para la selección de una alternativa de solución a un problema. • Aplica conceptos técnicos y criterios para darle solución a problemas específicos de ingeniería civil. • Realiza e interpreta cálculos para la solución de problemas. • Compara y selecciona alternativas que cumplan con las restricciones planteadas en un problema.
<p>3 Puntaje en el módulo de 157 a 196</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel identifica problemas de diseño comprendiendo y analizando los efectos de las variables involucradas, priorizando criterios y discriminando información para evaluar alternativas de solución.</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"> • Interpreta conceptos de diseño a partir de la información suministrada. • Deriva a partir de los conceptos inferidos y la contrastación con la información suministrada la alternativa de diseño. • Analiza las implicaciones y el alcance de las alternativas, así como las interrelaciones entre las condiciones involucradas. • Determina especificaciones del producto de infraestructura a partir de cálculos consecutivos. • Prioriza criterios para seleccionar la alternativa de solución más adecuada a un problema.
<p>4 Puntaje en el módulo de 197 a 300</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel verifica el cumplimiento de especificaciones, evalúa el desempeño del producto de infraestructura de acuerdo con cambios en las restricciones de diseño y recomienda ajustes de acuerdo a las condiciones establecidas.</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"> • Evalúa en el diseño del producto de infraestructura el cumplimiento de las especificaciones suministradas y las restricciones del entorno. • Recomienda ajustes al diseño del producto de infraestructura. • Evalúa el comportamiento del diseño del producto de infraestructura frente a cambios en las especificaciones y restricciones. • Discrimina y sintetiza la información útil y necesaria para evaluar el diseño de un producto de infraestructura.

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 2

El cañón del río Bravo, entre las ciudades de Soledad y La Mesa, que se mantenía prácticamente en estado natural, será intervenido próximamente por la necesidad inaplazable de comunicar estas dos ciudades mediante una carretera.

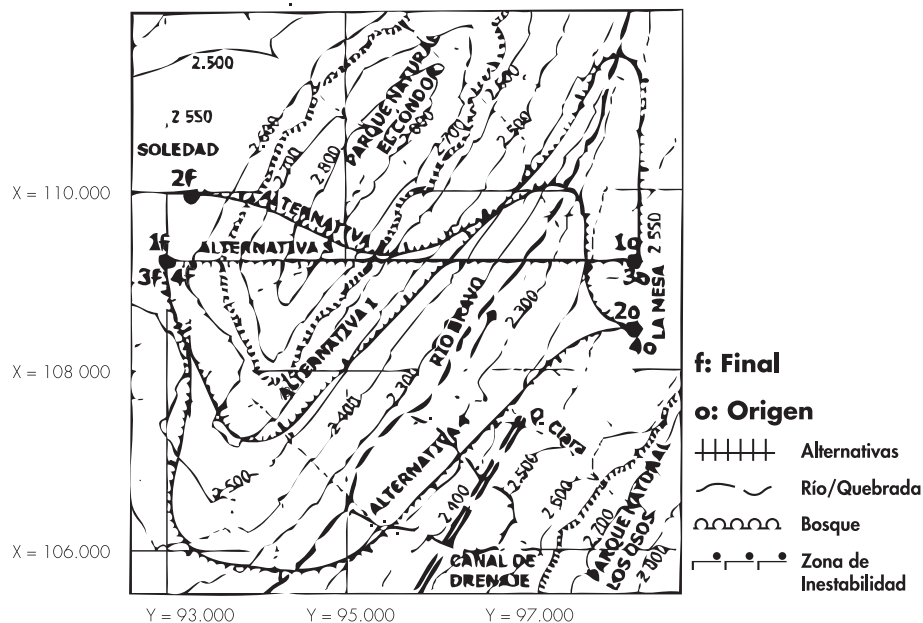


Figura 1. Plano topográfico del cañón del río Bravo con las alternativas para la construcción de la carretera Soledad - La Mesa (todas las coordenadas espaciales están en metros).

En esta región, con un potencial de desarrollo inmenso, en el futuro se va a construir un proyecto hidroeléctrico con un muro de presa aguas abajo de las ciudades mencionadas y un embalse que inundará el cañón hasta la cota 2.315msnm. Por ese motivo no se permitirá que ninguna obra se encuentre por debajo de la cota 2.323 msnm.

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 2

Se cuenta con un estudio de prefactibilidad que plantea cuatro alternativas para la carretera en cuestión, como se muestra en la figura 1.

