



UTPL
La Universidad Católica de Loja

Vicerrectorado de Modalidad Abierta y a Distancia

Investigación Operativa para la Toma de Decisiones

Guía didáctica





Facultad Ciencias Económicas y Empresariales

Investigación Operativa para la Toma de Decisiones

Guía didáctica

Carrera

PAO Nivel

Administración de Empresas

VIII

Autor:

Vismar Gonzalo Flores Tábara





Investigación Operativa para la Toma de Decisiones



Guía didáctica

Vismar Gonzalo Flores Tábara



Diagramación y diseño digital



Ediloja Cía. Ltda.

Marcelino Champagnat s/n y París

edilojacialtda@ediloja.com.ec

www.ediloja.com.ec

ISBN digital -978-9942-39-409-5



Año de edición: marzo, 2022

Edición: primera edición reestructurada en enero 2025 (con un cambio del 15%)

Loja-Ecuador



**Reconocimiento-NoComercial-Compartirlgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons **Reconocimiento-NoComercial-Compartirlgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.** Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.** No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Índice

1. Datos de información	8
1.1 Presentación de la asignatura.....	8
1.2 Competencias genéricas de la UTPL.....	8
1.3 Competencias del perfil profesional	8
1.4 Problemática que aborda la asignatura	9
2. Metodología de aprendizaje	10
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....	11
Primer bimestre	11
Resultado de aprendizaje 1:	11
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	11
Semana 1	11
Unidad 1. Introducción.....	12
1.1. Introducción: orígenes y conceptos de la ciencia administrativa.....	13
1.2. ¿Qué es un modelo?.....	13
1.3. Solución de problemas y toma de decisiones	15
Actividad de aprendizaje recomendada	16
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	16
Semana 2	16
Unidad 1. Introducción.....	16
1.4. Análisis cuantitativo y toma de decisiones	16
1.5. Análisis cuantitativo.....	17
1.6. Modelo de costo, ingreso y utilidad	18
Actividades de aprendizaje recomendadas	18
Autoevaluación 1	19
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	21
Semana 3	21
Unidad 2. Análisis de decisiones	21
2.1. Formulación del problema.....	21

2.2. Toma de decisiones sin probabilidades	23
Actividad de aprendizaje recomendada	27
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	29
Semana 4.....	29
Unidad 2. Análisis de decisiones	29
2.3. Toma de decisiones con probabilidades.....	29
2.4. Análisis de riesgo y análisis de sensibilidad	32
Actividades de aprendizaje recomendadas	33
Autoevaluación 2.....	35
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	36
Semana 5.....	36
Unidad 3. Programación lineal	36
3.1. Introducción a la programación lineal continua.....	36
3.2. Método gráfico	38
Actividad de aprendizaje recomendada	46
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	47
Semana 6.....	47
Unidad 3. Programación lineal	47
3.3. Problema de maximización.....	47
Actividad de aprendizaje recomendada	52
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	53
Semana 7.....	53
Unidad 3. Programación lineal	53
3.4. Puntos extremos y solución óptima	53
3.5. Problemas de minimización.....	56
Actividades de aprendizaje recomendadas	59
Autoevaluación 3.....	61
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	62
Semana 8	62

Actividades finales del bimestre	62
Segundo bimestre.....	63
Resultado de aprendizaje 2:	63
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	63
Semana 9	64
Unidad 4. Teoría de redes	64
4.1. Introducción a la teoría de redes.....	64
Actividad de aprendizaje recomendada	67
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	68
Semana 10	68
Unidad 4. Teoría de redes	68
4.2. Modelo de redes para el problema de flujo máximo	68
Actividad de aprendizaje recomendada	75
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	76
Semana 11	76
Unidad 4. Teoría de redes	76
4.3. Modelo de redes para el problema de costo mínimo	76
Actividad de aprendizaje recomendada	82
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	83
Semana 12	83
Unidad 4. Teoría de redes	83
4.4. Modelo de redes para problemas de asignación.....	84
Actividades de aprendizaje recomendadas	85
Autoevaluación 4.....	86
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	89
Semana 13	89
Unidad 5. Programación de proyectos.....	89
5.1. La programación de un proyecto con tiempos de actividad conocidos	90

Actividad de aprendizaje recomendada	94
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	95
Semana 14.....	95
Unidad 5. Programación de proyectos.....	95
5.2. La programación de un proyecto con tiempos de actividad inciertos	95
Actividades de aprendizaje recomendadas	103
Autoevaluación 5.....	105
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	106
Semana 15.....	106
Unidad 6. Modelo de distribución y de red	106
6.1. Modelo de redes para el problema de transporte.....	106
6.2. Problema de transbordo	113
6.3. Problema de la ruta más corta.....	114
Actividades de aprendizaje recomendadas	115
Autoevaluación 6.....	117
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....	118
Semana 16.....	118
Actividades finales del bimestre	118
4. Autoevaluaciones	119
5. Referencias bibliográficas	125



1. Datos de información

1.1 Presentación de la asignatura



1.2 Competencias genéricas de la UTPL

- Comunicación oral y escrita.
- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Trabajo en equipo.
- Comportamiento ético.
- Organización y planificación del tiempo.

1.3 Competencias del perfil profesional

Gestionar e interrelacionar los elementos del entorno empresarial para el fomento de las capacidades organizacionales a través de la aplicación de fundamentos teóricos y modelos cuantitativos y cualitativos aprovechando oportunidades de mejora en el tejido empresarial, promoviendo valores, el espíritu de equipo y la actitud de liderazgo.

Diseñar un sistema de gestión empresarial aplicando metodologías basadas en el proceso administrativo, gestión de recursos, uso de tecnologías prácticas de innovación y gestión del conocimiento, para fortalecer al sector empresarial.

Diseñar planes integrales en todos los niveles empresariales, para asegurar la sostenibilidad y proyección empresarial a través del talento humano, la innovación, el conocimiento y los recursos organizacionales, preparando a la organización a ser competitiva y adaptable a un entorno cambiante y un mundo globalizado.

1.4 Problemática que aborda la asignatura

La investigación de operaciones es una de las herramientas más sobresalientes a la hora de intervenir en el análisis de las operaciones de una empresa o planta de producción, en ella se pone de manifiesto la aplicabilidad de diferentes métodos matemáticos, problemas de transporte, cadena de suministros, así como la programación lineal y teoría de redes, orientadas a validar diferentes opciones futuras propias de la actividad de manufactura que conlleva la toma de decisiones, con las que se determinan objetivos de mejora en la competitividad, productividad y evidentemente, la reducción de costo, específicamente esta asignatura, contribuye a la resolución de los siguientes problemas:

Se debe seleccionar uno de los problemas propuestos en la matriz de la carrera:

- **Problema 1:** debilidad del tejido empresarial y limitado conocimiento de oportunidades y necesidades empresariales existentes en el país.
- **Problema 2:** escasa gestión de modelos empresariales y de negocio, enfocados en emprendimiento, cultura y estructura organizacional, valor agregado, calidad, innovación, tecnología y responsabilidad social.
- **Problema 3:** Limitado diseño de estrategias de supervivencia y proyección empresarial, basadas en investigación, gestión de la información y del capital intelectual, para el crecimiento y expansión de las empresas.



2. Metodología de aprendizaje

La modalidad de estudios para la que fue concebida esta asignatura, estructura como principal metodología de aprendizaje el autoaprendizaje, en él se diseña una serie de planteamientos que coadyuven al desarrollo del conocimiento, tales como: la lectura, la investigación, la indagación previa, la observación y a través de ella la descomposición de los hechos, para con esto llegar a las conclusiones que luego al ser compartidas y sometidas a valoraciones definen un aprendizaje validado y apegado a la realidad, resaltando como condición la autodisciplina, cuya ventaja es que le permite adaptar técnicas, desarrollar un análisis de forma crítica de los contenidos, lo que le permite a usted convertirse en un ente de carácter dinámico y proactivo lo que posibilita mayor asimilación y reflexión del conocimiento.

Por otro lado, al ser una asignatura teórico-práctica, se utiliza la Metodología basada en caso, lo que facilita la implementación de algunas técnicas de aprendizaje, entre ellas la resolución de casos prácticos y ejercicios propuestos, donde se establece un ambiente de análisis, interpretación de resultados y revisión de problemas en particular. Así mismo, resulta importante destacar el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como plataforma de interacción educativa, solventada en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que además es el alojamiento de múltiples recursos de aprendizaje, textuales, audiovisuales e interactivos con actividades como chat académico, tareas, foros, entre otro, sin desligar la inclusión de herramientas digitales externas como aporte adicional al proceso antes descrito. Siempre en toda esta estructura, se le considera a usted como el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



Primer bimestre

Resultado de aprendizaje 1:

Conoce las herramientas y aplicaciones de la programación lineal y modelos de redes.

Con el logro de este primer resultado de aprendizaje, usted podrá reconocer y aplicar las diferentes herramientas encaminadas al uso de modelos matemáticos que permitan representar condiciones propias de la realidad que deben ser analizadas en una empresa o planta de manufactura, así como también la ejecución de métodos de programación lineal orientados a la maximización de los resultados y/o la minimización de gastos, que son escenarios que se pueden presentar en el quehacer empresarial y que dan la oportunidad de fundamentar técnicamente la toma de decisiones.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



Semana 1

Estimado estudiante, reciba usted un cordial saludo y bienvenida al inicio de esta materia. A continuación, conozca las orientaciones iniciales.

La presente guía ha sido estructurada en dos bimestres, distribuyendo los contenidos de forma semanal para facilitar su estudio y el logro de los resultados de aprendizaje.

Usted dispondrá de instrucciones para facilitar el estudio de los contenidos, se le propondrá actividades basadas en la información de la bibliografía básica, para que pueda desarrollar aplicaciones y ejercicios. Se le proporcionará videos y recursos para explicar ciertos temas, se propone actividades de aprendizaje y autoevaluaciones que permitirán obtener una retroalimentación de su nivel de conocimientos.

Para el logro de los resultados de aprendizaje se han sugerido algunas actividades como talleres, chat, foro, trabajos de aplicación, que le permitirán desarrollar destrezas y aplicar sus conocimientos.

Iniciamos el curso, sea usted. ¡Bienvenido!

Unidad 1. Introducción

Estimado estudiante

¡Bienvenidos a esta primera unidad de estudio!

En esta semana abordaremos algunos temas interesantes concernientes a los fundamentos de los modelos matemáticos, entre ellos se puede mencionar:

- Introducción: orígenes y conceptos de la ciencia administrativa.
- ¿Qué es un modelo?
- Metodología de la investigación de operaciones.

En tal virtud, es necesario que revise la bibliografía básica y realice la lectura de forma analítica, de los temas relacionados con ¿qué es un modelo?, y la metodología de la investigación de operaciones.

Con dicha información usted podrá:

1. Identificar los elementos de la investigación operativa.
2. Reconocer los conceptos fundamentales sobre lo que es un modelo.
3. Ubicar la metodología de la investigación operativa. etapas básicas para la investigación operativa.

1.1. Introducción: orígenes y conceptos de la ciencia administrativa

La investigación operativa para la toma de decisiones, es una asignatura práctica que guarda una estrecha relación con el análisis presente y futuro de las operaciones, procesos y actividades propias del área de manufactura.

Así también, involucra para su estudio la inclusión de algunas temáticas como el modelamiento matemático, la programación lineal, teoría de redes y el análisis para la toma de decisiones.

Cuando hablamos de la metodología de la investigación de operaciones, se hace alusión a que la ciencia administrativa utiliza un enfoque científico, esto fundamentado a que, para recolectar la información, desarrollar y probar las hipótesis, utilizará una investigación sistemática, que luego seguirá un patrón lógico para su análisis. En ese sentido, por lo general se sigue los pasos que se indican en la siguiente infografía:

Pasos de la Metodología en Investigación de Operaciones

Una vez que ha analizado el recurso propuesto, usted podrá comprender que para complementar lo aprendido hasta ahora es necesario también dimensionar la investigación operativa y tener más claro su campo de análisis, por lo que lo invito a observar el siguiente video: [Investigación de operaciones. ¿En qué consisten?](#), lo que le facilitará comprender aún más el concepto en el contexto de aplicación.

1.2. ¿Qué es un modelo?

Cuando se habla de modelos matemáticos, no podemos dejar de mencionar que estos tienen como principal objetivo la representación de una realidad, a través de la lógica y la utilización de las relaciones matemáticas, orientada al soporte en la toma de decisiones. Lo que nos lleva a tomar en cuenta la interacción de cierta simbología e interacción con operaciones de carácter matemático para interpretar una situación o problema, para esto, el modelo deberá trabajar con el uso de ecuaciones y/o desigualdades algebraicas.

Tales ecuaciones están constituidas por algunos elementos como: Variable, constante, coeficiente y operador, es así que un modelo matemático para que sea completo debe abarcar tres elementos, como los puede ver en la figura que me muestra a continuación:

Figura 1

Elementos de un modelo matemático

Elementos de un modelo matemático

1. Alternativas de donde debe tomar una decisión:

Son aquellas posibilidades u opciones que puede tomar un gerente, administrador o líder de un proyecto en relación a un problema en particular.

1

2. Las restricciones presentes en el problema:

Son las limitaciones que puede presentar una determinada empresa u organización frente a un escenario específico. Por lo general guardan relación con la capacidad actual con que cuenta la empresa sea esta capital, materia prima, maquinaria, mano de obra, etc.

2

3. La medida con que se evaluarán las alternativas,

Conforme el objetivo planteado en esta parte aparece el uso de variables a través de las cuales se pretende plantear los aspectos que el tomador de decisiones puede manejar.

3

Nota. Adaptado de *Investigaciones de operaciones* (p. 3), por Martínez, I. y Vértiz, G., 2015, Grupo Editorial Patria.

Ahora que usted tiene claro los elementos de un problema hay que tener presente que de acuerdo a los problemas que se pueden encontrar en una determinada empresa u organización y para un mejor tratamiento, se ha decidido agruparlos en modelos clásicos, por lo tanto, es menester que pueda revisar algunos de ellos. Para ello, se recomienda la revisión y lectura de la bibliografía básica en los temas relacionados a modelos *matemáticos clásicos* para un análisis a mayor profundidad.

En definitiva, el uso de modelos matemáticos en el sector empresarial no es nuevo. Sin embargo, ha ido tomando cada vez una notoriedad más pronunciada, esto debido a la necesidad recurrente de implementar sistemas más eficientes, rápidos, competitivos y de menor utilización del gasto.

En el mismo sentido, la bibliografía disponible y los recursos didácticos compartidos nos darán un soporte adicional en la fundamentación de algunos conceptos, por lo que será también un elemento sustancial en el desarrollo de la asignatura.

1.3. Solución de problemas y toma de decisiones

En la bibliografía básica, la solución a problemas surge como una respuesta a la percepción de una diferencia entre en el estado actual y el estado deseado de una situación en particular, en ese sentido, se busca establecer los posibles pasos necesarios que nos lleven desde una identificación del problema hasta la selección de la mejor alternativa. De manera general, la solución a un problema sigue la siguiente estructura:

1. Identificar y definir el problema.
2. Determinar el conjunto de soluciones alternas.
3. Determinar el criterio o criterios que se utilizarán para evaluar las alternativas.
4. Evaluar las alternativas.
5. Elegir una alternativa.
6. Implementar la alternativa seleccionada.
7. Evaluar los resultados para determinar si se ha obtenido una solución satisfactoria.

Con el fin de ampliar la información, los invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje.



Actividad de aprendizaje recomendada

El estudio de esta unidad nos permite tener una apreciación general e introductoria sobre la investigación de operaciones y los modelos matemáticos en la investigación operativa y su aporte a la toma de decisiones. En ese sentido, es necesario inicialmente que realice una lectura comprensiva de los principales conceptos mencionados en esta semana, luego de esto proceda a realizar la siguiente actividad que permitirá afianzar la temática tratada.

Realice el siguiente juego de unir con líneas que se presenta a continuación:

[Orígenes y conceptos de la ciencia administrativa](#)

¿Cómo le fue con la actividad? Espero que con ello haya reforzado lo aprendido. Avancemos con el siguiente tema.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 2

Unidad 1. Introducción

1.4. Análisis cuantitativo y toma de decisiones

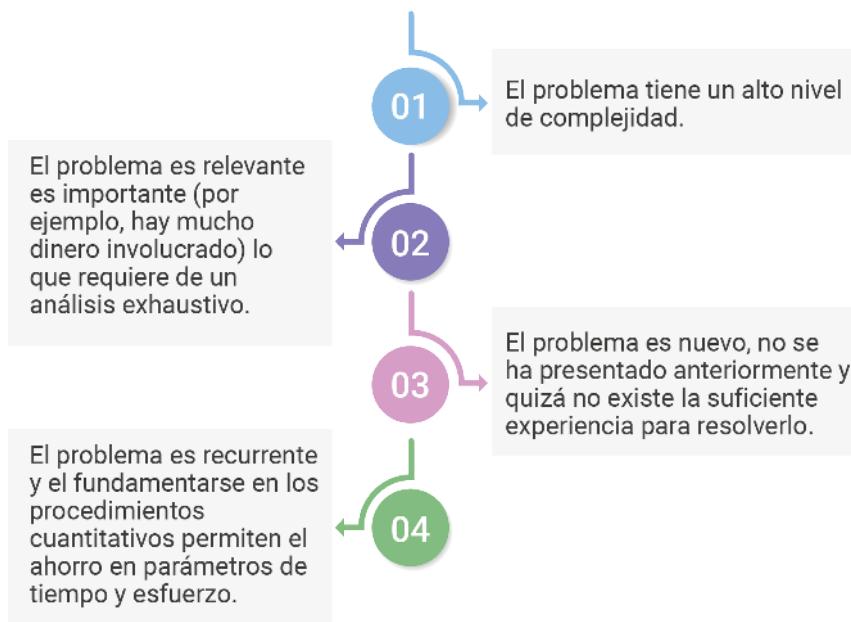
El enfrentarse a situaciones donde se tenga que tomar decisiones, es un escenario que a diario los gerentes, jefes departamentales y/u otras unidades deben llevar a cabo. Para esto, se pueden apoyar en varias herramientas de análisis, como lo es el análisis cuantitativo, el cual se fundamenta en el soporte que prestan los números (datos) o cantidades en una determinada situación o problema. Con los datos provistos se diseñarán expresiones de carácter matemático que permitan representar tales condiciones, incluyendo sus respectivas restricciones, acercando su análisis a la solución óptima.

