



GUÍA DE
ORIENTACIÓN

Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de sistemas productivos
y logísticos

2017

Presidente de la República
Juan Manuel Santos Calderón

Ministra de Educación Nacional
Yaneth Giha Tovar

Viceministra de Educación Superior
Natalia Ruiz Rodgers

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

Directora General
Ximena Dueñas Herrera

Secretaria General
María Sofía Arango Arango

Director de Evaluación
Hugo Andrés Gutiérrez Rojas

Director de Producción y Operaciones
Giovany Babativa Márquez

Directora de Tecnología
Ingrid Picón Carrascal

Jefe Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo
Ilba Janneth Cárdenas Fonseca

Jefe Oficina Gestión de Proyectos de Investigación
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirector de Producción de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirectora de Diseño de Instrumentos
Luisa Fernanda Benavides Reina

Subdirector de Estadística
Cristian Fernando Téllez Piñerez

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Silvana Godoy Mateus

Revisión de estilo
Leonardo Galeano Barbosa

Diagramación
Diana Téllez Martínez

ISBN de la versión digital: En trámite

Bogotá, D. C., agosto de 2017

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

Coordinación de la publicación

Alejandra Calderón
Angélica Piñeros

Equipo de gestores de pruebas del Icfes

Gestores Competencias Específicas

Diseño de sistemas productivos y logísticos

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 sistemas productivos y logísticos

Edwin Alberto Garavito Hernandez
Elkin Libardo Ríos Ortiz
Lope Hugo Barrero Solano

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 sistemas productivos y logísticos	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	18



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 sistemas productivos y logísticos	40	90 minutos

III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS

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 sistemas productivos y logísticos aborda la estructuración general de cadenas de abastecimiento de bienes y servicios, y, la estructuración específica de cada una de sus funciones (aprovisionamiento, producción y distribución). Comprende la determinación e integración de los flujos de materiales, personas e información, así como las actividades de soporte, con el fin de generar soluciones que cumplan con criterios de calidad, costo, tiempo y flexibilidad.

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 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 cumple con las especificaciones técnicas de diseño.

1. Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas productivos y logísticos

- Cadenas de abastecimiento
- Instalaciones industriales (localización, capacidad y distribución en planta)
- Sistemas de aprovisionamiento de recursos
- Sistemas de producción de bienes y servicios
- Sistemas de inventarios y almacenamiento
- Sistemas de distribución física de bienes y acceso a servicios

2. Áreas conceptuales de referencia

Para abordar el Módulo de Diseño de sistemas productivos y logísticos se requiere del manejo y aplicación de bases conceptuales en análisis estadístico, modelación matemática aplicada a la optimización de sistemas productivos, estudio y medición del trabajo y su utilización en la gestión de operaciones, gestión de cadenas de abastecimiento y la definición de la capacidad, localización y distribución en planta de instalaciones industriales.

C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de sistemas productivos y logísticos 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 en Logística y Operaciones
Ingeniería Industrial
Ingeniería de Diseño de Producto
Ingeniería de la Calidad
Ingeniería de Procesos
Ingeniería de Producción
Ingeniería de Productividad y Calidad
Ingeniería en Calidad
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 124</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel podría realizar una lectura comprensiva y cálculos aritméticos simples para resolver una situación problemática en el contexto de un sistema productivo y logístico</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel, para resolver un problema de sistemas productivos y logísticos, podría</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar información relevante en textos, tablas o figuras. • Realizar operaciones aritméticas para comparar alternativas de solución. • Reconocer conceptos teóricos que permiten contextualizar la información requerida.
<p>2 Puntaje en el módulo de 125 a 153</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel comprende lenguaje técnico de modelamiento matemático y de estadística descriptiva requerido para resolver un problema de sistemas productivos y logísticos.</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel, para resolver un problema de sistemas productivos y logísticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combina información apropiada de diversas fuentes (textos, figuras, tablas de varias entradas y/o formulaciones). • Comprende el lenguaje técnico asociado a variables y parámetros con más de un índice para abordar una situación dada. • Formula modelos básicos de programación lineal y de inventarios. • Interpreta distribuciones de frecuencia de una variable.
<p>3 Puntaje en el módulo de 154 a 196</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel resuelve una situación problemática en el contexto de un sistema productivo y logístico a través de cálculos en varias etapas y la evaluación de resultados de modelamiento matemático y distribuciones de probabilidad.</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel, para resolver un problema de sistemas productivos y logísticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta y evalúa los resultados de modelos de programación lineal, simulación e inventarios. • Aplica los conceptos de distribuciones estadísticas, y de costos (fijos y variables) en la resolución de problemas de sistemas productivos y logísticos. • Realiza cálculos secuenciales, a través de la combinación de datos provenientes de diversas fuentes con gran cantidad de información.
<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 evalúa criterios múltiples para resolver una situación problemática en el contexto de un sistema productivo y logístico.</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel, para resolver un problema de sistemas productivos y logísticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta parámetros estadísticos de regresión lineal. • Realiza la secuencia apropiada de cálculos múltiples para encontrar soluciones, considerando la valoración de los criterios establecidos.