En la figura 2 se muestran los perfiles longitudinales de las cuatro alternativas acompañados del abscisado desde la ciudad de La Mesa.

Geológicamente, la región está sobre una formación muy uniforme de rocas sedimentarias, en una alternancia de areniscas tiernas y arcillolitas.

En el sector suroriental, abajo del Parque Natural Los Osos, el nivel de escorrentía es muy alto. Por ese motivo se ha decidido construir un canal de sección semicircular para captar esas agua y proteger la ladera, independientemente de que se opte construir la alternativa 4.

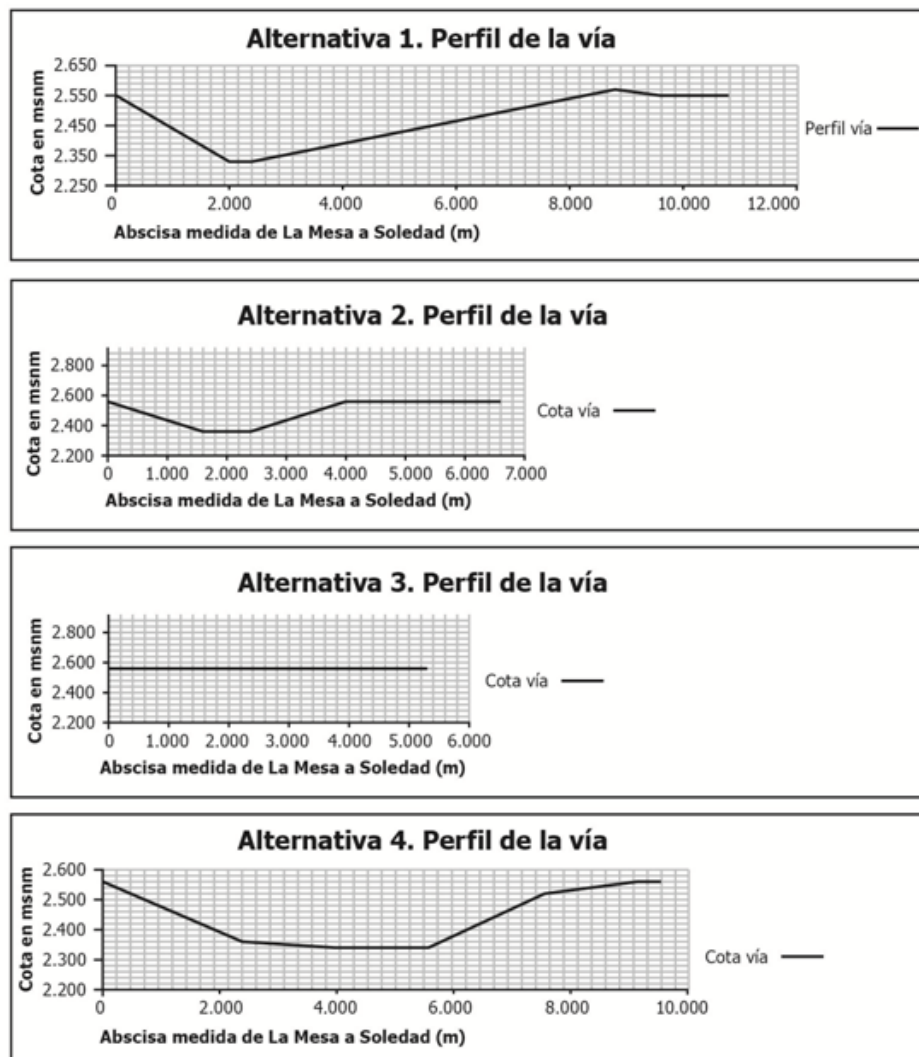


Figura 2. Perfiles longitudinales de las diferentes alternativas.

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 2

Los análisis de cimentaciones ejecutados en los estudios de prefactibilidad se resumen en el ábaco de diseño de la figura 3. En ese ábaco se muestran los lugares geométricos de esfuerzo de cimentación contra el ancho de zapatas cuadradas para diferentes niveles de asentamientos en cm.