1.5. Análisis cuantitativo

La metodología cuantitativa provee un marco de datos que da paso a una mejor comprensión del problema en estudio, por ello, el gerente puede partir de un análisis cuantitativo que le permita un mejor abordaje inicial y luego aplicar un método cualitativo que introduce variables más de calidad. Como bien se menciona en la bibliografía básica, existen algunas razones que apoyan el uso del método cuantitativo, para conocerlas es necesario que se revise la figura que se presenta a continuación:

Figura 2

Razones para el uso del método cuantitativo



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p.6), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Revise la [Investigación operativa para la toma de decisiones](#), donde se muestra el modelo, costo, ingreso y utilidad, como parte del quehacer empresarial.

1.6. Modelo de costo, ingreso y utilidad

El modelo de costo, ingreso y utilidad resulta útil para comprender los elementos que intervienen en el análisis de la producción de una empresa, pudiendo determinar así cuál es la cantidad mínima de productos vendidos que le permitirá a partir de ahí generar utilidad para su empresa. Para una mejor comprensión, lo invito a ingresar al entorno virtual de aprendizaje en la semana dos y revisar el recurso 1, donde se trata de un ejemplo del modelo de costo, ingreso y utilidad.

Con el propósito de evaluar los conocimientos adquiridos, le animo a desarrollar las siguientes actividades de aprendizaje:



Actividades de aprendizaje recomendadas



1. Antes de desarrollar la actividad de aprendizaje planteada, es necesario revisar los temas explicados, orientados al modelo de costo, ingreso y utilidad, principalmente debe reconocer el proceso de cálculo aplicando las fórmulas proporcionadas en la bibliografía básica y así determinar el modelo matemático requerido, la utilidad y el punto de equilibrio para los siguientes ejercicios. Desarrolle los siguientes ejercicios propuestos.

- **Ejercicio 1:** fabricación de camisetas

Una empresa fabrica camisetas y tiene los siguientes costos:

Costo fijo mensual: \$5000

Costo variable por camiseta: \$8

Precio de venta por camiseta: \$20

Preguntas:

- a. ¿Cuántas camisetas debe vender la empresa para alcanzar el punto de equilibrio?

b. Si la empresa espera vender 600 camisetas al mes, ¿qué ganancia o pérdida tendrá?

- **Ejercicio 2:** venta de pasteles

Una pastelería vende pasteles personalizados y tiene los siguientes costos:

Costo fijo mensual: \$2400

Costo variable por pastel: \$6

Precio de venta por pastel: \$15

Preguntas:

a. Determine el punto de equilibrio en unidades y en valor monetario.
b. ¿Qué sucede si la pastelería aumenta el precio de venta a \$18 por pastel manteniendo los demás costos iguales? ¿Cómo afecta esto al punto de equilibrio?

2. Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



Autoevaluación 1

Instrucciones: en la columna de respuesta escriba una V o F según sea verdadero o falso.

1. () Un modelo matemático es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja.
2. () Las etapas básicas para aplicar la investigación de operaciones son: la solución del modelo y la validación del modelo.
3. () En el modelo matemático, los elementos de una ecuación son: variable, constante, coeficiente y operador.

4. () Un modelo matemático debe necesariamente incluir en su totalidad las alternativas entre las cuales se deberá tomar la decisión, las restricciones que existen y la medida con la que se evaluarán las alternativas, de acuerdo al objetivo que se quiere lograr.
5. () En un modelo matemático, la función objetivo representa las limitaciones en los recursos o características de la naturaleza del sistema a modelar.
6. () Minimizar costos, maximizar ganancias, minimizar desperdicio, minimizar el número de trabajadores, entre otros, son metas que representan en la función objetivo del modelo matemático.
7. () El costo de manufactura o fabricación de un producto es una función del volumen producido.
8. () El modelo de costo y volumen para producir por unidades, está representado por: $Rx = 5x$
9. () El modelo de ingresos y volumen está dado por: $C(x) = 3000 + 2x$
10. () Cuando la utilidad es \$0 y este es resultado de cuando los ingresos totales son iguales a los costos totales, se lo conoce como punto de equilibrio.

[Ir al solucionario](#)



¡Felicitaciones!, estimado estudiante ha finalizado el estudio de la presente semana, estoy seguro de que habrá podido conocer ciertos términos y fundamentos de la administración de operaciones y procesos.



Semana 3

Unidad 2. Análisis de decisiones

Bienvenidos seguimos avanzando, ahora nos encontramos en la semana 3 de nuestra asignatura, por lo que estamos empezando una nueva unidad denominada Análisis de decisiones. Como resultado, es importante que se dirija a la bibliografía básica y revise lo relacionado al análisis y toma de decisiones. Lo que nos permitirá abordar los temas propuestos.

2.1. Formulación del problema

En el ambiente natural de las empresas se presentan por lo general condiciones externas e internas que hacen que se creen entornos inciertos, en estos entornos se articulan probabilidades y cambios que las decisiones a ser tomadas demanden un estudio más minucioso. En tal virtud, el tomador de decisiones debe evaluar un conjunto de alternativas y un patrón de eventos futuros inciertos con probabilidades de ocurrencia.

Para poder representar de una mejor manera las condiciones antes descritas, se puede hacer uso de algunas herramientas tales como los diagramas de influencia, las tablas de resultados y los árboles de decisión, estos últimos con relación a la naturaleza secuencias de los problemas de decisión, finalmente el análisis de sensibilidad que da a conocer como los cambios en varios aspectos del problema afectan la alternativa de solución.

Como aporte a lo expuesto, resulta necesario revisar: [Aplicando probabilidades para la toma de decisiones](#), el cual permitirá tener una apreciación dinámica, amena y sencilla de las probabilidades y la toma de decisiones.

Como bien se expresa en la bibliografía básica, el primer paso en proceso de análisis de decisiones es la formulación del problema, para esto se parte de la formulación verbal y luego determinar las alternativas, los eventos fortuitos y



las consecuencias. Para tener una mejor apreciación debe revisar el ejercicio sobre la empresa Pittsburgh Development Corporation (PDC). En el cual se plantea la construcción de condominios bajo tres escenarios, cuyo objetivo es la mayor utilidad presentada por la incertidumbre de la demanda.

El ejercicio de la empresa PDC, establece las siguientes alternativas:

d1 = un complejo pequeño con 30 condominios

d2 = un complejo mediano con 60 condominios

d3 = un complejo grande con 90 condominios

Así mismo, evaluando los eventos fortuitos, se determinó:

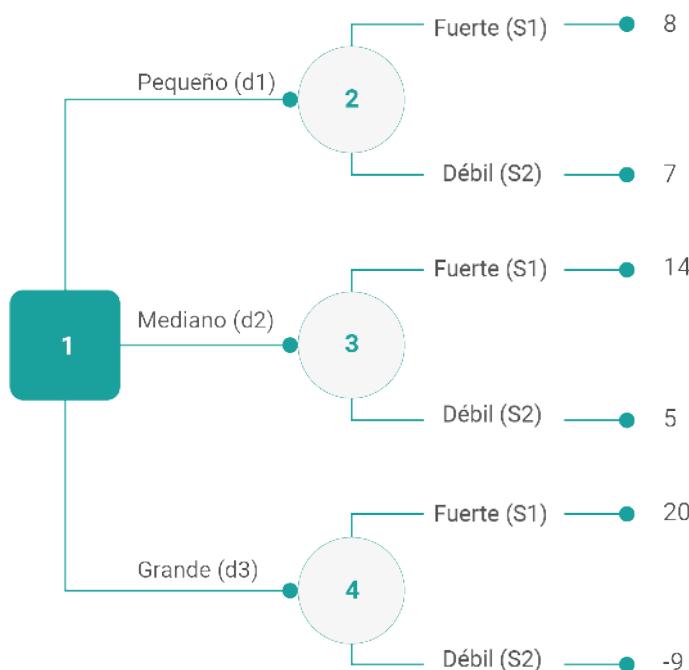
S1 = demanda fuerte para los condominios.

S2 = demanda débil para los condominios.

La representación de este problema se puede encontrar en la bibliografía básica disponible, donde se muestra el diagrama de influencia y la tabla de resultados respectivamente. Con respecto al árbol de decisiones, este quedaría como se muestra en la siguiente figura que muestra la representación de las alternativas y los eventos fortuitos que se pueden presentar en este ejercicio.

Figura 3

Representación gráfica del árbol de decisión



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p.94), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

2.2. Toma de decisiones sin probabilidades

Una de las situaciones que se pueden presentar a la hora de evaluar la toma de decisiones es que el tomador de decisiones no conozca o no sepa apreciar de manera cierta las probabilidades de ocurrencia, en ese contexto se habla de toma de decisiones sin probabilidades. Para esto, lo que se hace es establecer una serie de enfoques en escenarios probables, para luego poder decidir la alternativa más conveniente en función de la meta a alcanzar.

Los enfoques que se manejan son:

Figura 4

Enfoques de la toma de decisiones sin probabilidades



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (pp. 95-96), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Para explicar mejor este proceso, tomemos en cuenta el siguiente ejercicio de la bibliografía básica:

Enunciado: la tabla de resultados siguiente muestra las utilidades para un problema de análisis de decisiones con dos alternativas de decisión y tres estados de la naturaleza.

Tabla 1

Problema de análisis de decisiones

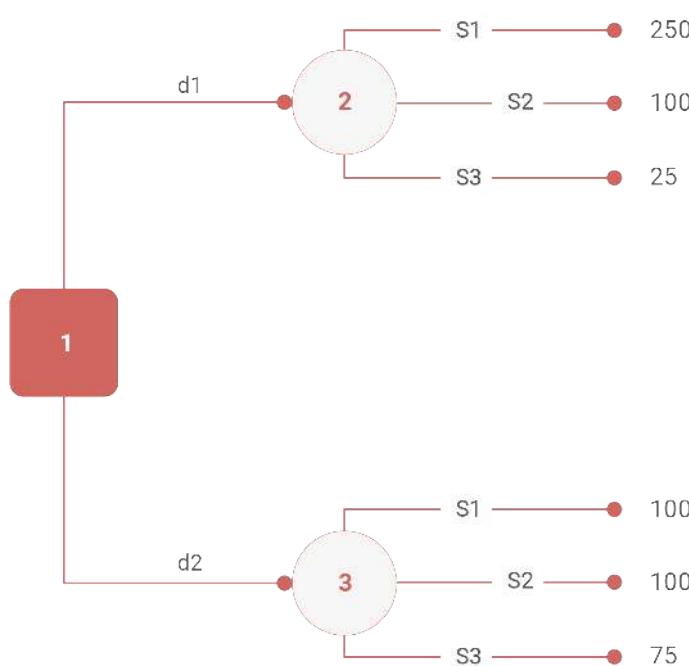
Alternativas de solución	Estados de naturaleza		
	S1	S2	S3
d1	250	100	25
d2	100	100	75

Nota. Tomado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 121), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Una vez dados los datos, se procede a la representación gráfica de los mismos:

Figura 5

Diagrama de decisiones



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 96), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Evaluando los datos proporcionados, los resultados y decisiones son las siguientes:

Tabla 2*Resultados máximos y mínimos para el problema*

Decisión	Ganancia Máxima	Ganancia Mínima
d1	250	25
d2	100	75

Nota. Flores, V., 2023

Decisiones:

- Enfoque optimista: para este enfoque se toma la ocurrencia del estado de naturales S1, por lo tanto, la alternativa seleccionada será la de mejor ganancia, es decir, 250 representadas por d1.
- Enfoque conservador: desde el punto de vista pesimista se asume que pueden ocurrir los estados de naturaleza S2 y S3, siendo así los resultados sería 100 para S2. Para S3 sería 25, 75 de estos últimos 75 representan el resultado más factible, la decisión tomada en d2.
- Enfoque arrepentimiento.

Para calcular esta tabla nos fijamos en la máxima ganancia posible para cada estado de la naturaleza, a continuación, se muestra la tabla de arrepentimiento.

Tabla 3*Tabla de
arrepentimiento*

	S1	S2	S3
d1	0	0	50
d2	150	0	0

Nota. Flores, V., 2023

1. La máxima ganancia posible es 250 para s1, 100 para s2 y 75 para s3.

2. Decisión d1 y ocurre s1 la ganancia será de 250 que restada de la ganancia máxima nos da 0. Es decir, la pérdida de oportunidad es cero, no hemos dejado de ganar nada.
3. Decisión d2 y ocurre un estado s1, la ganancia obtenida es 100, que restada de 250 (ganancia máxima posible), nos da 150. Dejamos de ganar 150 (pérdida de oportunidad).
4. Decisión d1 o d2 y ocurre el estado s2, el resultado es de 100 que restado de 100 (ganancia máxima posible si ocurre s2), nos da una pérdida de oportunidad de 0 para ambas decisiones.
5. Decisión d1 y ocurre s3, el resultado es 25 que, restado de 75, da una pérdida de oportunidad de 50.
6. Decisión d2 y ocurre s3, la pérdida de oportunidad es de 0.



Si tomamos la decisión d1, el arrepentimiento máximo es 0; y si tomamos la decisión d2, el arrepentimiento máximo es de 150. Queremos que nuestra equivocación (arrepentimiento) no sea mayor, por lo tanto, tomamos la decisión d1 y esperamos que en el peor de los casos ocurra el estado s3 con lo que solo habríamos dejado de ganar 50.

Con el fin de ampliar la información, le invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje.



Actividad de aprendizaje recomendada

La presente actividad busca consolidar su apreciación sobre la temática de la toma de decisiones sin probabilidades, las mismas que nos dan un soporte necesario a la hora de evaluar diferentes alternativas y escenarios posibles, la toma decisiones sin probabilidades plantea tres escenarios: *optimista, conservador y de arrepentimiento*.

Revise el proceso a seguir, luego de esto, resuelva el ejercicio propuesto.

Resuelva el siguiente ejercicio:

La decisión de Southland Corporation de fabricar una nueva línea de productos recreativos acarrea la necesidad de construir una planta, ya sea pequeña o grande. La mejor selección del tamaño de la planta depende de cómo reaccione el mercado ante la nueva línea de productos. Para realizar un análisis, la gerencia de marketing ha decidido calificar la posible demanda a largo plazo como baja, media o alta. La tabla de resultados siguiente muestra las utilidades proyectadas en millones de dólares:

Tabla 4
Utilidades proyectadas

Alternativa de decisión	Baja	Media	Alta
Pequeño	150	200	200
Grande	50	200	500

Nota. Tomado de Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios (p. 121), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

- a. ¿Qué decisión se debe tomar y cuál es el evento fortuito para el problema de Southland?
- b. Construya un diagrama de influencia.
- c. Elabore un árbol de decisión.
- d. Recomiende una decisión con base en el uso de los enfoques optimista, conservador y de arrepentimiento minimax.



Semana 4

Unidad 2. Análisis de decisiones

2.3. Toma de decisiones con probabilidades

La toma de decisiones es una habilidad esencial en diversos contextos, desde la gestión empresarial hasta la resolución de problemas cotidianos. En escenarios donde la incertidumbre es un factor determinante, las probabilidades se convierten en una herramienta clave para evaluar las posibles alternativas y sus consecuencias.

La toma de decisiones con probabilidades permite analizar situaciones en las que los resultados no son completamente seguros, asignando una medida cuantitativa al grado de incertidumbre asociado con cada opción. Este enfoque facilita la identificación de estrategias óptimas basadas en el cálculo de riesgos y beneficios esperados.

A lo largo del desarrollo de este tema, exploraremos cómo las herramientas probabilísticas, como las distribuciones de probabilidad, los valores esperados y los árboles de decisión, pueden ser aplicadas para estructurar y mejorar la calidad de las decisiones, especialmente en entornos donde la información es incompleta o ambigua.

Para iniciar es importante destacar que, en algunos escenarios, se conoce las probabilidades con las que puede ocurrir un evento, en ese sentido, el cálculo para la toma de decisiones, demanda de un proceso particular, para esto es necesario revisar la temática respectiva en la bibliografía básica.

Retomando nuevamente el ejercicio de la empresa PDC, proporcionado la semana anterior, suponga que se establece una probabilidad inicial de 0,8 de que la demanda será fuerte (s_1) y una probabilidad de 0,2 de que la demanda



será débil (s2). Por tanto, $P(s1) = 0.8$ y $P(s2) = 0.2$. Al utilizar la ecuación del método del valor esperado, calculamos el valor correspondiente para cada una de las tres alternativas:

$$VE(d1) = 0.8(8) + 0.2(7) = 7.8$$

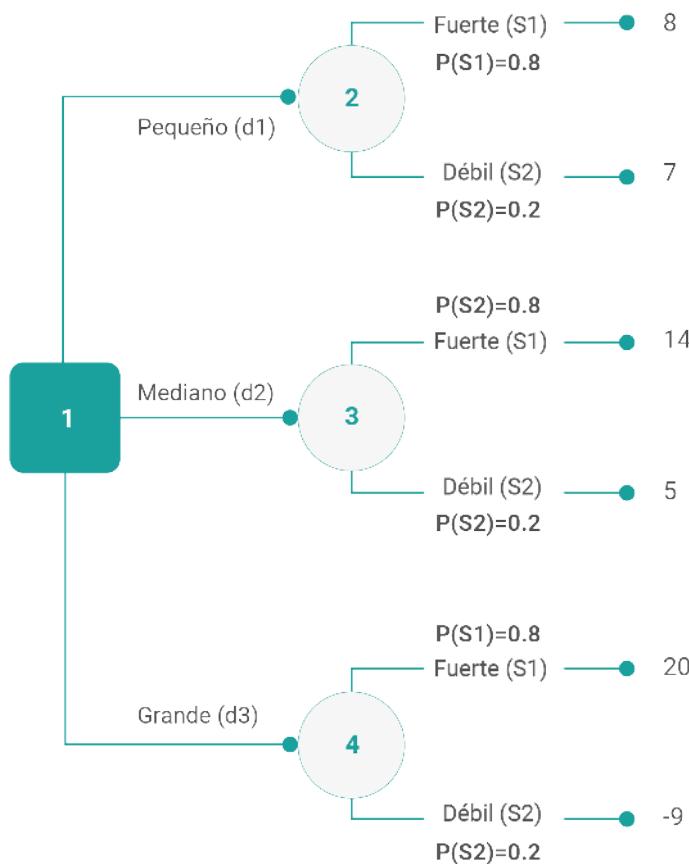
$$VE(d2) = 0.8(14) + 0.2(5) = 12.2$$

$$VE(d3) = 0.8(20) + 0.2(9) = 14.2$$

Al utilizar el método del valor esperado que consiste en la suma de los resultados ponderados para la alternativa de decisión, podemos encontrar como resultado al ejercicio anterior que el complejo de condominios grande, con un valor esperado de \$14.2 millones, es la decisión recomendada. La representación gráfica de este problema queda de la siguiente manera:

Figura 6

Árbol de decisión de PDC con las probabilidades de la rama de estados de la naturaleza



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 99), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Una vez aplicado el método del valor esperado, la gráfica denota lo siguiente:

Figura 7

Aplicación del método del valor esperado utilizando un árbol de decisión



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 99), Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

2.4. Análisis de riesgo y análisis de sensibilidad

Para tener una apreciación más clara, debe revisar los contenidos sobre análisis de riesgo y análisis de sensibilidad proporcionados en la bibliografía básica. Donde se concibe que el análisis de riesgo consiste en comparar los resultados de una decisión con los estados de la naturaleza que podrían darse en la realidad. Asimismo, el análisis de sensibilidad puede utilizarse para determinar cómo los cambios en las probabilidades para los estados de la naturaleza o los cambios en los resultados afectan la alternativa de decisión recomendada. (Anderson, et al., 2019)

Con respecto al ejercicio de la empresa PCD revisado anteriormente, su análisis de riesgo está en función de representar los valores obtenidos con el método del valor esperado, cabe mencionar que se obtuvo como mejor resultado la decisión d3, donde existe una probabilidad del 0.8 de obtener una

utilidad de \$20 millones y una probabilidad de 0.2 de producirse una pérdida de \$9 millones. Por lo tanto, su representación gráfica de análisis de riesgo es la siguiente:

Figura 8

Representación gráfica del análisis de riesgo

Probabilidad



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 102), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Como se puede observar, esta figura presenta una mejor apreciación del riesgo en estas decisiones.

Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de las actividades de aprendizaje que se describen a continuación.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. En el transcurso de esta temática, se ha podido observar que la toma de decisiones se puede presentar de dos formas sin probabilidades y con probabilidades, estas últimas se caracterizan por presentar un porcentaje de ocurrencia de un determinado acontecimiento, el método del valor esperado surge como una alternativa para ser aplicado en

este tipo de problemas. Apóyese en los gráficos disponibles en la bibliografía básica, para así realizar la siguiente actividad.

Con el fin de poner en práctica lo aprendido, se recomienda realizar el siguiente ejercicio.

La empresa Harris SA. Se ve en la necesidad de diseñar nuevos componentes eléctricos para bombillas. En tal caso, se le presentan tres estrategias de diseño. El pronóstico de la demanda (mercado) es de 150 000 unidades. Tomando en cuenta que, mientras mejor sea la estrategia y el mayor el tiempo, menor será el costo variable. En tal virtud se ha evaluado los costos fijos y variables para cada estrategia planteada:

- a. Baja tecnología y bajo costo: costo de esta posibilidad es \$60000 y probabilidad de costo variable de 0.25 para \$0.60 cada unidad, 0.5 para \$0.55 y 0.25 para \$0.50.
- b. Subcontratar: mediano costo de estrategia, \$75000 de costo inicial, costo variable de 0.6 para \$0.55 cada unidad, 0.3 para \$0.50 y 0.1 para \$0.45.
- c. Implementar alta tecnología: tiene un costo inicial de \$75000 con una probabilidad de costo variable de 0,8 para \$0.50 y 0.20 para \$0.45.

Lo que se necesita determinar: ¿Cuál es la mejor decisión para tener un costo más bajo?

Una vez que ha culminado el ejercicio, ¿cuál considera que es la mejor opción?

2. Muy bien, ahora para comprobar sus conocimientos, le invito a desarrollar la siguiente autoevaluación:





Autoevaluación 2

Instrucciones: en la columna de respuesta escriba una V o F según sea verdadero o falso.

1. () El análisis de decisiones se utiliza para desarrollar una estrategia óptima cuando un tomador de decisiones enfrenta varias alternativas de decisión, y a un patrón de eventos futuros incierto.
2. () El siguiente enunciado es un ejemplo de análisis de decisiones: El estado de Carolina del Norte usó el análisis de decisiones cuando evaluó implementar o no un examen médico para detectar desórdenes metabólicos en los recién nacidos.
3. () El primer paso en el proceso del análisis de decisiones es identificar las y las consecuencias asociadas con los resultados de cada alternativa de decisión.
4. () En el análisis de decisiones, los resultados posibles para un evento fortuito se conocen como estados de la decisión.
5. () En el problema de la empresa PDC, planteado en el EVA, el tamaño del complejo es el nodo de decisión, la demanda es el nodo fortuito y la ganancia es el nodo de consecuencia.
6. () El árbol de decisión de la figura 4.2 tiene cuatro nodos, numerados del 1 al 4. Los cuadrados se utilizan para representar los nodos fortuitos y los círculos para representar los nodos de decisión.
7. () En el problema de PDC utilizando el enfoque optimista, primero se determina el resultado máximo para cada alternativa de decisión; luego se selecciona la alternativa de decisión que proporciona el resultado máximo general.
8. () En el enfoque conservador, la alternativa de decisión recomendada es aquella que proporciona el mejor de los peores resultados posibles.



9. () Tomando como análisis el problema de la empresa PDC, la diferencia entre el resultado de la mejor alternativa de decisión (\$20 millones) y el resultado de la decisión de construir un complejo de condominios pequeño (\$8 millones) es la pérdida de oportunidad, o arrepentimiento.

10. () El valor esperado de una alternativa de decisión es la suma de los resultados reales para la alternativa de decisión.

[Ir al solucionario](#)

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 5

Unidad 3. Programación lineal

Ahora estamos en la quinta semana de su programa de estudios, tomemos con entusiasmo el avance en nuestros contenidos, recurra a su bibliografía básica en la unidad recomendada, realice una lectura de forma razonada sobre la Programación lineal.

Tome en cuenta los siguientes apartados

- ¿Qué es la programación lineal?
- Prerrequisitos de la programación lineal continua.
- Formas de representación de un modelo de programación lineal continua.
- Método gráfico.

3.1. Introducción a la programación lineal continua

Es conocido por todos que siempre en cualquier empresa u organización, ya sea de productos o servicios, los administradores o gestores se verán en la situación de tomar decisiones, decisiones que guarden relación con el nivel óptimo de operatividad de la empresa. Tales preocupaciones demandan el

análisis de cómo distribuir, organizar y utilizar los recursos en función de alternativas a futuro. Así, la programación lineal constituye una herramienta que presta un gran beneficio a la hora de analizar el uso de materiales, personas, dinero, maquinaria, etc.

Muchas de las veces la programación lineal no solo acusa el determinar la cantidad apropiada de recursos a utilizar, sino también el cómo se puede hacer un mix de estas para alcanzar los objetivos planteados por la empresa. Para ello, hace uso de modelos matemáticos que representan las circunstancias en las cuales se toman tales decisiones y su relación con el problema en estudio, el término *lineal* guarda referencia con el tipo de ecuaciones empleadas en esta representación, en cambio, que por *programación* entendemos como sinónimo de planeación, en ese sentido, entendemos la programación lineal como planeación de actividades que hacen uso de representaciones matemáticas.

Resulta importante que pueda revisar el contenido relacionado con este tema en su bibliografía básica, donde se describen cuáles son los prerrequisitos de la programación lineal continua. Continuando podemos encontrar uno de los modelos de programación lineal más conocidos, como lo es el caso del método gráfico, este método está orientado la resolución de problemas donde intervienen solo dos variables, lo que permite tener una apreciación geométrica intuitiva de la programación lineal. Revisando la bibliografía básica podrá conocer los aspectos generales, soluciones gráficas y por computadora para un programa lineal solo con enteros, las partes y la aplicación del mismo como vía de resolución, la particularidad de este método es que presenta las soluciones factibles como puntos en una gráfica.

La programación lineal continua representa, en definitiva, una herramienta de mucha aplicación a la hora de evaluar una problemática en función con los recursos actuales, considerando claro está, sus posibles restricciones, lo invito a revisar el video, [Investigación operativa: método gráfico](#), el cual le permite asimilar el proceso para aplicar el método gráfico y obtener la solución a un determinado problema.

3.2. Método gráfico

Para poder fundamentar la parte práctica, realizamos el empleo del método gráfico con el siguiente ejercicio.

- Dada la necesidad de una fábrica de telas, donde elabora dos tipos de tejido A y B. La fábrica dispone de 500 Kg de hilo a, 300 Kg de hilo b y 108 kg de hilo c.
- Para obtener un metro de tejido A diariamente, se necesitan 125 gr de hilo a, 150 gr de hilo b y 72 gr de hilo c.
- Para obtener un metro de tejido B diariamente, se necesitan 200 gr de hilo a, 100 gr de hilo b y 27 gr de hilo c.
- El tejido A se vende el metro en \$40. Y el tejido B en \$50.
- Si se desea obtener el mayor beneficio; ¿cuántos metros del tejido A y del tejido B se debe fabricar?

Paso 1. Determinar el objetivo del ejercicio, en este caso es maximizar.

Paso 2. Identificar las variables:

$$X = \text{Cantidad de metros de tejido A}$$

$$Y = \text{Cantidad de metros de tejido B}$$

Paso 3. Diseñar la función objetivo: $F(x, y) = 40x + 50y$

Paso 4. Una vez dispuestos los pasos anteriores, es necesario ubicar las restricciones del ejercicio planteado, así encontramos lo siguiente:

Tabla 5
Restricciones

	Hilo a	Hilo b	Hilo c
Tejido A	125gr	150gr	72gr
Tejido B	200gr	100gr	27gr
Disponibilidad	500000 gr	300000 gr	108000 gr

Nota. Flores, V., 2023

La tabla anterior nos detalla las cantidades necesarias de hilo (a, b, o c) para poder producir un determinado tipo de tejido, en este caso el *tejido A* y el *tejido B*. Finalmente, muestra la disponibilidad en gramos con que cuenta la empresa actualmente. Con la relación de estas variables se procede a la representación matemática de las mismas, expresadas como restricciones.

$$R1. \quad 125x + 200y \leq 500000$$

$$R2. \quad 150x + 100y \leq 300000$$

$$R3. \quad 72x + 27y \leq 108000$$

$$R4. \quad x, y \geq 0$$

En ese sentido, R1 que es la restricción #1, nos dice que la desigualdad para el tipo de hilo a, está dada por las cantidades que necesita el tipo de tejido A (x) y las cantidades que necesita el tipo de tejido B (y) donde sumadas no pueden sobrepasar la cantidad actual disponible, en este caso, 500000gr.

Así respectivamente, para R2 y R3. Finalmente, R4 representa la restricción para valores positivos, es decir, para poder ejecutar las anteriores restricciones, las variables (x) y (y) deben ser superiores a 0.

Para encontrar los puntos para el plano cartesiano, se parte de la conversión de desigualdades a igualdades para luego ubicar un valor de 0 y encontrar la variable.

R1. $125x + 200y \leq 500000$

Se ubica el valor de $X = 0$, en la igualdad.

$$(125 * 0) + 200y = 500000$$

Se despeja y:

$$y = 500000 / 200$$

$$y = 2500$$

Luego se procede de igual forma para $y = 0$:

$$125x + (200 * 0) = 500000$$

Se despeja x:

$$x = 4000$$

Lo que finalmente nos permite ubicar el punto 1 como resultado:

$$P1(4000, 2500)$$

R2. $150x + 100y \leq 300000$

Se ubica el valor de $X = 0$, en la igualdad.

$$(150 * 0) + 100y = 300000$$

Se despeja y:

$$y = 300000 / 100$$

$$y = 3000$$



Luego se procede de igual forma para $y = 0$:

$$150x + (100 * 0) = 300000$$

Se despeja x:

$$x = 2000$$

Lo que finalmente nos permite ubicar el punto 1 como resultado:

$$P2(2000, 3000)$$

$$\text{R3. } 72x + 27y \leq 108000$$

Se ubica el valor de $X = 0$, en la igualdad.

$$(72 * 0) + 27y = 108000$$

Se despeja y:

$$y = 108000 / 27$$

$$y = 4000$$

Luego se procede de igual forma para $y = 0$:

$$72x + (27 * 0) = 108000$$

Se despeja x:

$$x = 108000 / 72$$

$$x = 1500$$

Lo que finalmente nos permite ubicar el punto 1 como resultado:

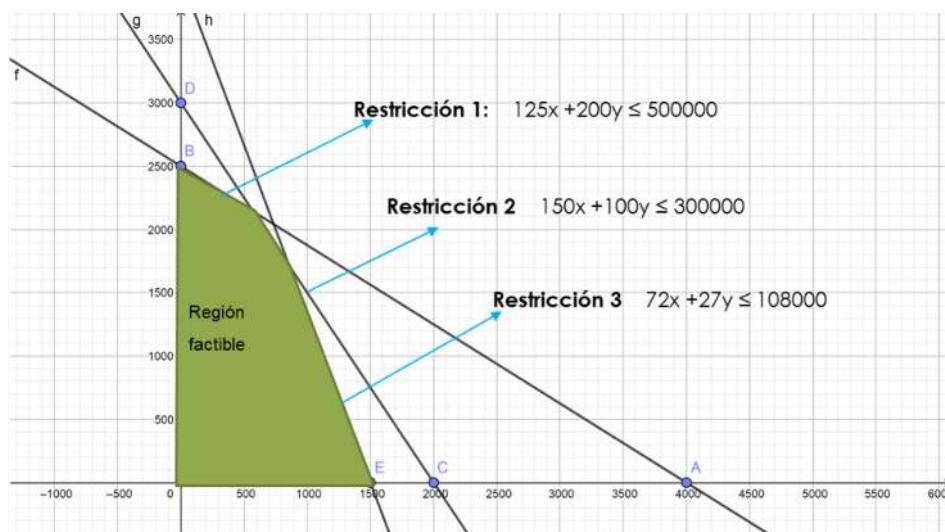
$$P3(1500, 4000)$$



La siguiente figura nos muestra la ubicación de las restricciones de acuerdo a la gráfica, la zona que está pintada de verde representa la región factible de las restricciones. Esta región cumple con todas las restricciones o limitaciones que tiene actualmente la empresa frente al objetivo que busca solucionar el problema, por ende, todos los datos que se encuentren en esta región cumplirán con la meta, ya sea de maximización o minimización.

Figura 9

Representación gráfica de las restricciones

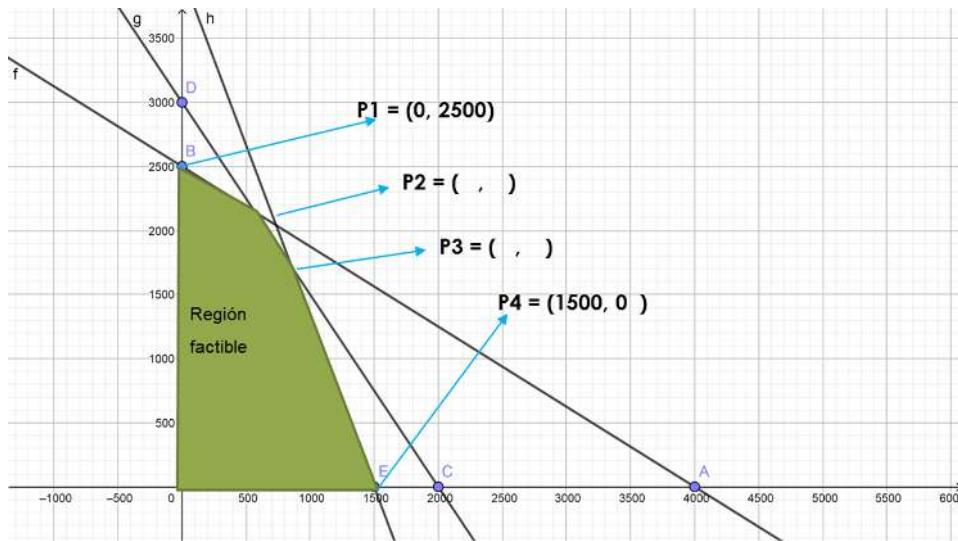


Nota. Flores, V., 2023

Luego de representar las restricciones en la gráfica, se ubica los puntos encontrados en los cálculos anteriores, esto con el fin de poder luego determinar qué puntos cumplen de mejor manera lo deseado en la función objetivo.

Figura 10

Representación gráfica de los puntos encontrados



Nota. Flores, V., 2023

Así se observa que los puntos P2 y P3 aún están pendientes de obtener sus resultados, para esto se utilizan las restricciones que se intersectan en cada punto. Para calcular el punto P2, se observa que las restricciones uno y dos son las que se intersectan en este punto, en cambio, para el punto P3 se observa que las restricciones dos y tres son las que se intersectan en este punto. Luego se realiza el siguiente proceso.

Para obtener el punto P2

La intersección que está en este punto la forman la restricción 1 y la restricción 2.

Restricción 1: $125x + 200y \leq 500000$

Restricción 2: $150x + 100y \leq 300000$

Multiplicamos la ecuación de abajo por (-2), quedando:

$$125x + 200y = 500000$$





$$-300x - 200y = -600000$$

$$-175x + 0y = -100000 \text{ despejamos } x = 100000/175; x = 571,43$$

Posteriormente, se sustituye el valor de $x = 571,43$; en cualquier de las dos ecuaciones. Y despejamos el valor y

$$(150 * 571,43) + 100y = 300000$$

$$Y = (300000 - 85714,29)/100$$

$$Y = 2142,86$$

Quedando finalmente los valores del Punto $P2(571.43; 2142.86)$



Para obtener el punto P3

La intersección que está en este punto la forman la restricción 2 y la restricción 3.

$$\text{Restricción 2: } 150x + 100y \leq 300000$$

$$\text{Restricción 3: } 72x + 27y \leq 108000$$

Multiplicamos la ecuación de arriba por (-72) y la de abajo por 150

$$-10800x - 7200y = -21600000$$

$$10800x + 4050y = 16200000$$

$$0x + 3150y = 5400000$$

$$\text{despejamos } y = 5400000/3150;$$

$$y = 1714,27$$

Posteriormente, se sustituye el valor de $y = 1714,27$; en cualquiera de las dos ecuaciones. Y despejamos el valor x

Sustituimos el valor de $y = 1714, 27$; en cualquiera de las dos ecuaciones.

$$72x + 27y = 108000$$

Y despejamos el valor x

$$x = (108000 - 27y)/72$$

$$x = (108000 - 46285, 71)/72$$

$$x = 857, 14$$

Quedando finalmente los valores del Punto $P3(857,14; 1714,27)$

El último paso que determina el método gráfico es el reemplazar cada uno de los puntos encontrados y evaluar cuál es la que cumple de mejor manera la función objetivo.