E. Ejemplos de preguntas

En esta sección se presentan ejemplos de preguntas de selección múltiple con única respuesta del Módulo de Diseño de sistemas productivos y logísticos 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

La compañía Electrón fabrica y distribuye electrodomésticos. Su cadena de suministro está conformada por dos (2) proveedores, una (1) planta de producción, un (1) centro de distribución y tres (3) puntos de venta repartidos en todo el territorio nacional. La demanda de los puntos de venta es aproximadamente igual y se distribuye normalmente. Se encontró que las demandas de los puntos de venta no están correlacionadas. Por política, la empresa maneja los mismos niveles de servicio de sus inventarios a lo largo de toda la cadena.

La dirección es consciente de varias ineficiencias en los procesos logísticos y de la necesidad de potenciar la cadena de suministros actual, implementando estrategias de optimización en todos los procesos logísticos y productivos. Un estudio de diagnóstico encargado por la dirección reveló que la ineficiencia en la distribución, la actividad de competencia y la importación ilegal de electrodomésticos fueron las tres razones principales a las que se atribuye la pérdida experimentada de porción de mercado. Puntualmente se identificaron situaciones que requieren inmediata atención por su efecto en la compañía:

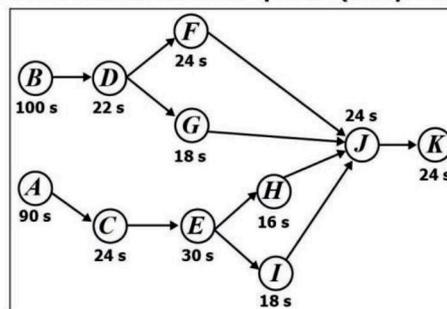
- El estudio reveló que en el centro de distribución solo se ha tenido en cuenta un tipo de camiones para la distribución, los de mayor capacidad, aun teniendo ofertas con costos y capacidades diferentes, que podrían tener efecto sobre la eficiencia de las entregas. Los productos son distribuidos en estibas. El centro de distribución envía al menos 4 estibas diarias. Este puede contratar dos (2) tipos diferentes de camión. El primer tipo de camión tiene capacidad para 50 estibas y el segundo, para 25 estibas. El primer tipo de camión cobra un flete por estiba igual a c_1 pesos por estiba y el segundo, c_2 pesos por estiba. El centro de distribución debe seleccionar el número de camiones de cada tipo que distribuya los productos al menor costo posible.
- Luego del estudio se decidió que los puntos de venta utilicen un solo operador de transporte terrestre para distribuir los productos a sus clientes, para lo cual hay que establecer con precisión el número de camiones necesarios para esta tarea.
- Para mejorar la eficiencia de las operaciones de la empresa, otra de las alternativas consiste en eliminar los puntos de venta y centralizar la operación en el centro de distribución, con lo cual se cree que se lograrían ahorros gracias a la consolidación de los inventarios de seguridad, es decir, en lugar de mantener inventario de seguridad en cada uno de los tres puntos de venta, se manejaría solo el inventario de seguridad consolidado en el centro de distribución.
- Una de las actividades con las cuales se han encontrado continuos inconvenientes en la planta es la operación de empaque, en la cual se utilizan equipos semiautomáticos que trabajan en paralelo. El supervisor de esta área permanentemente se queja de que cuenta con muy poco personal y que por esta razón se presentan los retrasos en el cumplimiento de los pedidos. En este proceso, el operario se encarga del alistamiento y carga de los equipos; el tiempo necesario para esta actividad es de dos minutos. Una vez cargado el equipo comienza su ciclo automático, de siete minutos, que consiste en apilar los productos y sellar con plástico termoencogible. El tiempo promedio de desplazamiento del operario entre máquina y máquina es un minuto.