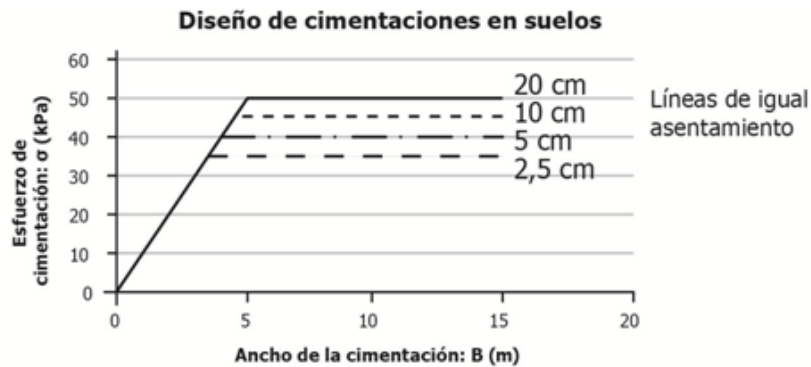


Figura 3. Esfuerzo admisible contra ancho de cimentación.

Pregunta 1

En la construcción de las cimentaciones en suelo de los estribos de los puentes se van a emplear zapatas cuadradas para soportar cargas verticales Q de 4.000 kN. Las especificaciones del diseño del puente establecen que el asentamiento máximo permisible, $\delta_{\text{máx}}$, es 5cm. Para verificar los estudios de prefactibilidad se decidió hacer una prueba de carga muy sofisticada sobre una zapata cuadrada de 1 m de ancho. En es prueba se encontró que el módulo de elasticidad equivalente del suelo era $E_s = 7,5 \times 10^3$ kPa.

Si en este caso el asentamiento se puede expresar como $\delta = \frac{\sigma \cdot B \cdot (1 - \nu_s^2)}{E_s}$

donde, la relación de Poisson del suelo, es de aproximadamente 0,5. Según estos resultados se puede afirmar que, para la carga de 4.000 kN, los estudios de refactibilidad

- A. son exageradamente conservadores.
- B. están por el lado inseguro del diseño.
- C. son razonablemente confiables.
- D. son muy precisos.

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.

Continúe en la siguiente página

Para interpretar la prueba de carga se debe reemplazar la Ecuación N.º 1 en la N.º 2, utilizar los valores de v y de B para la prueba y obtener el Módulo de Young del suelo E_s :

$$10^4 \times \sigma = \frac{\sigma \times 1.0 \times (1-0.5^2)}{E_s}, \text{ con lo que:}$$

$$E_s = \frac{0,75}{10^4} \quad \text{ó} \quad \underline{E_s = 7.5 \times 10^3 \text{ KPa}} \quad (3)$$

Este es el valor más confiable del módulo.

En la cimentación real, cargada con 4000 KPa, el esfuerzo de cimentación es:

$$\sigma = \frac{4000}{B} \quad (4)$$

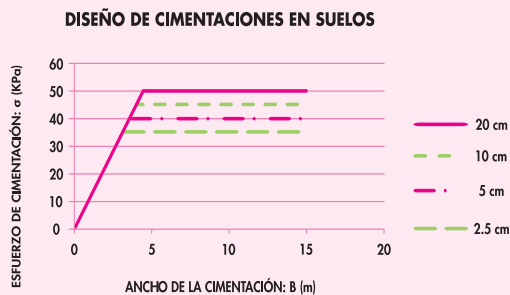
Según el ábaco de diseño que se muestra en el contexto, y que se reproduce abajo, para un asentamiento de 5 cm, que es el máximo permitido, se requiere que el esfuerzo de cimentación sea de 40 KPa. Reemplazando este valor en la Ecuación N.º 4:

Justificación

$$40 = \frac{4000}{B} \Rightarrow B^2 = 100 \Rightarrow B = 10 \text{ m} \quad (5)$$

El diseño prevé entonces que el ancho de cimentación sea de 10 m.

Reemplazando estos últimos valores en la Ecuación N.º 2 se obtiene el asentamiento que sugieren los buenos resultados de la prueba de carga; esto es:



$$\delta = \frac{40 \text{ KPa} \times 10 \text{ m} \times (0.75)}{7.5 \times 10^3 \text{ KPa}} \Rightarrow \delta = 0.04 \text{ m} \quad \text{ó} \quad \delta = 4 \text{ cm}$$

Como el máximo asentamiento permitido es de 5 cm, se concluye que los estudios de prediseño son razonablemente confiables; es decir, con esos estudios el asentamiento sería de 5 cm, pero en realidad se esperarían 4 cm. Por tanto, la clave es la opción C.

Pregunta 2

En los cortes viales identificados como potencialmente inestables se van a colocar mojoneros para el control topográfico, a manera de sistema de instrumentación para vigilar la estabilidad de los taludes. Periódicamente se tomarán datos de desplazamiento y se graficarán contra el tiempo.