Luego de que tenemos los puntos, vamos a evaluar cada punto en función del objetivo.

Aquel valor que genera más ganancia; es la solución óptima

$$Fo : Z = 40x + 50y(\text{maximizar})$$

Punto 1:(0, 2500)

$$F(0, 2500) = 40 * 0 + 50 * 2500 = 0 + 84 = \$125000$$

Punto 2: (571,43; 2142,86)

$$F(571,43; 2142,86) = (40 * 571, 43) + (50 * 2142, 86) = 22857, 2 + 107143 = \$130000, 2$$

Punto 3: (857,14; 1714,27)

$$F(857,14; 1714,27) = (40 * 857, 14) + (50 * 1714, 27) = 34285, 6 + 85713, 5 = \$119999, 1$$

Punto 4:(1500, 0)

$$F(1500, 0) = (40 * 15000) + (50 * 0) = 60000 + 0 = \$60000$$

Tomando en cuenta los cálculos proporcionados, se determina que la mejor opción es el punto 3, ya que cumple con lo especificado en la función objetivo, siendo el valor máximo de \$130000,2.

Con el fin de ampliar la información, le invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje.



Actividad de aprendizaje recomendada

La siguiente actividad tiene como objetivo afianzar sus conocimientos luego de la revisión de los contenidos propuestos para la presente semana, nos referiremos a la programación lineal, específicamente al método gráfico, para tener en claro debe revisar el proceso descrito en la guía y en la bibliografía básica disponible el cual le permitirá diferenciarlas y conocer sus características principales. Con el proceso ya definido, debe realizar los siguientes ejercicios propuestos.

Realice los siguientes ejercicios propuestos:

Ejercicio 1: producción de sillas y mesas.

Una carpintería fabrica sillas y mesas. Cada silla requiere 2 horas de carpintería y 1 hora de pintura. Cada mesa requiere 1 hora de carpintería y 2 horas de pintura. La carpintería tiene disponible 16 horas y la sección de pintura tiene 12 horas por semana. Cada silla genera una ganancia de \$30, y cada mesa una ganancia de \$50.

- Formule el problema y resuévalo gráficamente.
- Determine cuántas sillas y mesas debe fabricar para maximizar la ganancia.
- ¿Cuál es la ganancia máxima?

¡Enhorabuena! Ha finalizado con éxito la presente temática, felicito su empeño en el desarrollo de esta asignatura, lo invito a continuar con los próximos contenidos.



Semana 6

Unidad 3. Programación lineal

En esta sexta semana iniciamos una nueva unidad, realice un trabajo de lectura comprensiva y análisis detallado de los temas relacionados a programación lineal aplicados a problemas de maximización, situaciones donde la empresa busca obtener el máximo ingreso o utilidades.

Para la presente semana se inicia con el estudio referente a la formulación del modelo de programación lineal, para lo cual le invito a revisar el módulo didáctico que le propongo a continuación.

[Formulación del modelo de Programación Lineal](#)

3.3. Problema de maximización

Luego de que hemos establecido el planteamiento del problema, es oportuno abordar la resolución del mismo, para esto partimos del modelo matemático que reúne todas las expresiones antes descritas.

$$Max 40F + 30S$$

Sujeto a (s.a.)

$$0.4F + 0.5S \leq 20 \text{ Material 1}$$

$$0.2S \leq 5 \text{ Material 2}$$

$$0.6F + 0.3S \leq 21 \text{ Material 3}$$

$$F, S \geq 0$$

Para resolver este problema de maximización se decidió utilizar el método gráfico descrito anteriormente, en tal virtud, trataremos la representación de las restricciones en el plano cartesiano.



R1. $0.4F + 0.5S \leq 20$

Se ubica el valor de $F = 0$, en la igualdad.



$$(0.4 * 0) + 0.5S = 20$$

Se despeja S:



$$S = 20/0.5$$



$$S = 40$$



$$(0, 40)$$

Luego se procede de igual forma para $S = 0$;



$$0.4F + 0.5(0) = 20$$

Se despeja F:

$$F = 20/0.4$$

$$F = 50$$

$$(50, 0)$$

R2. $0.2S \leq 5$

Se despeja S:

$$S = 5/0.2$$

$$S = 25$$

R3. $0.6F + 0.3S \leq 21$

Se ubica el valor de $F = 0$, en la igualdad.

$$(0.6 * 0) + 0.3S = 21$$

Se despeja S:

$$S = 21/0.3$$

$$S = 70$$

$$(0, 70)$$

Luego se procede de igual forma para $F = 0$:

$$0.6F + 0.3(0) = 21$$

Se despeja F:

$$F = 21/0.6$$

$$F = 35$$

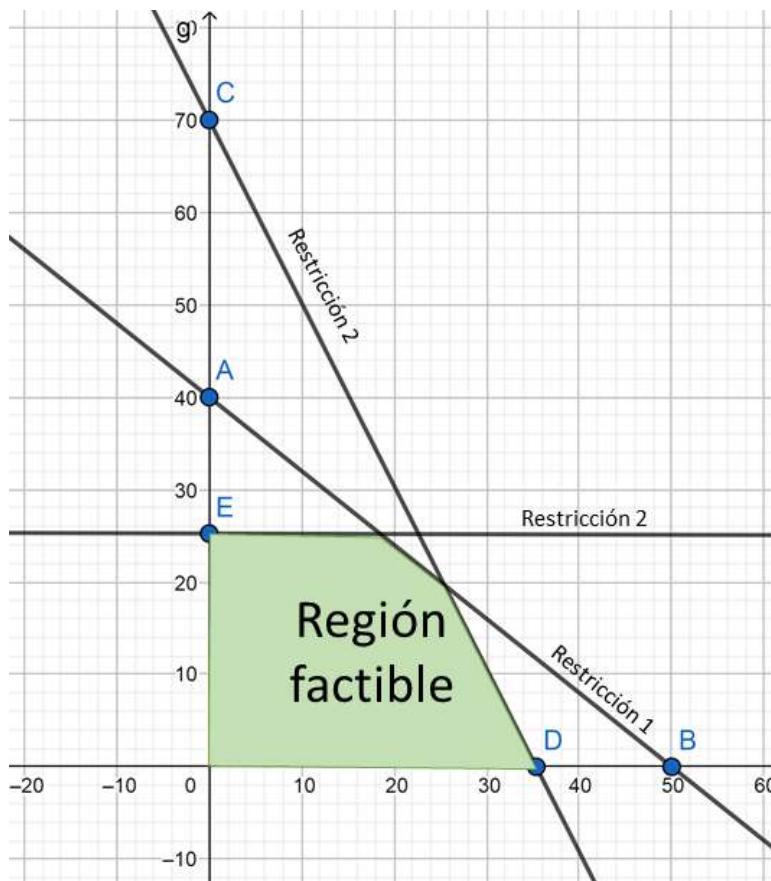
$$(35, 0)$$

El siguiente gráfico representa las restricciones en el plano cartesiano, así mismo podemos encontrar la región factible que es el área donde deben estar los cálculos correctos de la función objetivo y se cumple con todas las restricciones.



Figura 11

Representación gráfica de las restricciones

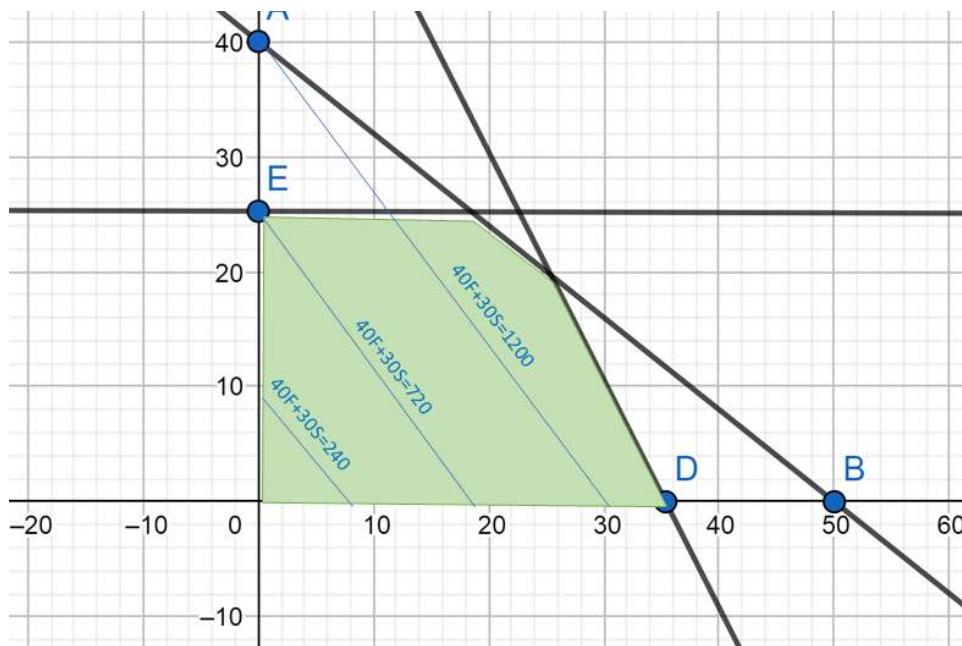


Nota. Flores, V., 2023

Para tener una mayor apreciación del proceso de maximización, se recomienda la revisión de la bibliografía básica. Ahora se presentan los valores óptimos de la función.

Figura 12

Rectas de utilidades seleccionadas para el problema de RMC



Nota. Flores, V., 2023

Como resultado, la solución óptima se encuentra en el punto F 25 y S 20. Esta ubicación proporciona las cantidades de producción óptimas necesarias para el ejercicio de la empresa RMC tomando 25 toneladas de aditivo para combustible y 20 toneladas de base para solvente y produce una maximización de contribución a las utilidades que reemplazando en la función objetivo nos queda: $40(25) + 30(20) = \$1600$.

Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de la actividad de aprendizaje que se describe a continuación.



Actividad de aprendizaje recomendada

Usted ha culminado la revisión de los contenidos de esta semana, es conveniente afianzar sus conocimientos, para esto revise a detalle el proceso de programación para problemas de maximización explicado en la guía didáctica y posteriormente resuelva los siguientes ejercicios de maximización a través del método gráfico.

- Para el programa lineal

$$\text{Max } 2A + 3B$$

s.a.

$$1A + 3B \leq 6$$

$$5A + 3B \leq 15A, B \geq 0$$

Encuentre la solución óptima mediante el procedimiento de solución gráfica. ¿Cuál es el valor de la función objetivo en la solución óptima?

- Resuelva el programa lineal siguiente mediante el procedimiento de solución gráfica:

$$\text{Max } 5A + 5B$$

s.a.

$$1A \leq 100$$

$$1B \leq 80$$

$$2A + 4B \leq 400A, B \geq 0$$





Semana 7

Unidad 3. Programación lineal

Damos inicio a una nueva semana y con esta a un nuevo tema de estudio denominado “Puntos extremos y solución óptima, Problemas de minimización”, en tal virtud, es conveniente que realice la lectura comprensiva de la bibliografía básica, así como de los recursos proporcionados.

- Puntos extremos y solución óptima.
- Problemas de minimización.

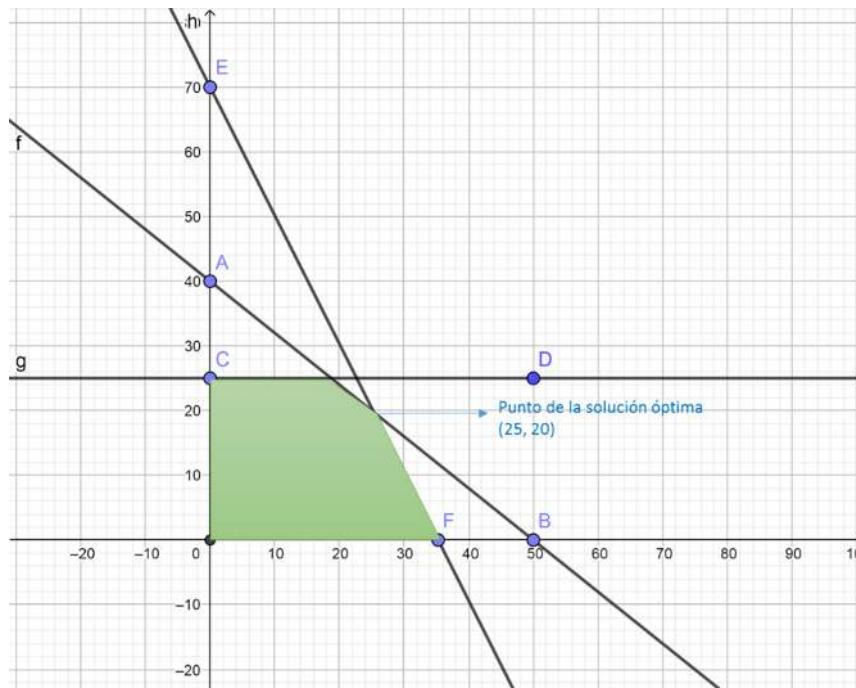
3.4. Puntos extremos y solución óptima

Cuando se revisó el ejercicio sobre el problema de la empresa RMC, pudimos notar que la solución óptima se encuentra en unos de los vértices de la región factible, tal como se indica en la siguiente figura.



Figura 13

Punto de la solución óptima para el problema de RMC

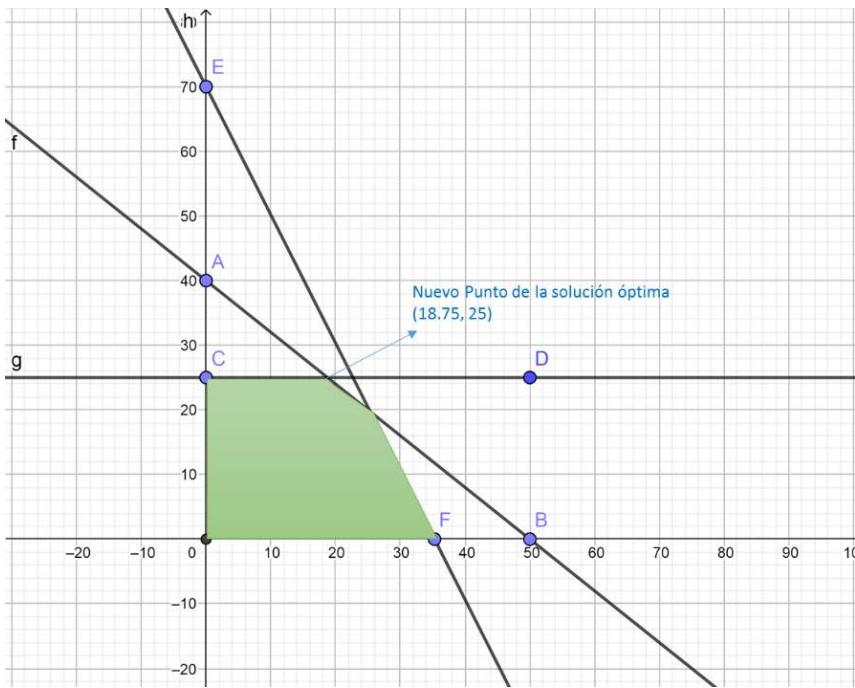


Nota. Flores, V., 2023

Resulta importante ahora analizar qué sucede si los valores de las contribuciones asociadas a la utilidad cambian en la función objetivo. En el ejercicio de RMC, se planteó inicialmente una función objetivo de **Max 40F + 30S**. Si se aumenta el valor de base para solvente de 30 a 60, la nueva función objetivo quedaría **Max 40F + 60S**. Si consideramos que las restricciones y el resto de valores se mantienen, ¿qué pasa con el punto de la solución óptima?

Figura 14

Nuevo punto de la solución óptima para el problema de RMC



Nota. Flores, V., 2023

Las figuras anteriores nos permiten concluir que la solución óptima va a estar siempre en uno de los vértices o extremos de la región factible, por lo que no es necesario evaluar todos los posibles puntos dentro de la región factible, sino solo aquellos que se encuentran en sus puntos externos. (Anderson et al., 2019)

3.5. Problemas de minimización

Dentro de la programación lineal, muchas de las veces los problemas estarán orientados a la maximización de la utilidad, sin embargo, habrá ocasiones donde el objetivo sea diferente, es decir, se buscará la minimización de los costos. En ese sentido, para abordar estos problemas, como se expone en la bibliografía básica, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Prepare una gráfica para cada restricción que muestre las soluciones que satisfacen la restricción.
2. Determine la región factible al identificar las soluciones que satisfacen todas las restricciones de forma simultánea.
3. Trace una recta de la función objetivo que muestre los valores de las variables de decisión que producen un valor específico de la función objetivo.
4. Mueva las rectas paralelas de la función objetivo hacia valores menores de la función objetivo hasta que, al moverlas más, queden completamente fuera de la región factible.
5. Cualquier solución factible en la recta de la función objetivo con el valor menor es la solución óptima.

Para tener una mejor apreciación revisar el ejercicio de programación lineal, en él se propone el problema de la empresa M&D Chemicals, que elabora un par de materias primas para jabón y detergente, se ha decidido determinar que la producción combinada de los productos A y B debe sumar un total de 350 galones como mínimo. Se tiene el pedido de 125 galones del producto A con un cliente importante. El tiempo por galón requerido tanto del producto A como del producto B son 2 y 1 hora respectivamente, adicional se cuenta con 600 horas de tiempo de procesamiento disponibles. Por lo que se busca determinar un costo de producción total mínima. El producto A tiene un costo de producción de \$2 el galón y el producto B de \$3 por galón (Anderson et al., 2019).