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 2

- A corto plazo, la compañía Electrón quiere construir un nuevo centro de distribución regional que se localizará en la ciudad de Cali. Se proyecta distribuir un producto desde este nuevo centro de distribución hacia un cliente minorista en la zona urbana de Cali. Como resultado del estudio y con el fin de facilitar los procesos de logística, se negocia un acuerdo de cooperación en el cual el centro de distribución regional de Cali se comprometerá a entregar el producto en un esquema coordinado de distribución. El acuerdo garantizará que el periodo de reaprovisionamiento del centro de distribución regional desde la planta de producción sea un múltiplo entero del período de reaprovisionamiento del minorista. El acuerdo colaborativo requiere que durante el tiempo en que dure la colaboración, los tamaños de lote de pedido, los períodos de reaprovisionamiento y el tiempo de procesamiento de las órdenes de pedido sean positivos y constantes. Se espera que el tiempo de entrega entre el centro de distribución regional de Cali y el cliente minorista sea de aproximadamente una semana.
- De igual forma, todos los meses la empresa recibe reclamos de sus clientes porque no se cumplen los pedidos, específicamente del producto con el mayor volumen de ventas: la cafetera Spresso. Esta se fabrica en la sección de la planta denominada *Tipo C*, en la cual se fabrican otros modelos de cafeteras, así como tostadores y licuadoras. Esta situación conduce a pensar que puede requerirse una línea de producción exclusiva para este producto. Según información del Departamento de Manufactura, la secuencia de operaciones necesarias para su fabricación se presenta en el siguiente diagrama de precedencias.

Diagrama. Precedencias cafetera Spresso (tiempo en segundos).



Pregunta 1

Para maximizar el rendimiento sobre la inversión en activos logísticos, la compañía debería delimitar la estrategia de su cadena de abastecimiento, con el fin de

- programar corridas de producción económicas, poseer capacidad en exceso y realizar el procesamiento y la distribución de pedidos en lotes grandes, utilizando medios de transporte de primera que permitan tiempos cortos de entrega.
- programar corridas flexibles de producción que permitan hacer envíos grandes, utilizando medios de transporte económicos con procesamientos basados en pedidos del cliente y tiempos largos de entrega.
- programar un suministro basado en almacenamiento, realizar corridas de producción grandes, aprovechar las economías de escala en el aprovisionamiento y programar lotes grandes de distribución y de procesamiento de pedidos.
- poseer buena capacidad en exceso que permita configurar líneas flexibles de producción con intercambios rápidos para tener tiempos cortos de entrega, programando pedidos individuales de los clientes.

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 Las características descritas en la clave corresponden a una estrategia orientada hacia suministros para almacenamiento (Made-to-stock) en una cadena de suministros eficiente, según el modelo propuesto por Marshall L. Fischer "What is the Right Supply Chain for your Product?", Harvard Business Review, Vol 75, Núm. 2 (marzo - abril 1997), págs. 105-116

Pregunta 2

Para mejorar su competitividad, entre otras decisiones de tipo estratégico, la cadena de abastecimiento debe focalizarse en

- A. la definición de los niveles de inventarios de seguridad y la aceleración de tiempos de entrega de suministros.
- B. el cálculo de los tamaños de lote de pedido y la determinación de reglas de prioridad para pedidos de los clientes.
- C. la selección de los modos de transporte y la ubicación de inventarios.
- D. el diseño de procesos para el ingreso de pedidos y la transmisión de la información.