La condición que indique inminencia de falla se presentará cuando la curva sea

- A. cóncava hacia arriba.
- B. recta con pendiente negativa.
- C. cóncava hacia abajo.
- D. una recta paralela al eje del tiempo.

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

La pendiente de la curva de desplazamiento contra tiempo es igual a la velocidad del movimiento del talud. Si esa velocidad es creciente, la curva es cóncava hacia arriba y la posibilidad de un deslizamiento es inminente. Por ello la clave es la A.

Pregunta 3

La condición de mayor inestabilidad de laderas se presenta en la alternativa.

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

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 el plano topográfico de la Figura N.º 1 del contexto, se aprecia en el cuadrángulo comprendido entre las ordenadas $X=10.600$ m y $X=10.800$ m y las abscisas $Y=95.000$ m y $Y=97.000$ m, un deslizamiento inmenso. El retroceso de las líneas de nivel hacia la parte alta (cota 2.500 msnm) y su adelantamiento en la parte baja, que ocasionan incluso el desplazamiento del río Bravo contra la ladera occidental, son una demostración indiscutible de un proceso de movimiento de masas de tierra que se desprenden de la parte alta y se acumulan hacia abajo. La alternativa N.º 4, entre las abscisas K2+500 y K3+800, pasa sobre ese deslizamiento. Como eso no se puede permitir directamente, es necesario estabilizar el talud o eludir el problema. Una forma de eludirlo es desviando el trazado o construyendo un viaducto (puente) que garantice que la vía no estará en contacto con el terreno. Si se construye el perfil del terreno en esa parte de la vía se obtiene la siguiente figura en que se observa la zona del deslizamiento dentro de un rectángulo. El solo trazado sugiere que se ha pensado en un viaducto. También podría pensarse en construir un terraplén; claro que construir un relleno sobre un deslizamiento es descabellado, a menos que se construya un muro de contención.



Pregunta 4

Para el diseño del canal de drenaje ubicado bajo el Parque Natural Los Osos, que impide el flujo de agua hacia la carretera, se cuenta con la fórmula de energía que establece que la pendiente de la línea de profundidad del fluido sobre el piso del conducto contra la longitud del conducto es:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{m \cdot \frac{Q^2}{c^2 A^2 R_h} \left(1 + \frac{c^2 R_h}{gA} \frac{dA}{dx} \right)}{(1 - F_r^2)}$$

Donde m es la pendiente del conducto c el número de Chézy y g la aceleración de la gravedad.

Las especificaciones exigen la utilización de tuberías de sección circular con diámetro constante D y permiten el dimensionamiento considerando flujo uniforme y superficie libre en la mitad de los tubos.

Para el cálculo de la velocidad de flujo, en la ecuación anterior hay que tener en cuenta que:

- A. $\frac{dh}{dx} = 1,0$; $R_h = \frac{D}{4}$ y $\frac{dA}{dx} = 1,0$ B. $\frac{dh}{dx} = 1,0$; $R_h = \frac{D}{2}$ y $\frac{dA}{dx} = 0,0$
- C. $\frac{dh}{dx} = 0,0$; $R_h = \frac{D}{2}$ y $\frac{dA}{dx} = 1,0$ D. $\frac{dh}{dx} = 0,0$; $R_h = \frac{D}{4}$ y $\frac{dA}{dx} = 0,0$

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 flujo uniforme el nivel del agua h sobre el piso del conducto es constante; por tanto:

$$\frac{dh}{dx} = 0$$

Como el área del flujo es igualmente constante, tiene que darse que:

$$\frac{dA}{dx} = 0$$

El Radio Hidráulico R_h es el cociente entre el área y el perímetro mojado. En este caso en que se trata de tubos con agua hasta la mitad, el área es:

$$A = \frac{\pi D^2}{8}$$

y el Perímetro Mojado:

$$P = \pi \cdot \frac{D}{2}$$

La división es:

$$R_h = \frac{D}{4}$$

Pregunta 5

Si se conocen tanto la velocidad de diseño, $V = 72$ Km/hora, como la masa del vehículo de diseño, $m = 1.000$ Kg, y se teme que en condiciones muy críticas el coeficiente de fricción llantas-pavimento pueda reducirse sensiblemente hasta un valor de $f = 0,1$, habría que descartar, por el peligro de que el vehículo se salga de la vía, las alternativas

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

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

Para que un vehículo se salga de la vía es necesario que haya una curva en la carretera, o que el conductor gire voluntaria o involuntariamente, o que se presenten desperfectos mecánicos que hagan que el carro cambie de dirección. Como aquí estamos haciendo referencia al diseño de carreteras, la atención debe centrarse en las características de las curvas que contemplen las diferentes alternativas. Es decir, el problema se relaciona con los radios de curvatura, o con la curvatura, que es el inverso del radio.