El proceso para resolver el presente ejercicio no difiere mucho del problema de maximización, inicialmente partimos de la formulación de la función objetivo, para luego establecer las restricciones y los cálculos posteriores, así obtenemos lo siguiente:

$$\text{Min } 2A + 3B$$

s.a

$$1A \geq 125$$

$$1A + 1B \geq 350$$

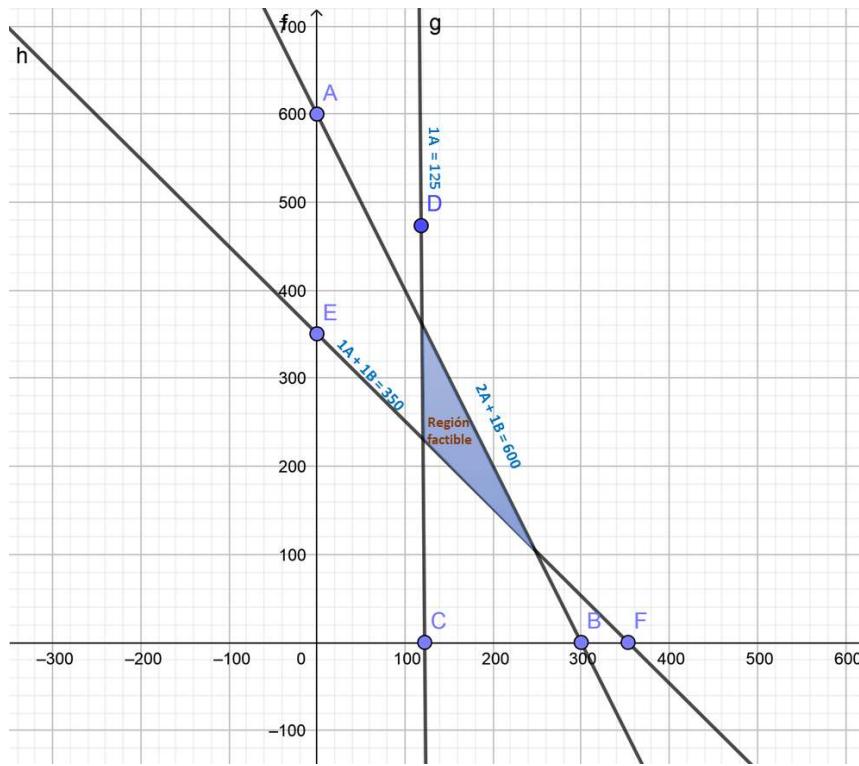
$$2A + 1B \leq 600$$

$$A, B \geq 0$$

Para el presente problema se determinó el uso del método gráfico, para esto continuamos con su representación.

Figura 15

Representación gráfica de las restricciones

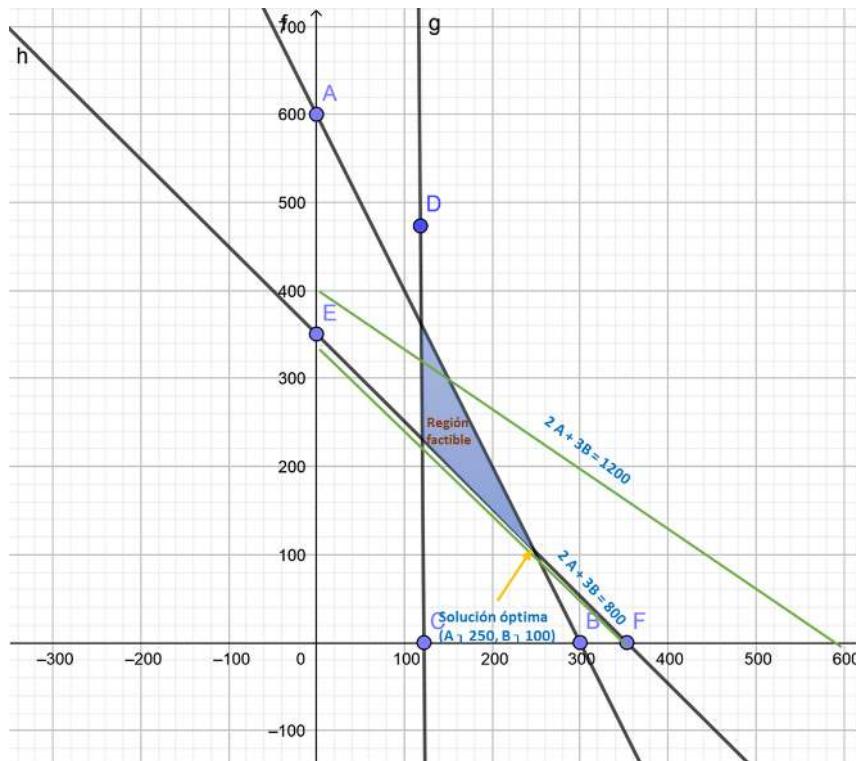


Nota. Flores, V., 2023

En la figura anterior se muestra la representación de las restricciones a través de sus desigualdades, en ese sentido se puede ubicar la región factible en cada uno de los puntos externos o vértices, luego se procederá trazar las líneas de las funciones con el fin de luego poder ubicar cuál es la solución óptima.

Figura 16

Representación gráfica de la solución óptima



Nota. Flores, V., 2023.

Así se concluye que la recta de la función objetivo $2A + 3B = 800$ se interseca con la región factible en el punto extremo $A = 250$ y $B = 100$. Este punto extremo proporciona la solución de costo mínimo con un valor de la función objetivo de 800.

Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de las actividades de aprendizaje que se describen a continuación.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Hemos culminado la semana concerniente a los temas de puntos externos, solución óptima y problemas de minimización. Antes de

desarrollar la actividad de aprendizaje, es necesario que afiance su conocimiento revisando en casa el proceso detallado en la guía didáctica y bibliografía básica, con el proceso ya asimilado, realice la siguiente actividad de aprendizaje.



- Considere el programa lineal siguiente:



$$\text{Min } 3A + 4B$$



s.a.

$$1A + 3B \geq 6$$



$$1A + 1B \geq 4$$



$$A, B \geq 0$$

- Identifique la región factible y encuentre la solución óptima mediante el procedimiento de solución gráfica. ¿Cuál es el valor de la función objetivo? Considere el programa lineal siguiente:

$$\text{Min } 2A + 2B$$

s.a.

$$1A + 3B \leq 12$$

$$3A + 1B \geq 13$$

$$1A - 1B = 3$$

$$A, B \geq 0$$

- Muestre la región factible.
- ¿Cuáles son los puntos extremos de la región factible?
- Encuentre la solución óptima mediante el procedimiento de solución gráfica.

2. Le invito a comprobar lo aprendido, desarrollando la siguiente autoevaluación:



Autoevaluación 3

Instrucciones: ubique de manera correcta cada término en el cajón de la característica que corresponde.

- Región factible.
- Línea de frontera de restricción.
- La programación lineal consiste.
- Función objetivo de minimización.
- Programación lineal.
- Método gráfico.
- Puntos externos.
- Función objetivo de maximización.
- Restricción.
- Restricción de no negatividad.

Tabla

No.-	Término	Descripción
1		Se utiliza un modelo matemático para representar el problema bajo estudio.
2		Pueden mostrar las soluciones posibles como puntos en una gráfica de dos dimensiones.
3		Parte de la gráfica de dos dimensiones donde están todas las soluciones factibles.
4		Línea que forma el límite de lo que está permitido por una restricción en ocasiones.
5		Describe una limitante en los valores posibles para los niveles de las actividades.
6		Ejemplo $A, B \leq 0$.

No.-	Término	Descripción
7		Puntos o vértices que están en la región factible, de los cuales se puede obtener la solución óptima.
8		Max $40F + 30S$.
9		En elegir un curso de acción cuando el modelo matemático del problema contiene solo funciones lineales.
10		Min $35F + 27S$.

[Ir al solucionario](#)

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 8

Actividades finales del bimestre

Estimado estudiante, felicito su esfuerzo mostrado en todo este primer bimestre, en tal virtud, le invito a realizar una revisión de los temas abordados, realizando una lectura comprensiva con el objetivo de mantener actualizados sus conocimientos, ayúdese en los resúmenes y actividades de aprendizaje recomendadas durante el bimestre.

Ahora se desarrollará la verificación del nivel de conocimiento alcanzado, para esto se utilizarán las autoevaluaciones, por favor, es imperativo que usted, previo al examen, revise una vez más todos los contenidos del presente bimestre.





Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 2:

Aplica la investigación operativa en la toma de decisiones.

El presente resultado de aprendizaje le permitirá revisar algunos métodos y herramientas para el análisis y toma de decisiones, esto a través de la aplicación de temáticas como la teoría de redes, que busca como tal la maximización del flujo máximo, así como abordar los problemas de costo mínimo, costo fijo. Por otro lado, también se implementa el estudio de los pronósticos como vía de análisis a futuro, como también, metodologías como análisis de tiempos determinísticos tanto de PERT como CPM.

Lo antes mencionado provee de sólidas herramientas para la toma de decisiones orientadas a la optimización de sus resultados, para esto es necesario ir integrando variables actuales de la empresa, las cuales serán validadas en diferentes escenarios, para luego determinar la solución más viable sea ya para encontrar la ruta crítica, el camino más corto, el problema de transporte y costo mínimo de flujos.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



Semana 9

Unidad 4. Teoría de redes

Es meritorio destacar su avance en este periodo, ahora iniciamos nuestro segundo bimestre, estoy seguro de que nos irá de lo mejor. Para ello, lo invito a mantener el mismo esfuerzo y entusiasmo del bimestre anterior. En esta semana trataremos la unidad 4 sobre la *Teoría de redes*, realice la lectura comprensiva de:

- Introducción a la teoría de redes.
- Ejemplos de modelos de investigación de operaciones para redes.
- Modelos de redes.

Los conocimientos adquiridos de estos temas le permitirán:

1. Identificar las antecedentes de la teoría de redes, sus características y beneficios.
2. Reconocer los diferentes problemas prácticos donde se puede hacer uso de la teoría de redes y sus modelos.

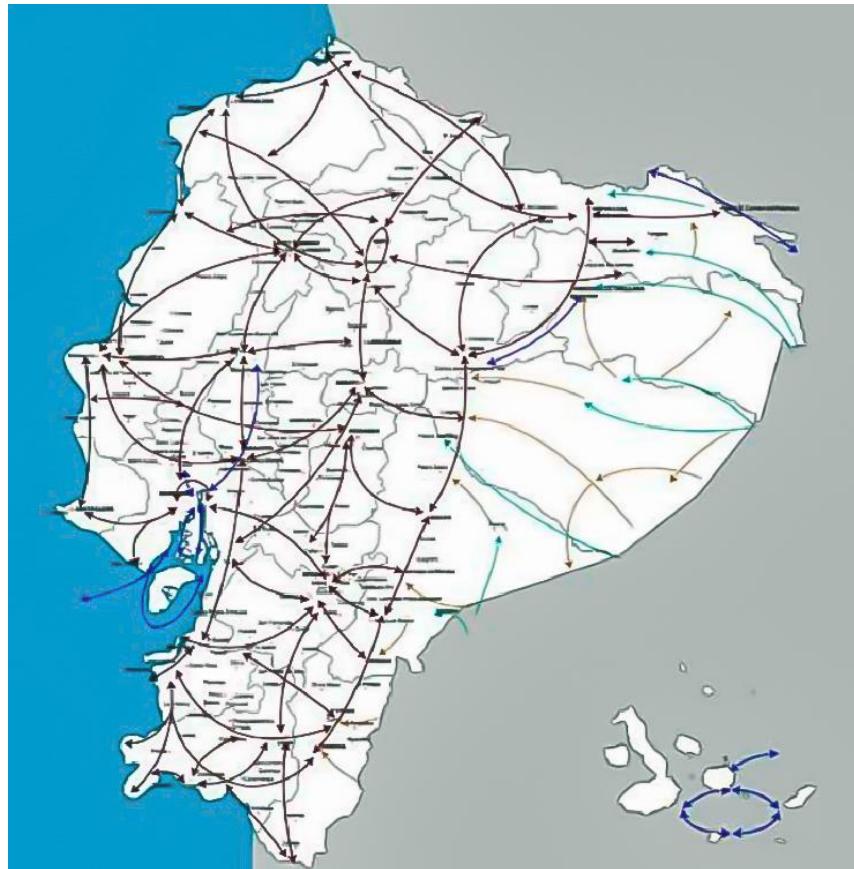
El siguiente recurso educativo le permite tener una introducción sobre la teoría de redes, así como de sus principales elementos y objetivos. Lo invito a revisar el video, [Modelos de Redes 01. Introducción](#).

4.1. Introducción a la teoría de redes

En nuestra vida cotidiana podemos observar que las redes aparecen en algunos campos de aplicación del sector empresarial, así por ejemplo se puede mencionar en el campo del transporte, en las comunicaciones, en las redes eléctricas, en las redes de distribución, entre otras. La siguiente figura nos muestra un claro ejemplo.

Figura 17

Ejemplo de una red de transporte



Nota. Tomado de *Esquema general de conectividad*. Tomada de “*Plan estratégico de movilidad 2013-2037*” [Ilustración], por Ministerio de transporte y obras públicas, 2016, [Ministerio de transporte y obras públicas](#), CC BY 4.0.

Estas redes constituyen para la empresa un campo de gran análisis que involucra el estudio de algunas variables, principalmente orientadas a la búsqueda de la maximización de la utilidad o la minimización del gasto, en ambos casos, interviene la toma de decisiones para poder llegar a cumplir tales objetivos, esta toma de decisiones debe fundamentarse en métodos que permitan aprovechar de mejor manera la distribución que se tiene en dicha red.

En investigación operativa, la teoría de redes por lo general muestra su aplicación práctica a la hora de resolver problemas, tales como lo señala la siguiente figura que representa las diferentes aplicaciones de la teoría de redes.

Figura 18

Aplicaciones de la teoría de redes



Nota. En la figura se representan las diferentes aplicaciones de la teoría de redes.
Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 372), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Los problemas antes señalados, establecen necesidades particulares a cumplir dentro de las empresas, por ejemplo, cuando se trata un problema de flujo máximo, lo que se busca es aprovechar la capacidad máxima de envío a través de una red, en el problema de costo mínimo, el objetivo es enviar una cantidad determinada por medio de rutas (arcos) dentro de una red, permitiendo obtener el menor costo de envío posible, en cambio, los problemas de asignación buscan poder asignar ya sea una persona, un agente o una máquina a una tarea o actividad específica alcanzando la optimización

deseada, finalmente los problemas de transporte establecen algunos requerimientos al alcanzar como la ruta más corta y transbordos utilizados en una determinada red desde un origen hasta un destino deseado.

Lo expuesto, denota el amplio campo de aplicación que tiene la teoría de redes dentro de la investigación operativa, destacando su apoyo en la toma de decisiones, involucrando siempre la optimización de los recursos o la maximización de la ganancia.

En las siguientes semanas se trabajará detenidamente en cada uno de los problemas expuestos dentro de la teoría de redes, para esto es importante apoyarse en la bibliografía básica proporcionada, esta temática le permitirá facilitar su comprensión de qué áreas pueden verse beneficiadas tras la aplicación de la teoría de redes.

Con el propósito de evaluar los conocimientos adquiridos le animo a desarrollar la siguiente actividad de aprendizaje:



Actividad de aprendizaje recomendada

Luego del análisis de los contenidos de esta unidad en la semana nueve, le invito a desarrollar una lectura y un análisis crítico previo de la temática abordada, se sugiere revisar nuevamente la bibliografía básica orientados a la programación lineal, con los fundamentos revisados desarrolle el siguiente juego de completar:

[Actividad teorías de redes](#)



Semana 10

Unidad 4. Teoría de redes

En la segunda semana del presente bimestre nos compete revisar el tema de la unidad 4, denominado Modelo de redes para el problema de flujo máximo, es recomendable el análisis de los contenidos:

- Problemas de flujo máximo.
- Características generales.
- Ejemplos.

La lectura dinámica y comprensiva de estos temas le permitirá adquirir conocimientos con los cuales usted podrá:

1. Identificar qué características presenta un problema de flujo máximo.
2. Qué metas busca alcanzar un problema de flujo máximo.

4.2. Modelo de redes para el problema de flujo máximo

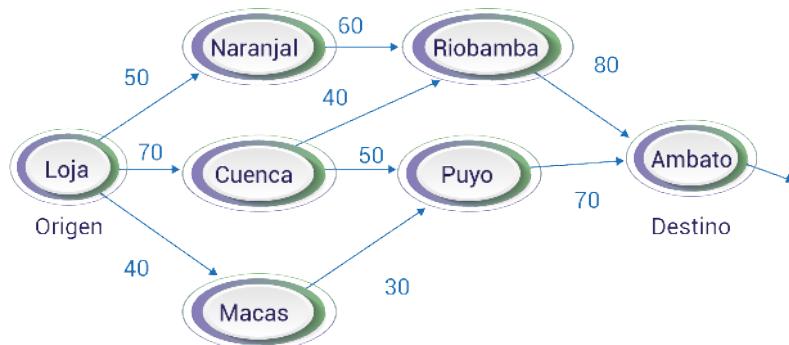
En el quehacer diario de las empresas o plantas de manufactura, se presentan situaciones con relación a la movilización y distribución de sus productos o mercancías, esto demanda el implementar medidas en algunos casos que permita minimizar los costos, pero también se buscará en sentido contrario definir formas que maximicen el flujo de cierta cantidad en la red de distribución, para esto se tendrá que tomar en cuenta algunas variables que permita ejecutar tal análisis.

El problema de flujo máximo tiene como principal objetivo encontrar un plan de flujo que maximice el flujo desde la fuente al destino, entendiendo como fuente al nodo donde se origina y destino al nodo final, por lo que deberá medirse la cantidad objetiva en función de la cantidad que sale de la fuente o de la cantidad que llega al destino, para esto es necesario la revisión del arco, que constituye todos los posibles caminos o rutas que se pueden seguir.



Figura 19

Ejemplo de una red entre ciudades para el problema de flujo máximo

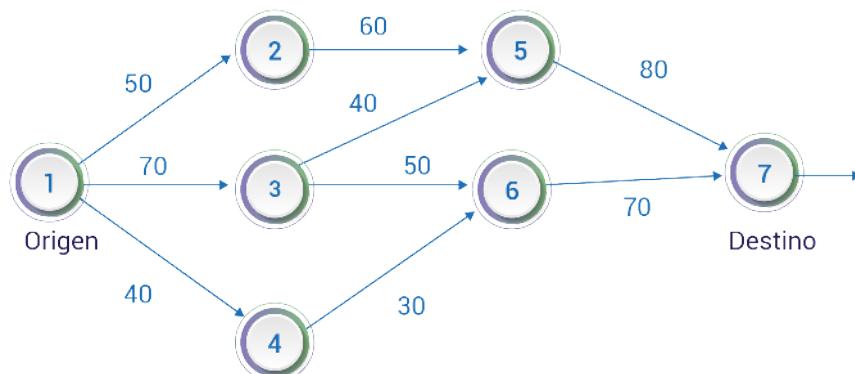


Nota. Flores, V., 2023.

La figura ejemplifica, una red de transporte que va desde el origen que es la ciudad de Loja hasta el destino en la ciudad de Ambato, para esto se cumplen algunas rutas (arcos) a través de los cuales existe una capacidad específica representada por las cantidades descritas en cada flecha, lo que se busca es poder determinar la cantidad máxima de flujo que pueden entrar y salir de un sistema de red en un periodo dado. En algunos casos los nodos pueden también ser representados por letras o números, así la red anterior quedaría de la siguiente manera.