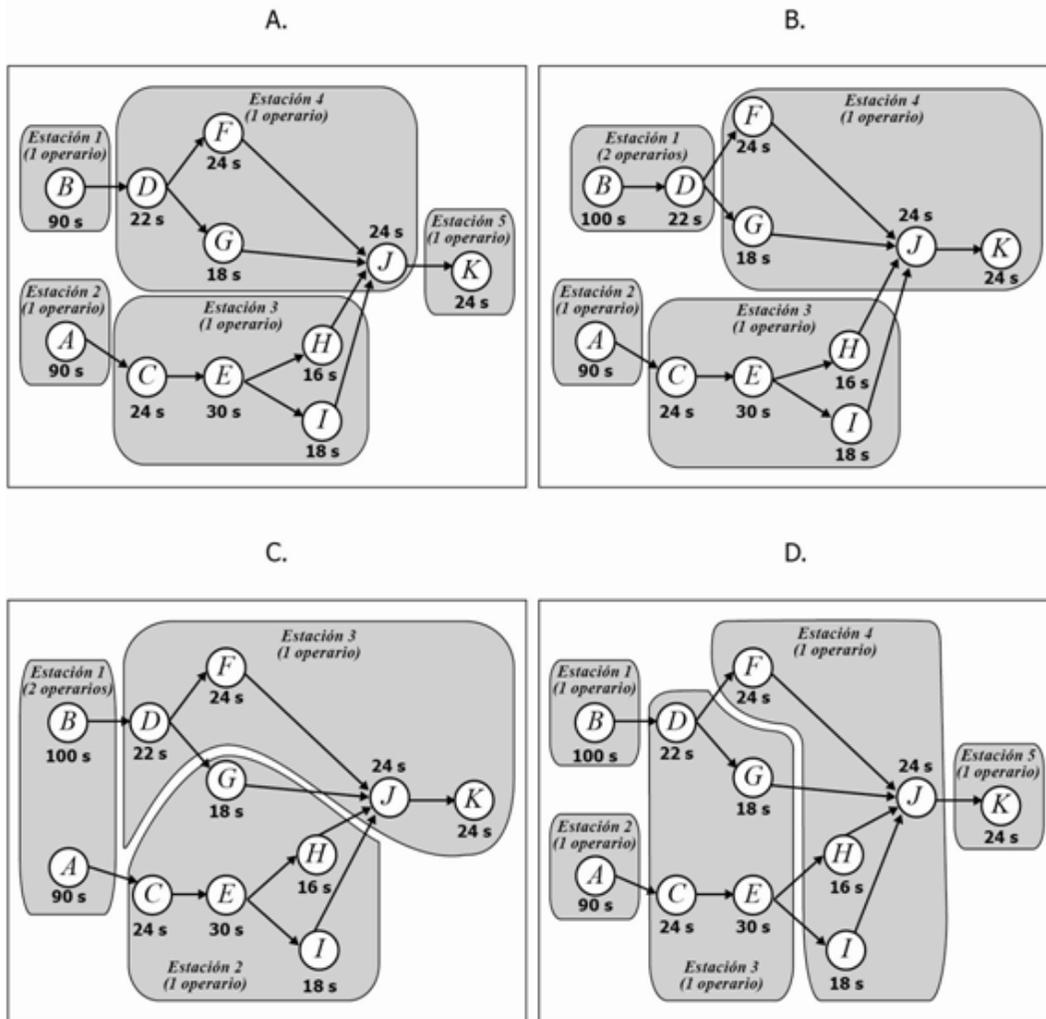
Clave D

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

Justificación El diseño de procesos para el ingreso de pedidos y la transmisión de la información son decisiones de tipo estratégico y se adecúan a lo que la cadena busca en la situación esquemática que describe el caso, desde una perspectiva de optimización de procesos.

Pregunta 3

Para atender la creciente demanda de la cafetera Spresso, la cual se espera alcance las 8.000 unidades mensuales, se encontraron cuatro alternativas para el diseño de una línea de producción exclusiva para este artículo, tal como se muestra en las siguientes figuras. Se espera que esta línea trabaje 10 horas diarias, durante 20 días al mes. La línea de producción con la cual se cumple la capacidad disponible de producción que la empresa espera es



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

El estudiante debe identificar cuáles son las medidas de desempeño para evaluar la línea de producción adecuada; en este caso son el número de operarios y la capacidad máxima de producción, según el tiempo de ciclo de la línea.

Para determinar el tiempo de ciclo se debe identificar la estación cuello de botella, aquella con el mayor tiempo de operación, y dado este tiempo, establecer la duración de ciclo de la línea. Evaluando la alternativa correcta (clave B) se obtiene:

	Operaciones				Tiempo de operación	Operarios
Estación 1	100	22			61	2
Estación 2	90				90	1
Estación 3	24	30	16	18	88	1
Estación 4	24	18	24	24	90	1

Luego los indicadores de desempeño de esta alternativa son:

Total operarios	5	
Total disponible	720.000	segundo/mes
Tiempo cuello e botella	90	segundos/unidad
Producción máxima	8.000	unidades/mes

En la evaluación de todas las alternativas esta es la única que cumple con la capacidad deseada de 8.000 unidades por mes.