Continúe en la siguiente página

Un vehículo que se desplace con velocidad V sobre una curva de radio de curvatura R , estará sometido a una aceleración centrífuga de:

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

Consecuentemente, la fuerza centrífuga será:

$$F_c = m \cdot a_c \therefore F_c = m \frac{V^2}{R}$$

en que m es la masa del vehículo.

Para resistir esa fuerza se cuenta con la fricción llantas-pavimento. Esa fuerza es igual al peso del vehículo multiplicado por el coeficiente de fricción; esto es:

$$F_f = m \cdot g \cdot f$$

en que g es la aceleración de la gravedad.

Igualando las dos fuerzas, F_c y F_f y despejando el radio de curvatura, se obtiene:

$$R = \frac{V^2}{g \cdot f}$$

En el problema:

$$V = 72 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \left[\frac{1000\text{m}}{1\text{Km}} \right] \left[\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right] \therefore V = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ ó, aproximadamente, } g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

En consecuencia:

$$R = \frac{400 \text{ m/s}^2}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1} \therefore R = 400\text{m}$$

RADIOS IGUALES O MENORES A 400M OCASIONARÍAN QUE LOS CARROS, INDEPENDIENTEMENTE DE SU MASA, SE SALGAN DE LA VÍA SI VIAJAN A 72 km/h.

Si uno mide aproximadamente los radios de curvatura en las diferentes alternativas, notando que en el plano están dibujados los radios pero no aparecen sus magnitudes, se tiene:

ALTERNATIVA	ABSCISA	RADIO DE CURVATURA Aprox. (m)
1	Km 2+300	300!!
	Km 3+500	>1000
	Km 8+400	400!
	Km 10+400	>1000
2	Km 0+400	500
	Km 2+000	350!!
	Km 4+300	>1000
	Km 5+800	>>1000
3	(Es recta)	Infinito en toda su longitud
4	Km 0+600	>1000
	Km 4+500	>1000
	Km 6+200	600
	Km 8+000	>1000
	Km 9+000	>1000

i : peligrosidad, radios menores a 400m

Debe notarse que los estudiantes no deben construir esta tabla. Eso se ve a simple vista.

Como se ve en la tabla, solo en las alternativas 1 y 2 hay radios menores a 400m, que es el critico. En consecuencia, la clave es la B.

Pregunta 6

Si se conocen tanto la velocidad de diseño, $V = 72$ Km/hora, como la masa del vehículo de diseño, $m = 1.000$ Kg, y se teme que en condiciones muy críticas el coeficiente de fricción llantas-pavimento pueda reducirse sensiblemente hasta un valor de $f = 0,1$, habría que descartar, por el peligro de que el vehículo se salga de la vía, las alternativas

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

Clave B

Afirmación

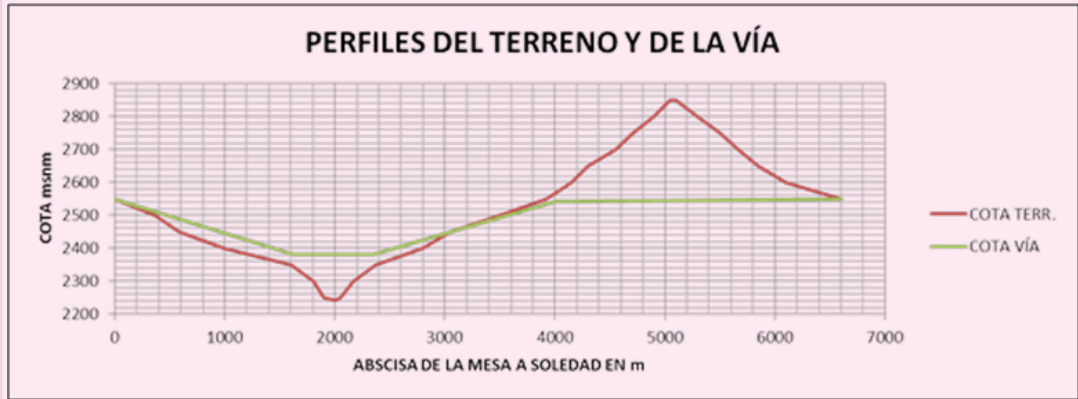
Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.