Figura 20

Red para el problema de flujo máximo



Nota. Flores, V., 2023.

Este tipo de redes, está sujeto también al desarrollo de una función objetivo, así como al cumplimiento de algunas restricciones presentes en los nodos como en los arcos, estas restricciones deben ser evaluadas para finalmente poder cumplir con la solución óptima, para la red de la figura anteriormente descritas, tales condiciones son las siguientes:

- Variables de decisión

$$X_{ij} = \text{cantidad de flujo de tráfico desde el nodo } i \text{ (inicio) al } j \text{ (destino)}$$

- Función objetivo

$$\text{Max nodo } X_{17}$$

- Restricciones de los nodos.

Tabla 6

Restricciones de nodos

<i>Restricciones de salida (se refiere a los flujos que salen de un nodo, se representan con signo "+")</i>	<i>Restricciones de entrada (se refiere a los flujos que llegan a un nodo se representan con signo "-")</i>
Nodo 1: $X_{12} + X_{13} + X_{14}$	Nodo 1:
Nodo 2: X_{25}	Nodo 2: $-X_{12}$
Nodo 3: $X_{35} + X_{36}$	Nodo 3: $-X_{13}$
Nodo 4: X_{46}	Nodo 4: $-X_{14}$
Nodo 5: X_{57}	Nodo 5: $-X_{25} - X_{35}$
Nodo 6: X_{67}	Nodo 6: $-X_{36} - X_{46}$

Nota. La tabla representa las restricciones tanto de entrada como de salida de cada uno de los nodos de la red. Flores, V., 2023.

Restricciones de los arcos (indican la capacidad máxima que se puede enviar por ese arco).

$$X_{12} \leq 50 \quad X_{13} \leq 70 \quad X_{14} \leq 40 \quad X_{25} \leq 60$$

$$X_{35} \leq 30 \quad X_{35} \leq 40$$

$$X_{46} \leq 30$$

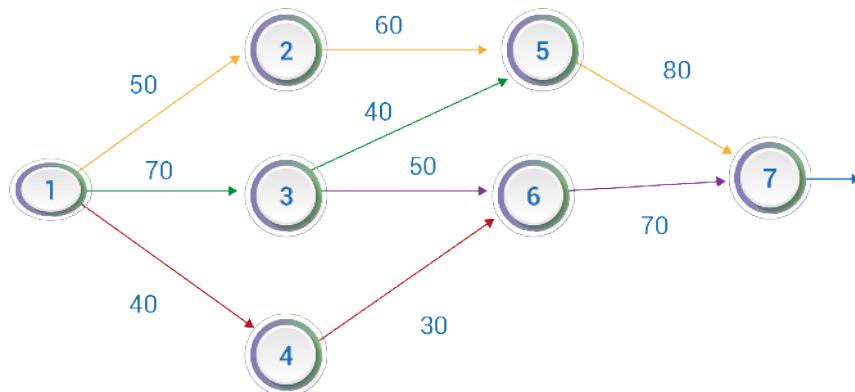
$$X_{57} \leq 80$$

$$X_{67} \leq 70$$

Una vez establecida la función objetivo y las restricciones del problema, se puede desarrollar el proceso de solución para el problema de flujo máximo, para esto es necesario identificar todas las posibles rutas que se pueden utilizar para llegar del nodo inicio al nodo destino, luego se procede a desarrollar cada una de las iteraciones, así, por ejemplo, la siguiente figura representa las rutas disponibles que posee la red y que deben ser analizadas para aplicar el flujo máximo.

Figura 21

Identificación de las rutas de la red del problema de flujo máximo



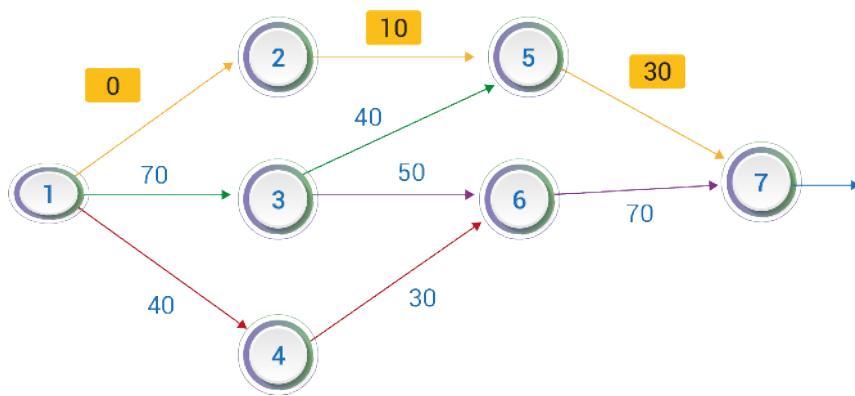
Nota. La figura representa las rutas disponibles que posee la red y que deben ser analizadas para aplicar el flujo máximo. Flores, V., 2023

Primera iteración:

La primera ruta seleccionada es la ruta 1-2-5-7, en esta ruta la menor capacidad que se puede enviar es 50, por lo tanto, se realiza el correspondiente envío restando de la capacidad de cada arco, la red resultante de la primera iteración es:

Figura 22

Red resultante de la primera iteración



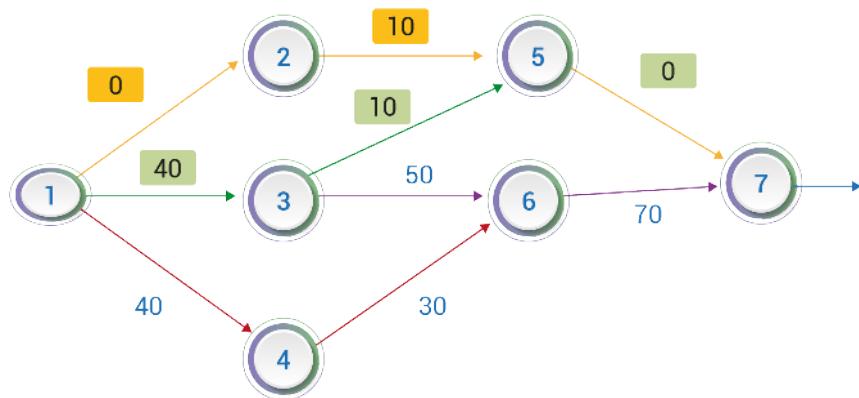
Nota. Flores, V., 2023.

Segunda iteración:

Con la nueva red se elige la siguiente ruta para desarrollar el envío de flujo correspondiente, en este caso se toma la ruta 1-3-5-7, aquí la menor capacidad es 30, se realiza el envío y a restar de las capacidades de cada arco.

Figura 23

Red resultante de la segunda iteración



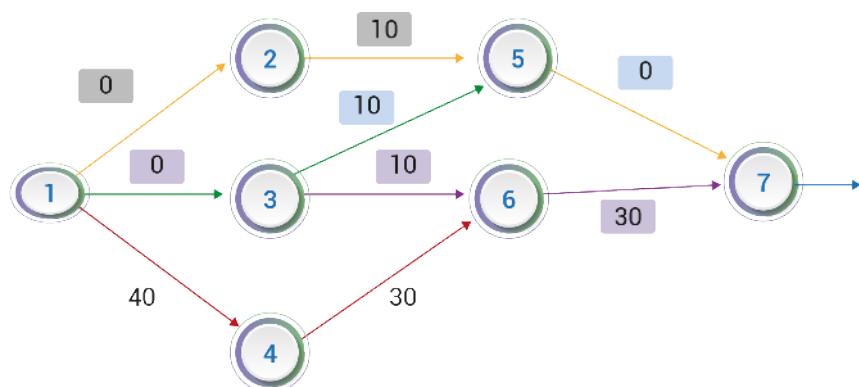
Nota. Flores, V., 2023.

Tercera iteración:

Ahora se elige la siguiente ruta para desarrollar el envío de flujo correspondiente, la ruta a tomar es 1-3-6-7, aquí la menor capacidad es 40, se realiza el envío y a restar de las capacidades de cada arco.

Figura 24

Red resultante de la tercera iteración



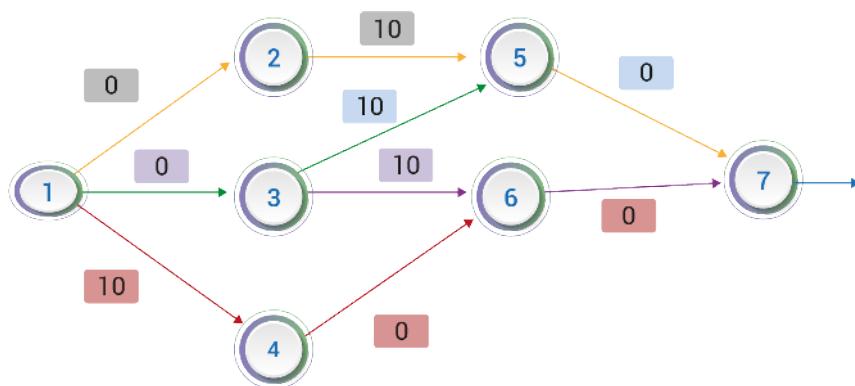
Nota. Flores, V., 2023.

Cuarta iteración:

La siguiente ruta para desarrollar el envío de flujo correspondiente, la ruta a tomar es 1-4-6-7, la menor capacidad es 30, se realiza el envío y a restar de las capacidades de cada arco.

Figura 25

Red resultante de la cuarta iteración



Nota. Flores, V., 2023.

Cuando en los arcos las capacidades han llegado a cero (0), se entiende que ya no es posible enviar ningún otro elemento por ese arco, finalmente para determinar la función objetivo se suman todos los valores de envío seleccionados en cada iteración y esto nos dará como resultado el flujo máximo que se puede enviar en esta red, así por ejemplo para el presente ejercicio quedaría como resultado lo siguiente:

Primera iteración: $1 - 2 - 5 - 7 = 50$

Segunda iteración: $1 - 3 - 5 - 7 = 30$

Tercera iteración: $1 - 3 - 6 - 7 = 40$

Cuarta iteración: $1 - 4 - 6 - 7 = 30$

$$Total = 150$$

En la bibliografía básica podemos encontrar lo relacionado con Modelos de distribución y de red. Esta revisión le permitirá a usted conocer cómo se puede presentar un problema de flujo máximo, aquí reconocerá los antecedentes y necesidades, para luego poder ejecutar el desarrollo del método y llegar a la solución de maximización.

Para poder tener una mayor fundamentación del tema impartido en esta semana, resulta necesaria la revisión de los [Modelos de redes 05 El problema de flujo máximo](#), mismo que esclarece un poco más lo antes expuesto, lo invito a revisar este contenido.

Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de la siguiente actividad.



Actividad de aprendizaje recomendada

Le invito a participar de la siguiente actividad de aprendizaje cuya meta es que afiance esta temática. Que pretende que usted reconozca las principales características de los *métodos de transporte* y verifique el más adecuado según el tipo de producto, para esto, realice la revisión de los contenidos compartidos en esta semana, apóyese en la bibliografía básica.

Encuentre en la sopa de letras los términos que corresponden a los problemas de flujo máximo:

[Problemas de flujo máximo](#)





Semana 11

Unidad 4. Teoría de redes

Estimado estudiante, avanzamos a la semana 3 del segundo bimestre, en la cual revisaremos los contenidos respecto al modelo de redes para el problema de costo mínimo, para esto debe apoyarse en la bibliografía básica proporcionada, por favor dé lectura a los siguientes puntos:

- Problemas de costo mínimo.
- Ejemplos.
- Características generales.
- Supuestos en un problema de flujo a costo mínimo.

Luego de la lectura de los temas expuestos, usted podrá:

1. Establecer cómo se presentan los problemas de costo mínimo.
2. Estudiar algunos ejemplos de este método.
3. Determinar las características y los supuestos previos en que se puede presentar el problema de costo mínimo.

4.3. Modelo de redes para el problema de costo mínimo

Como se mencionó anteriormente, la teoría de redes sirve para la resolución de una serie de problemas que llevan a la empresa a evaluar las acciones a seguir para alcanzar el máximo de los objetivos. En ese contexto, el problema de costo mínimo pretende aprovechar una red tomando en cuenta las rutas (arcos) que representen el menor costo posible.

Para abordar un problema de costo mínimo, es necesario tener presentes algunas consideraciones previas:

1. En la red debe cumplirse que al menos uno de los nodos es un *nodo de oferta*.



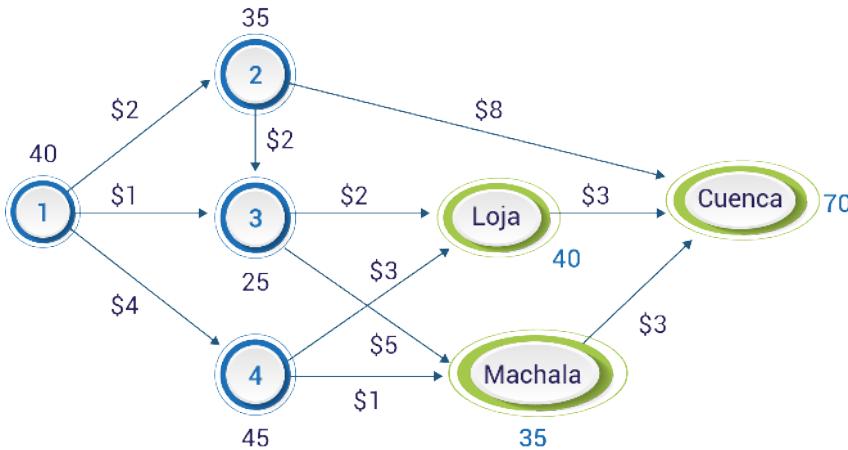
2. En la red debe cumplirse que, al menos uno, de los otros nodos es un *nodo de demanda*.
3. Todos los nodos restantes son *nodos de transbordo*.
4. Para representar el flujo a través de un arco solo se permite en la dirección que indica la flecha, en este, la cantidad máxima de flujo está dada por la *capacidad de ese arco*. (Si el flujo se puede dar en ambas direcciones, esto se representa por un par de arcos que señalan en direcciones opuestas).
5. Asimismo, la red cuenta con arcos con capacidad suficiente como para permitir que el flujo que se genera en los nodos de oferta llegue a todos los nodos de demanda.
6. En cada arco, el costo del flujo es proporcional a la cantidad de ese flujo, donde se conoce el costo *por unidad*.
7. El objetivo es *minimizar* el costo total de enviar la oferta disponible a través de una red para satisfacer la demanda dada. (Un objetivo alternativo es maximizar la ganancia total de hacer esto).



Tomando en cuenta lo mencionado, nos lleva a formular un ejemplo que permita llevar a cabo el proceso para obtener el costo mínimo, así tenemos el siguiente ejercicio: una empresa energética dispone de cuatro plantas de generación, para satisfacer la demanda de tres ciudades, Cuenca, Loja y Machala. Las plantas 1, 2, 3 y 4 pueden satisfacer 40, 35, 25 y 45 millones de Kwh al día, respectivamente. Las necesidades de las ciudades son de 70, 40 y 35 millones de Kwh al día, respectivamente. Los costos asociados al envío de cada 1 Kwh entre cada planta y cada ciudad son los registrados en la siguiente tabla. Lo que se requiere es establecer el proceso para alcanzar el costo mínimo que permita cubrir la demanda. La figura siguiente describe la red existente desde las plantas 1-2-3-4 hacia las ciudades destinos Loja-Cuenca-Machala.

Figura 26

Red sobre el problema de costo mínimo.



Nota. La figura describe la red existente desde las plantas 1-2-3-4 hacia las ciudades destinos Loja-Cuenca-Machala. Flores, V., 2023.

El problema de costo mínimo, como el resto de problemas que se trabajan en la teoría de redes, se ajusta también a la presencia de la función objetivo, de las restricciones de los nodos ofertas, nodos demanda y de los arcos.

Para el problema de costo mínimo, las restricciones o condiciones son las siguientes:

- Variables de decisión

$X_{ij} = \text{cantidad de unidad es desde el nodo } i(\text{inicio}) \text{ al nodo } j(\text{destino})$

- Función objetivo.

La función objetivo está dada por la sumatoria de todos los costos de envío desde los nodos orígenes a los nodos destino, con el objetivo de alcanzar el menor costo posible para la empresa. Si cambiamos los nombres de Loja, Machala y Cuenca y los reemplazamos por los números 5, 6 y 7, respectivamente, la función objetivo sería:

$$\text{Min } 2X_{12} + X_{13} + 4X_{14} + 2X_{23} + 8X_{27} + 2X_{35} + 5X_{36} + 3X_{45} + X_{46} + 3X_{57} + 3X_{67}$$

- Restricciones de los nodos.

Tabla 7
Restricciones de nodos

Restricciones de Oferta	Restricciones de demanda
Nodo 1: $x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 40$	Nodo 5: $x_{35} + x_{45} = 40$
Nodo 2: $x_{23} + x_{27} \leq 35$	Nodo 6: $3x_{36} + x_{46} = 35$
Nodo 3: $x_{35} + x_{36} \leq 25$	Nodo 7: $x_{27} + x_{57} + x_{67} = 70$
Nodo 4: $x_{45} + x_{46} \leq 45$	

Nota. La figura detalla las restricciones de oferta y demanda de cada nodo de la red.
Flores, V., 2023.

Una vez establecidas las restricciones previas, se organiza en una tabla los costos de envío desde los nodos oferta a los nodos demanda:

Tabla 8
Costos de envío

	Cuenca	Loja	Machala	Oferta
Planta 1	6	3	5	40
Planta 2	7	4	7	35
Planta 3	5	2	5	25
Planta 4	4	3	1	45
Demanda	70	40	35	

Nota. Flores, V., 2023.

Primera Iteración: se toma en cuenta el valor de costo de envío más bajo y se compara la cantidad de demanda y la oferta disponible en ese nodo.

Así, por ejemplo, se parte del costo de \$1 que va desde la planta 4 hasta la ciudad de Machala, luego se determina la demanda que en este caso es 35 y la oferta de 45, por lo tanto, se envía los 35 y se resta de la oferta, quedando así:

Tabla 9
Primera iteración

Cuenca	Loja	Machala	Oferta
Planta 1			40
Planta 2			35
Planta 3			25
Planta 4		35	10
Demanda	70	40	0

Nota. Flores, V., 2023.

Segunda Iteración: continuando con el siguiente valor menor de costo de envío que es \$2 se compara la cantidad de demanda y la oferta disponible en ese nodo. Ahora la demanda es de 40, pero la oferta disponible en la planta 3 solo es de 25, por lo tanto, se envía los 25 y a restar de la demanda, quedando aún pendiente una cantidad de 15 por enviar, la cual se podrá cubrir con las siguientes iteraciones.