Pregunta 4

El número de equipos que podría manejar un operario en el proceso de empaque, para minimizar el tiempo ocioso del operario, es:

- A. Dos (2) equipos.
- B. Tres (3) equipos.
- C. Cinco (5) equipos.
- D. Nueve (9) equipos.

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.

A la solución se puede llegar de dos maneras:

- Utilizando diagramas hombre-máquina
- De forma analítica

Solución por diagramas hombre-máquina

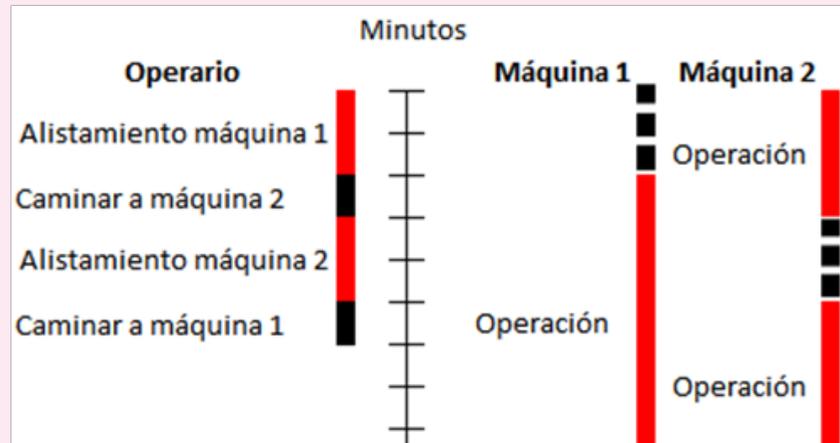
Utilizando diagramas hombre-máquina se debe encontrar cuántas máquinas puede operar un operario sin que se presenten tiempos ociosos, de esta forma el proceso puede consistir en:

1. Un operario, una máquina; el operario está ocioso 7 minutos por ciclo:

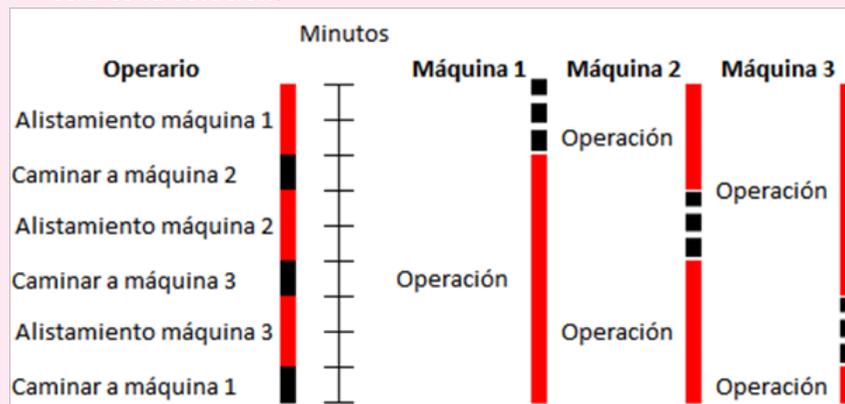
Justificación



2. Un operario, dos máquinas; el operario está ocioso 3 minutos por ciclo.



3. Un operario, tres máquinas; ningún recurso se encuentra ocioso; esta es la solución.



Justificación

Solución analítica

El estudiante comprende que para que no existan tiempos ociosos el tiempo que el equipo se encuentra ocupado debe ser igual al tiempo en el cual el operario está ocupado:

$$\text{Tiempo de máquina ocupada} = \text{tiempo de alistamiento} + \text{tiempo de operación} = 2 + 7 = 9$$

$$\text{Tiempo de operario ocupado} = \text{tiempo de alistamiento} + \text{tiempo de desplazamiento} = 2 + 1 = 3$$

Luego para que todos los recursos estén ocupados:

$$\frac{9}{3} = 3 \text{ máquinas}$$

Pregunta 5

Los factores más relevantes que deben considerarse al calcular el número de camiones necesarios para la distribución de los productos son

- A. los costos de adquisición, pedidos, almacenamiento y la demanda.
- B. los costos de inventario en tránsito, adquisición, la capacidad de los camiones y su velocidad promedio.
- C. los costos de transporte, la demanda, la capacidad de los camiones y el tiempo de entrega.
- D. los costos de combustible, mano de obra, el número y localización de los puntos por atender.