Justificación

En el plano topográfico resalta la prominente elevación del Parque Natural el Cóndor que está a una cota superior a los 2.800 m.s.n.m. En promedio las carreteras tienen una cota cercana a los 2.550 m.s.n.m. Obviamente, las alternativas que encuentran en la zona de ese parque están a una profundidad de alrededor de 300 m bajo el nivel del terreno. Sin duda, se requiere de un túnel.

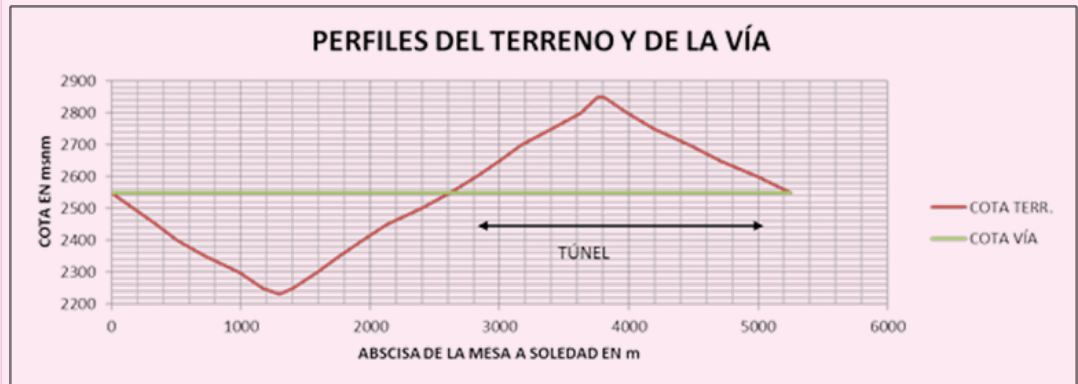
Observando el plano topográfico y contrastándolo con los perfiles de las vías, es bastante claro que en las alternativas 2 y 3, en la vertiente occidental del río Bravo, se deberían hacer excavaciones del orden de 300 m de profundidad. Con todo detalle, aunque no es necesario hacerlo obligatoriamente, eso se haría evidente al sobreponer los perfiles del terreno y de la vía como se muestra a continuación:

Alternativa N.º 2



Justificación

Alternativa N.º 3



Pregunta 7

Si el máximo momento flector de fluencia disponible en forma segura y económica para la estructura del tablero de los puentes es $M_f = 40 \cdot 10^5$ kN.m, el tablero se asimila a una viga simplemente apoyada y uniformemente cargada con una fuerza $w = 50$ kN/m, el puente más largo que se podría construir es el de la alternativa

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

Clave **B**

Afirmación

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

Justificación

Una viga simplemente apoyada, de longitud L y sometida a una carga uniforme w por metro de longitud, tiene unas reacciones en los apoyos de:

$$R = \frac{wL}{2}$$

Por ello, el momento flector a cualquier distancia x del apoyo estará dado por: $M = \frac{wL^2}{2} (\xi)(1-\xi)$, en que

$$\xi = \frac{x}{L}$$

Como el máximo momento se presenta en el centro de la luz ($\xi=0,5$) entonces

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

Si en la anterior expresión el momento máximo se reemplaza por el de fluencia y se despeja L se obtiene que:

$$L = \sqrt{\frac{8M_f}{w}}$$

Reemplazando los valores dados del momento de fluencia y de la carga por unidad de longitud, se obtiene que:

$$L = \sqrt{\frac{8 \cdot 40 \cdot 10^5}{50}} \quad \text{ó} \quad L = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,8 \cdot 10^5}{1}} \quad \text{ó} \quad L = \sqrt{8 \cdot 8 \cdot 10^4} \quad \text{ó, finalmente, } L=800\text{m}$$

Las longitudes aproximadas de los puentes, extraídas de los perfiles, según la alternativa de que se trate como subíndice, son:

$$L_1=400\text{m}, L_2=800\text{m}, L_3=2600\text{m} \text{ y } L_4=1800\text{m}.$$

Por ello, el puente más largo que se puede construir es el de la Alternativa No. 2 que tiene, justamente, 800m de longitud