Tabla 10
Segunda iteración

	Cuenca	Loja	Machala	Oferta
Planta 1				40
Planta 2				35
Planta 3		25		0
Planta 4			35	10
Demanda	70	15	0	

Nota. Flores, V., 2023.

Las siguientes iteraciones se fundamentan en el mismo proceso, ubicar el costo menor de envío y comparar la cantidad de demanda y la oferta disponible e ir enviando la cantidad que se pueda cubrir; en aquellos casos donde se ha cubierto la demanda o donde se ha agotado la oferta se coloca el valor de 0, para este ejercicio queda la siguiente tabla resultante.

Tabla 11
Comparación de cantidad de demanda y oferta disponible

	Cuenca	Loja	Machala	Oferta
Planta 1	25	15	0	0
Planta 2	35	0	0	0
Planta 3	0	25	0	0
Planta 4	10		35	0
Demanda	0	0	0	

Nota. Flores, V., 2023.

Finalmente, se realiza la sumatoria tomando en cuenta las cantidades enviadas en la tabla anterior y se multiplica por los costos de envío dados en la primera tabla, quedando como resultado el siguiente valor de la función objetivo que representa el costo mínimo de envío para cubrir estas demandas.

$$\text{Min} = (25 * 6) + (15 * 3) + (35 * 7) + (25 * 2) + (10 * 4) + (35 * 1)$$

$$\text{Min} = \$565.00$$

Con el fin de ampliar la información, le invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje.



Actividad de aprendizaje recomendada

En la presente actividad de aprendizaje aplicaremos el modelo de redes para el problema de costo mínimo, para esto deberá ejecutar los pasos de este modelo y encontrar la mejor opción, la bibliografía básica resultará de gran ayuda. Con esto usted conocerá la aplicación y la importancia práctica de este modelo.

Ejercicio: una asociación avícola, tiene algunos productores a nivel nacional a los cuales debe enviar una cantidad específica de balanceado en quintales, para esto, mantiene el convenio con tres proveedores de diferentes ciudades que pueden ofrecer el servicio de este balanceado. La empresa ha organizado una tabla donde se menciona la cantidad de oferta disponible y los costos de envío para cubrir dicha demanda, es necesario determinar cuál es el costo mínimo para cubrir las cantidades solicitadas por cada proveedor.



Tabla 12*Ejercicio actividad de aprendizaje 10*

	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	
Proveedor 1	\$6	\$8	\$12	\$14	230
Proveedor 2	\$5	\$11	\$10	\$15	150
Proveedor 3	\$7	\$9	\$13	\$11	270
	150	100	150	250	

Nota. Flores, V., 2023.

¿Dónde debe ubicarse la fábrica para minimizar los costos anuales de transportación?

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 12

Unidad 4. Teoría de redes

Continuando con nuestro estudio, hemos llegado ya a la semana número doce, donde nos compete revisar el tema Modelos de redes para problemas de asignación. En este caso, es necesaria la revisión de la bibliografía básica proporcionada, para abordar este tema, realice la lectura comprensiva sobre los siguientes contenidos:

1. Ejemplos de modelos de investigación de operaciones para redes.
2. Resumen de aplicaciones de modelos de redes.
3. Modelo de redes para el problema de asignación número 1, 2 y 3.



Con esta lectura usted podrá asimilar, de mejor manera, el modelo de redes dentro de la programación lineal; claro está tomando en cuenta los diferentes escenarios de aplicación, que van desde asignación de personal, control de inventarios, hasta la programación de producción.

4.4. Modelo de redes para problemas de asignación

Es oportuno comentar que las empresas y fábricas, por lo general, están en una constante evaluación de las decisiones en torno a los sujetos o interesados en que intervienen en sus actividades diarias de manufactura. Así, podemos mencionar que se pueden presentar casos a la hora de distribuir a su personal cuando la empresa tiene algunas ubicaciones, así mismo el problema de asignación puede aparecer cuando se requiera evaluar el inventario y su rotación en relación con una demanda del mercado, o para balancear las líneas de producción dentro de la fábrica. En cualquiera de las situaciones antes mencionadas, resulta importante hacer uso de los modelos de redes para definir la mejor solución, orientada a la optimización.

El estudio de dichos contenidos le permitirá a usted desarrollar competencias como:

1. Reconocer los problemas donde es necesario aplicar los modelos de redes.
2. Identificar los diferentes pasos que se deben seguir para el modelo de redes y cada uno de los problemas de asignación.

En la bibliografía básica podrá encontrar los contenidos relacionados con el modelo de redes para problemas de asignación. Ese tipo de problemas se encuentra dividido en tres partes, el primero de ellos guarda relación con el transporte, donde por ejemplo se necesita asignar desde m centros de una oferta de una unidad hacia n destinos, el segundo caso hace referencia a la asignación de cierta cantidad personal para x cantidad de actividades y finalmente el punto 3 que abarca la asignación de recursos.

Los problemas de asignación surgen en una variedad de situaciones de toma de decisiones, algunos ejemplos de la aplicabilidad del problema de asignación pueden ser: la asignación de puestos a máquinas, de agentes a tareas, de personal de ventas a territorios de ventas, de contratos a contratistas, etc. Así mismo, este tipo de problemas ubica algunas características importantes como:

- Una característica distintiva del problema de asignación es que un agente se asigna a una y solo una tarea.
- El objetivo es buscar el conjunto de asignaciones que optimicen el objetivo establecido, tal como minimizar el costo, el tiempo o maximizar las utilidades.

Tomando en cuenta lo expuesto, es preciso plantear un ejercicio para reconocer el proceso de resolución, por lo cual, le invito a revisar la siguiente presentación interactiva.

Ejercicio planteado del proceso de resolución

¿Qué le pareció la temática abordada? Interesante verdad, ahora le invito a que realice las siguientes actividades de aprendizaje.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Resuelva el siguiente ejercicio sobre el problema de asignación.

Supóngase que una compañía tiene tres empleados que pueden ser asignados a tres solicitudes de reparación distintas. Las órdenes de reparación implican que los empleados viajen directamente hasta el domicilio del cliente. Dado que la empresa cubre el gasto del combustible del vehículo de los operarios, desea minimizar este gasto al máximo. Para ello, requiere identificar la forma óptima de asignar los operarios a los clientes, de tal manera que se obtenga la menor

distancia total posible. La tabla 13 muestra las distancias incurridas desde la ubicación actual de cada empleado hasta el domicilio de cada cliente.

Tabla 13

Distancias incurridas de cada cliente.

Empleado	Cliente		
	1	2	3
1	10	22	14
2	20	10	8
3	14	12	6

Nota. Flores, V., 2023.

2. Ha finalizado el estudio de la presente unidad, en tal virtud, es necesario afianzar su conocimiento, por esto lo invito a desarrollar la siguiente autoevaluación, recuerde que al final de esta guía encontrará el solucionario a fin de que pueda comprobar sus respuestas y tener seguridad sobre las mismas.

Compruebe lo aprendido, desarrollando la siguiente autoevaluación:

Nota: para la resolución de la primera parte de la autoevaluación tome como referencia la información proporcionada en la bibliografía básica, la cual hace referencia a ejemplos de modelos de investigación de operaciones para redes.



Autoevaluación 4

Tabla

Tipo de aplicación	Planteamiento del problema
--------------------	----------------------------

Tipo de aplicación	Planteamiento del problema
	1. ¿Cuál es la cantidad óptima necesaria de operadores para cumplir al menos con el 90 % de eficiencia en la preparación de cables?
	2. Hoy, las líneas se encuentran subutilizadas. La meta es del 90 % de utilización, pero en la actualidad está alrededor del 80 %, ¿qué etapas del proceso afectan directamente la eficiencia de utilización de la línea?
	3. ¿Cuál es el programa de producción que cumple con la demanda en el año en la elaboración de quesos?
	4. Determinación de la capacidad de producción máxima del sistema de pollitas por día, considerando las pérdidas por muertes durante el proceso de producción y por nacimiento de pollitos machos.
	5. No existe un programa de producción para las herramientas que se utilizan con mayor frecuencia en la producción de terminales, por lo que estas llegan a presentar cero inventarios.

Opciones:

- a. Asignación de personal.
- b. Control de inventarios.
- c. Programación de producción diaria.
- d. Balanceo de líneas de producción.
- e. Programación de producción.

1. ¿Cuál es el objetivo principal del problema de costo mínimo en teoría de redes?

- 1. Maximizar la cantidad de flujo en la red.
- 2. Minimizar el costo total de envío de la oferta a la demanda.
- 3. Asegurar que todos los nodos tengan la misma cantidad de flujo.

2. ¿Cuál de los siguientes elementos no es una consideración clave en la resolución de un problema de costo mínimo?
- a. La existencia de nodos de oferta y demanda.
 - b. Que todos los arcos tengan la misma capacidad.
 - c. Que el costo del flujo en cada arco sea proporcional a la cantidad enviada.
3. La teoría de redes solo se aplica en el campo del transporte y las telecomunicaciones.
- a. Verdadero.
 - b. Falso.
4. En el problema de flujo máximo, el objetivo es maximizar el flujo desde la fuente hasta el destino.
- a. Verdadero.
 - b. Falso.
5. Los modelos de redes pueden ayudar en la asignación de personal dentro de una empresa con múltiples ubicaciones
- a. Verdadero.
 - b. Falso.

[Ir al solucionario](#)



Semana 13

Unidad 5. Programación de proyectos

En esta semana estamos empezando nuestra quinta unidad, lo que nos invita a mantener nuestras ganas de aprender y seguir con nuestro ímpetu en alto. Por ello, es necesario seguir apoyándonos en nuestra bibliografía básica.

Lo invito a leer la bibliografía básica sobre la temática de Programación de proyectos: *PERT/CPM*, en esta parte encontrará algunos temas importantes como:

Programación de un proyecto con tiempos de actividad conocidos.

- Concepto de una ruta crítica, determinación de la ruta crítica.
- Contribuciones del proceso de programación PERT/CPM.
- Resumen del procedimiento de ruta crítica PERT/CPM-Pronósticos en la RED.

Programación de un proyecto con tiempos de actividad inciertos.

- Tiempos de actividad inciertos.
- Ruta crítica.
- Variabilidad del tiempo de terminación de un proyecto.

La lectura comprensiva y el respectivo análisis de los temas indicados, le permitirán dar respuesta a preguntas como:

1. ¿Cuál es el tiempo total para completar el proyecto?
2. ¿Cuáles son las fechas de inicio y terminación programadas de cada actividad específica?
3. ¿Cuáles actividades son “críticas” y deben ser completadas exactamente como se programaron para mantener el proyecto dentro del programa?
4. ¿Qué tanto se pueden demorar las actividades “no críticas” antes de que incrementen el tiempo total de terminación del proyecto?

Uno de los principales retos a los que se puede enfrentar el gerente de una compañía es la dirección y administración de un proyecto, en este tendrá el desafío de planear, programar y controlar proyectos compuestos de diversos trabajos o tareas distintas realizadas por varios departamentos e individuos.

Con relación a la magnitud, el gerente no podrá recordar toda información pertinente, como avances, hitos, planes, programas o actividades. Para esta necesidad aparece la técnica de revisión y evaluación de programas (PERT) y el método de ruta crítica (CPM) quienes prestan un aporte valioso para alcanzar los objetivos deseados, que como bien se expresa en la bibliografía básica la PERT y el CPM pueden utilizarse para planear, programar y controlar varios proyectos:

1. Investigación y desarrollo de nuevos productos y procesos.
2. Construcción de plantas, edificios y carreteras.
3. Mantenimiento de equipo grande y complejo.
4. Diseño e instalación de sistemas nuevos.

En el contexto antes mencionado, cabe destacar que la programación de proyectos tanto de PERT/CPM, se pueden enfrentar en dos escenarios reales, los cuales conviene revisar, estos son con una *programación de un proyecto con tiempos de actividad conocidos* y con *programación de un proyecto con tiempos de actividad inciertos*.

5.1. La programación de un proyecto con tiempos de actividad conocidos

El desarrollo de este tipo de proyectos tiene la especial característica de que el administrador del proyecto conoce el tiempo que se requiere para ejecutar cada actividad, lo que permite conocer a ciencia cierta el tiempo que llevará a cumplir el proyecto. Para tener un panorama más claro lo invito a revisar el siguiente ejercicio propuesto, cuyos datos se listan en la siguiente tabla.

Tabla 14

Lista de actividades del proyecto del centro comercial Western Hills

Actividad	Descripción de la actividad	Predecesora inmediata	Tiempo de actividad
A	Preparar los planos arquitectónicos	-	5
B	Identificar los nuevos arrendatarios potenciales	-	6
C	Desarrollar prospectos como arrendatarios	A	4
D	Seleccionar el contratista	A	3
E	Preparar los permisos de construcción	A	1
F	Obtener aprobación para los permisos de construcción	E	4
G	Realizar la construcción	D,F	14
H	Finalizar contratos con los arrendatarios	B,C	12
I	Los arrendatarios se cambian	G,H	2

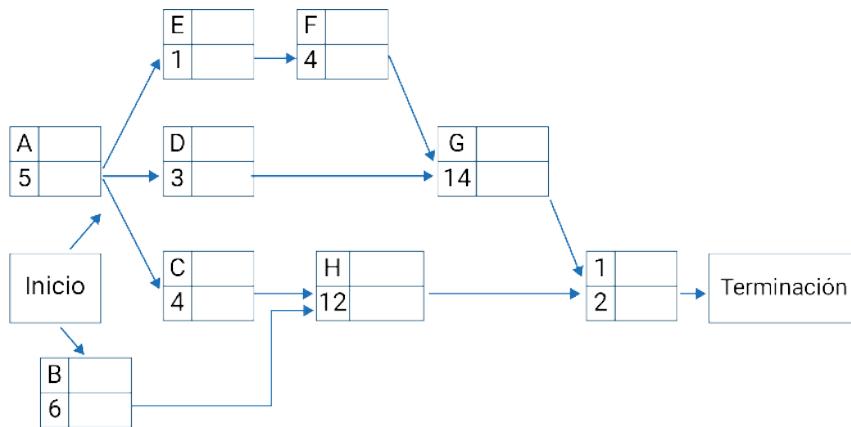
Nota. Tomado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p.372), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

En esta tabla se puede reconocer que existen 9 actividades representadas desde la letra A hasta la letra I, en la segunda columna se describe cuál es la actividad a realizar, por otro lado, se describe la actividad predecesora en la tercera columna, aquí se indica qué actividad se debe cumplir primero antes de que pueda iniciar otra, así mismo qué actividades se pueden desarrollar en paralelo o en serie y finalmente en la última columna se describe el tiempo que llevará cada actividad.

Los datos antes mencionados pueden ser representados a través de un diagrama, lo que permite tener una mejor apreciación de los mismos. En la siguiente figura se muestra la red de este proyecto que representa la red del proyecto con los tiempos conocidos de cada actividad.

Figura 27

Red del proyecto del centro comercial Western Hills con tiempos de actividad

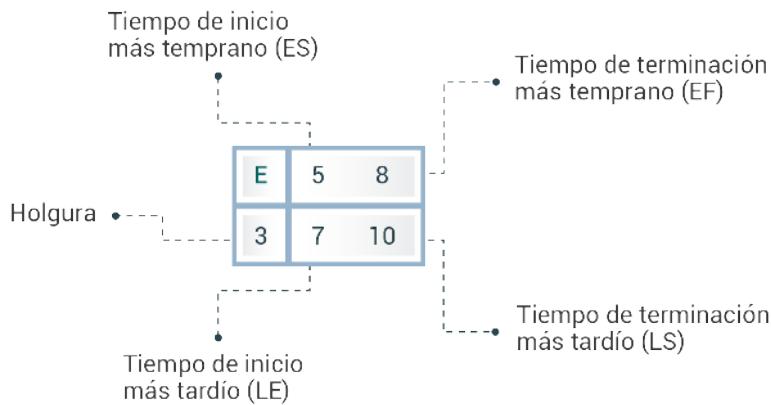


Nota. En la figura se representa la red del proyecto con los tiempos conocidos de cada actividad. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 525), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Una vez realizada la representación gráfica de las actividades del proyecto, resulta importante identificar la *ruta crítica* del mismo, la cual consiste en la ruta más larga del proyecto, constituida por las actividades que mayor tiempo llevan. Inicialmente, debemos reconocer cuáles son los valores presentes en cada nodo, para esto se detalla la siguiente figura.

Figura 28

Elementos de un nodo de red PERT/CPM

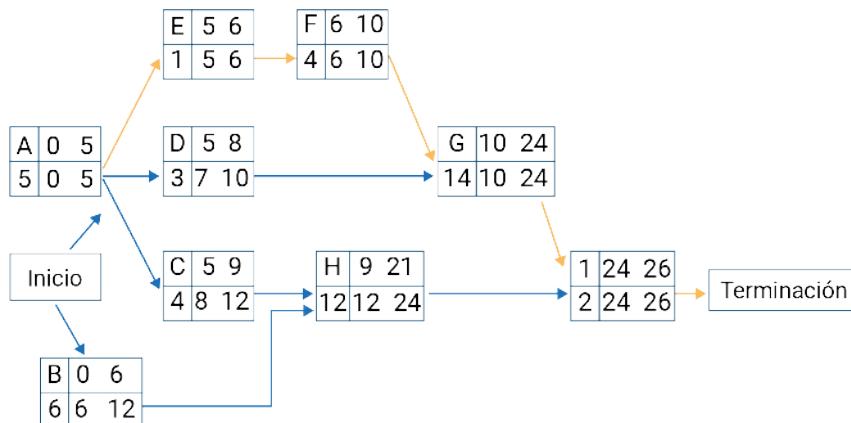


Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 528), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Así, en el ejemplo descrito, la ruta crítica está conformada por los nodos: A-E-F-G-I es la ruta crítica en la red del proyecto del centro comercial Western Hills. (Anderson et al., 2019).

Figura 29

Ruta crítica del proyecto del centro comercial Western Hills



Nota. Adaptado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 529), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Con el fin de ampliar la información, le invito a realizar la siguiente actividad de aprendizaje.



Actividad de aprendizaje recomendada

La siguiente actividad de aprendizaje involucra la aplicación de la programación de proyectos con tiempos de actividad conocidos, para esto es necesario revisar previamente el proceso descrito en la guía y en la bibliografía básica. Con ello debe desarrollar la actividad de aprendizaje propuesta.