Clave C

Afirmación

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

Justificación

Para estimar el tamaño de la flota, se requiere principalmente conocer la demanda que se debe atender, así como la capacidad de los vehículos con los cuales se debe atender; los costos de transporte son relevantes porque permiten escoger entre diferentes opciones de capacidades de vehículos y el tiempo de entrega es importante porque define los niveles de inventario en tránsito.

Pregunta 6

El modelo de programación lineal que permite determinar el número óptimo de camiones de cada tipo que se deben contratar para minimizar el costo total de transporte en el centro de distribución es:

A. $\min (c_1x_1 + c_2x_2)$
s.a.
 $50x_1 + 25x_2 \geq A$
 $x_1, x_2 \in \{0,1,2,\dots\}$

B. $\min (x_1 + x_2)$
s.a.
 $50x_1 + 25x_2 \geq A$
 $x_1, x_2 \in \{0,1,2,\dots\}$

C. $\min (x_1 + x_2)$
s.a.
 $50x_1 + 25x_2 \leq A$
 $x_1, x_2 \in \{0,1,2,\dots\}$

D. $\min (c_1x_1 + c_2x_2)$
s.a.
 $50x_1 + 25x_2 \leq A$
 $x_1, x_2 \in \{0,1,2,\dots\}$

Clave A

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

Las variables corresponden al número de camiones de cada tipo que deben ser contratados. La función objetivo se obtiene sumando los costos totales (costos variables individuales multiplicados por el número de camiones) y la restricción corresponde a satisfacer la demanda en estibas.

Pregunta 7

Analizando la alternativa de eliminar los puntos de venta, considere que el inventario de seguridad en cada punto de venta es SS_i , por lo cual el inventario de seguridad actual es $SS_{actual} = SS_1 + SS_2 + SS_3$. Si se eliminaran los puntos de venta y se mantuviera un solo inventario de seguridad consolidado en el centro de distribución, este sería $SS_{propuesto}$. La relación entre SS_{actual} y $SS_{propuesto}$ es

- A. SS_{actual} es tres veces mayor que $SS_{propuesto}$.
- B. $SS_{propuesto}$ es tres veces mayor que SS_{actual} .
- C. SS_{actual} es $\sqrt{3}$ veces mayor que $SS_{propuesto}$.
- D. SS_{actual} es igual a $SS_{propuesto}$.

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

Se debe considerar cuánto representan los inventarios de seguridad actuales, como los niveles de servicio son todos iguales y las demandas se distribuyen normalmente, el parámetro de la distribución normal es igual en todos los eslabones de la cadena, este se puede representar como z . Luego los inventarios de seguridad en cada una de las ciudades sería de:

$$SS = z\sigma_L$$

Donde σ_L representa la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega. Como son tres ciudades, entonces el inventario de seguridad que en la actualidad se manejaría es:

$$SS_{Actual} = z\sigma_L + z\sigma_L + z\sigma_L = 3z\sigma_L$$

Ahora se debe calcular cuánto sería el inventario de seguridad si se agregara en un solo sitio, para lo cual se debe calcular cuánto sería la desviación estándar agregada, ya que se conoce que las demandas son iguales y no están correlacionadas entonces utilizando el concepto de que lo que se debe sumar son las varianzas se obtiene:

$$\begin{aligned}\sigma_{Agregada}^2 &= \sigma_L^2 + \sigma_L^2 + \sigma_L^2 \\ \sigma_{Agregada} &= \sqrt{3\sigma_L^2} \\ \sigma_{Agregada} &= \sqrt{3}\sigma_L\end{aligned}$$

Luego el inventario de seguridad agregado sería:

$$SS_{Agregado} = z\sigma_{Agregada} = \sqrt{3}z\sigma_L$$

Entonces la relación entre los inventarios de seguridad actuales y el agregado sería:

$$\frac{SS_{Actual}}{SS_{Agregado}} = \frac{3z\sigma_L}{\sqrt{3}z\sigma_L} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}$$