- **Ejercicio propuesto a.** Construya una red para el siguiente proyecto, el cual se completa cuando las actividades F y G se terminan.

Tabla 15

Actividad de aprendizaje 12a

Actividad	A	B	C	D	E	F	G
Predecesora inmediata	-	-	A	A	C,B	C,B	D,E

Nota. Flores, V., 2023.

- **Ejercicio propuesto b.** Suponga que el ejercicio anterior tiene los siguientes tiempos de actividad (en meses):

Tabla 16

Actividad de aprendizaje 12b

Actividad	A	B	C	D	E	F	G
Predecesora inmediata	4	6	2	6	3	3	5

Nota. Flores, V., 2023.

- a. Determine la ruta crítica.



- b. El proyecto debe ser completado en 1 año y medio. ¿Se prevé alguna dificultad para cumplir con el plazo? Explique.



Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 14



Unidad 5. Programación de proyectos



5.2. La programación de un proyecto con tiempos de actividad inciertos



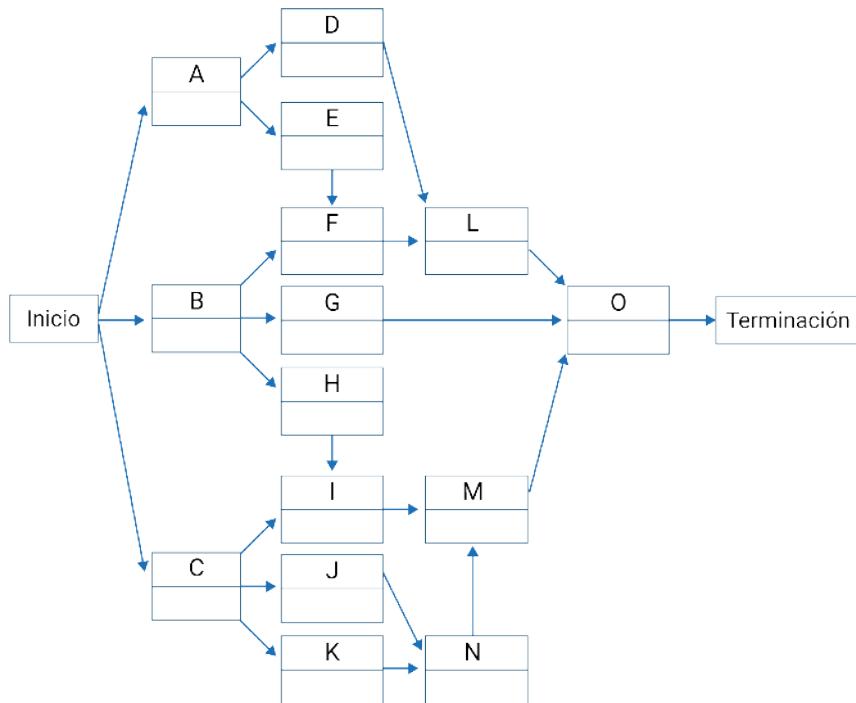
El ejercicio descrito la semana anterior, plantea un escenario donde se conoce el tiempo de cada actividad del proyecto, lo que permite tener apreciaciones de tiempo exactas. Sin embargo, cuando se presentan proyectos nuevos, normalmente no se conocen los tiempos de las actividades, lo que dificulta determinar a ciencia cierta el tiempo total del proyecto. En tal virtud, se plantean tres estimaciones pertinentes con tres tiempos optimista, probable y pesimista.



Luego se sigue la elaboración de la red PERT, el cálculo de la ruta crítica y el programa de actividades. Con el fin de explicar el proceso, se propone el siguiente ejercicio: una empresa desea determinar cuál es el tiempo máximo que le llevará a desarrollar un determinado proyecto y cuál es su ruta crítica, para esto, define la siguiente red de actividades, así como también las estimaciones de tiempo previstas en semanas.

Figura 30

Diagrama de red para un proyecto con tiempos inciertos PERT



Nota. La figura representa la red de un conjunto de actividades a cumplir con tiempos de actividad inciertos. Flores, V., 2023.

Para la red antes descrita, se presentan las siguientes estimaciones de tiempo en semanas.

Tabla 17

Tabla de estimaciones de tiempo para proyecto con tiempos inciertos PERT

Actividad	Optimista (a)	Más probable (m)	Pesimista (b)
A	5	6	8
B	3	3.5	6.6
C	1	3	4.5
D	4	5.5	7
E	2	2.5	6
F	1	2	7
G	3	5	6.5
H	2	3	4
I	4	5	7
J	4	4.5	9.5
K	3	4	6
L	2	3.5	7.5
M	1	2	4
N	2	3.5	6.5
O	1	2	6.5

Nota. La tabla describe los valores optimista, más probable y pesimista, que puede tener las actividades de una red PERT. Flores, V., 2023. Flores, V., 2023.

Con los datos expuestos en la tabla anterior se realiza el cálculo correspondiente, es necesario primero tener en cuenta la **fórmula del valor esperado**, que permite determinar el tiempo promedio de estas estimaciones:

$$t = \frac{a+4m+b}{6}$$

En proyectos donde no se conoce a detalle el tiempo que tomará cada actividad, se puede hacer uso de la varianza para dar a conocer la dispersión o variación de los valores del tiempo de cada actividad en relación con la media, así la fórmula para la varianza es:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-2}{6} \right)^2$$

Con las fórmulas ya establecidas, se calcula cada uno de los valores, la siguiente tabla muestra el resultado para este ejercicio.

Tabla 18

Tabla de estimaciones de tiempo para proyecto con tiempos inciertos PERT

Actividad	Optimista (a)	Más probable (m)	Pesimista (b)	Tiempo esperado (t)	Varianza (σ^2)
A	5	6	8	6.2	0.25
B	3	3.5	6.6	3.9	0.36
C	1	3	4.5	2.9	0.34
D	4	5.5	7	5.5	0.25
E	2	2.5	6	3.0	0.44
F	1	2	7	2.7	1.00
G	3	5	6.5	4.9	0.34
H	2	3	4	3.0	0.11
I	4	5	7	5.2	0.25
J	4	4.5	9.5	5.3	0.84
K	3	4	6	4.2	0.25
L	2	3.5	7.5	3.9	0.84
M	1	2	4	2.2	0.25
N	2	3.5	6.5	3.8	0.56

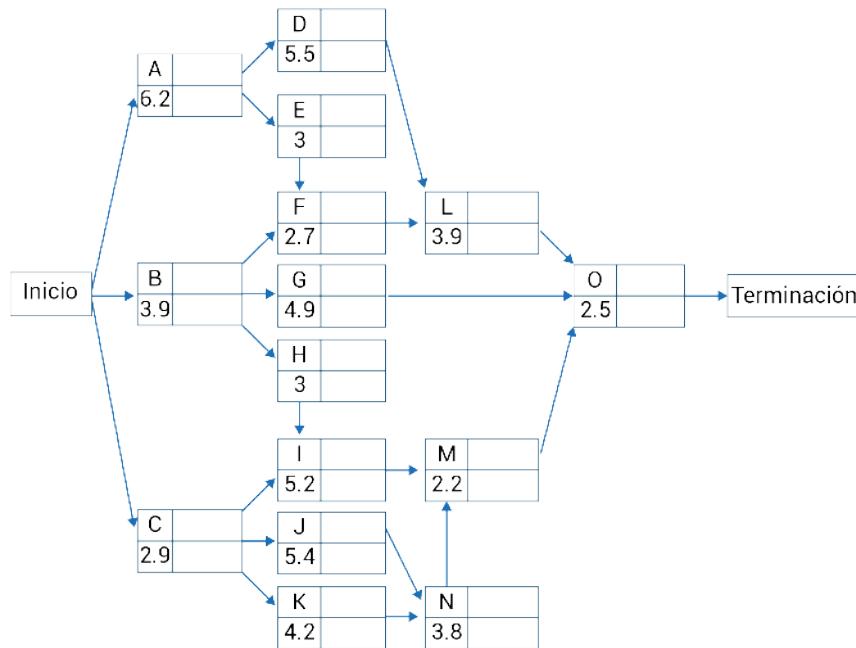
Actividad	Optimista (a)	Más probable (m)	Pesimista (b)	Tiempo esperado (t)	Varianza (σ^2)
0	1	2	6.5	2.58	0.84
		Total		59.1	6.93

Nota. En esta tabla se expone los resultados de el tiempo esperado y la varianza de los mismos. Flores, V., 2023.

Los valores proporcionados por la columna del tiempo esperado, se convierten en el tiempo de cada actividad, luego se puede representar la red de la siguiente manera donde la figura representa los nodos de la red junto con sus tiempos de actividad esperada.

Figura 31

Diagrama de red con el tiempo esperado

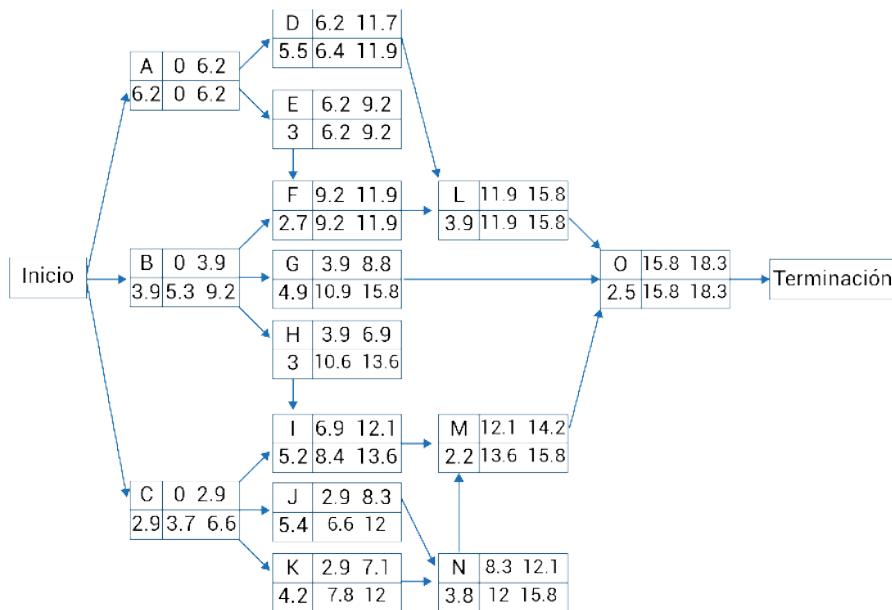


Nota. La figura representa los nodos de la red junto con sus tiempos de actividad esperada. Flores, V., 2023.

Posteriormente, se procede a distribuir los tiempos de actividad más temprano y los tiempos de actividad más tardíos, el resultado de esta distribución para este ejercicio queda así:

Figura 32

Diagrama de red con tiempos de actividad más tempranos y tiempos de actividad más tardíos.

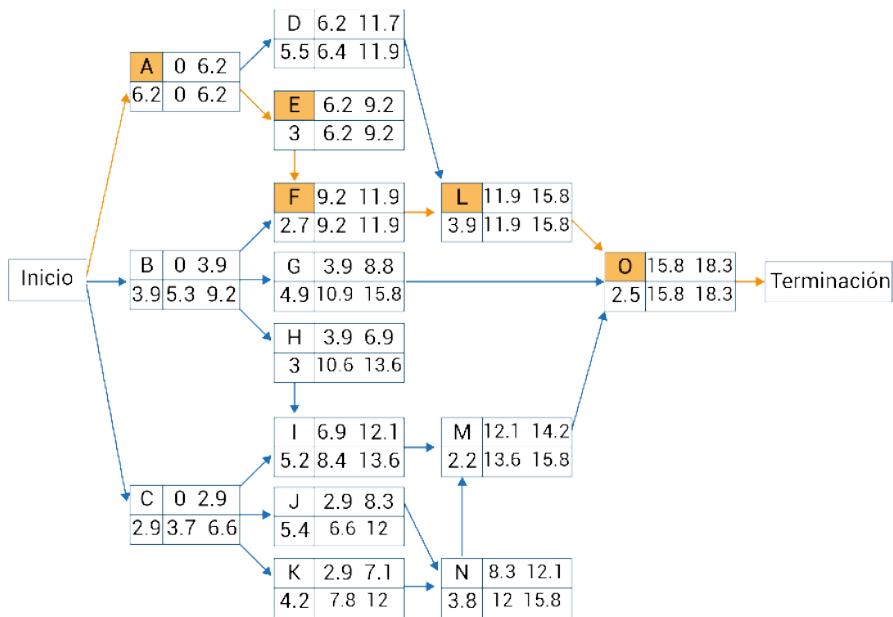


Nota. La figura muestra toda la red con los nodos, sus tiempos de inicio y terminación tempranos y más tardíos. Flores, V., 2023.

Esta distribución finalmente permite distinguir cuál es la ruta crítica del proyecto, en este caso está dada por las actividades **A-E-F-L-O**, las mismas que dan un tiempo para cumplir el proyecto de 18.3 semanas.

Figura 33

Diagrama de red con la ruta crítica.



Nota. En esta figura se puede encontrar las actividades críticas que conforman la ruta crítica de la red. Flores, V., 2023.

El valor de la varianza para el ejercicio propuesto es de 6.93, si aplicamos la raíz cuadrada a la varianza, obtenemos el valor de la desviación estándar quedando $\sigma = 2.63$, lo que nos indica cuánto se alejan sus valores del promedio.

Con el propósito de evaluar los conocimientos adquiridos, le animo a desarrollar las siguientes actividades de aprendizaje:



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Para poder desarrollar la siguiente actividad de aprendizaje, es necesario afianzar el proceso para trabajar la programación de proyectos con tiempos de actividad inciertos, para esto debe apoyarse

en la lectura analítica de la bibliografía básica. Luego de ello proceda a realizar la actividad propuesta.

Ejercicio propuesto. Suponga que las estimaciones de los tiempos de actividad (en días) para el proyecto de construcción de una piscina son los siguientes:

Tabla 19

Ejercicio Actividad de aprendizaje 13

Actividad	Optimista	Más probable	Pesimista
A	3	5	6
B	2	4	6
C	5	6	7
D	7	9	10
E	2	4	6
F	1	2	3
G	5	8	10
H	6	8	10
I	3	4	5

Nota. Flores, V., 2023.

- a. ¿Cuáles son las actividades críticas?
 - b. ¿Cuál es el tiempo esperado para completar el proyecto?
 - c. ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en 25 o menos días?
2. ¡Felicitaciones!, ha culminado con éxito su quinta unidad, para consolidar los conocimientos adquiridos lo invitamos a desarrollar la

siguiente autoevaluación, la misma que permitirá a través de la interacción fundamentar su aprendizaje.



Autoevaluación 5

Instrucciones: en la columna de respuesta escriba una V o F según sea verdadero o falso.

1. () Un retraso en una actividad crítica, incrementa el tiempo de duración del proyecto.
2. () Para reducir el tiempo de duración de un proyecto se deben reducir los tiempos de ejecución de las actividades críticas.
3. () Los recursos agregados para reducir el tiempo de duración de las actividades no aumentan los costos de un proyecto.
4. () Los elementos de un nodo son el tiempo de inicio más temprano y el tiempo de terminación más temprano.
5. () La holgura es el resultado de la suma del tiempo de inicio más temprano y el tiempo de inicio más tardío.
6. () En un proyecto, la ruta crítica está dada por la ruta más corta de inicio a fin, la cual no tiene demoras previsibles u holguras.
7. () El procedimiento PERT se desarrolló para manejar tiempos inciertos de actividad.
8. () CPM se creó principalmente para proyectos industriales con tiempos de actividad conocidos, lo que ofreció la opción de reducir los tiempos de actividad al agregar más trabajadores y/o recursos.
9. () La columna predecesora inmediata identifica las actividades que deben terminarse inmediatamente después del inicio de dicha actividad.



10. () Una ruta es una secuencia de nodos conectados que conduce del nodo Inicio al nodo de terminación.

[Ir al solucionario](#)



Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 15

Unidad 6. Modelo de distribución y de red

Iniciamos con beneplácito nuestra última unidad de la asignatura, felicito por el empeño y esfuerzo que han realizado. Están próximos a su meta, sigan con las mismas ganas.

En esta unidad trataremos los temas relacionados con:

- Modelo de redes para el problema de transporte.
- Problema de transbordo.
- Problema de la ruta más corta.
- Modelo de programación lineal del problema de transporte.

6.1. Modelo de redes para el problema de transporte

El problema de transporte es un escenario real que se presenta en el ambiente de las empresas u organizaciones, su requerimiento se da cuando se necesita movilizar cierta cantidad de productos desde m origen a una cantidad n de destinos, buscando como principal meta el minimizar los costos, llegando a satisfacer una demanda mediante la oferta presentada.

Antes de abordar las condiciones previas que se necesitan establecer en el problema de transporte, lo invito a revisar el siguiente video, el cual permitirá aclarar y tener una idea más sólida sobre el problema de transporte y sus características: [Modelos de redes 02. El problema de transporte](#).

Así, un origen se puede distribuir a varios destinos. Como se menciona en la bibliografía básica, existen algunas condiciones que necesitan establecer previamente:

Datos y propiedades:

1. Nivel de oferta de cada fuente.
2. Cantidad de demanda de cada destino.
3. Costo unitario de transporte de la mercancía de cada fuente a cada destino.
4. El costo de transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas.
5. Las unidades de transporte deben ser consistentes entre las ofertas y las demandas.
6. Las unidades de transporte pueden ser piezas, granel, cargas, etcétera.
7. Debe haber equilibrio entre lo que se despacha y lo que se recibe y viceversa (suposición de requerimientos).
8. Se requieren obtener soluciones enteras.

Para explicar simbólicamente la relación entre origen y destinos cabe partir de:
sea

X_{ij} = un número de unidad es que han salido de un origen (nodo) i hasta un nodo j .

Mismas que se someten a unas restricciones.

Oferta

$$\sum_{j=1}^{i=n} X_{ij} \leq a_i; i = 1, 2, 3 \dots m$$

Demanda

$$\sum_{j=1}^{i=m} X_{ij} \geq b_i; j = 1, 2, 3 \dots n$$

Esto para toda variable $X_{ij} \geq 0$

Lo que nos lleva a establecer una función objetivo del tipo:

$$MinZ = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} C_{ij} X_{ij}$$

Donde el costo unitario viene representado por C desde un origen i hasta un nodo j, tomando en cuenta ese criterio para que el modelo sea balanceado debe ajustarse a las siguientes condiciones.

$$Oferta = \sum_{j=1}^{j=n} X_{ij=ai}; \quad Demanda = \sum_{i=1}^{i=m} X_{ij=bj};$$

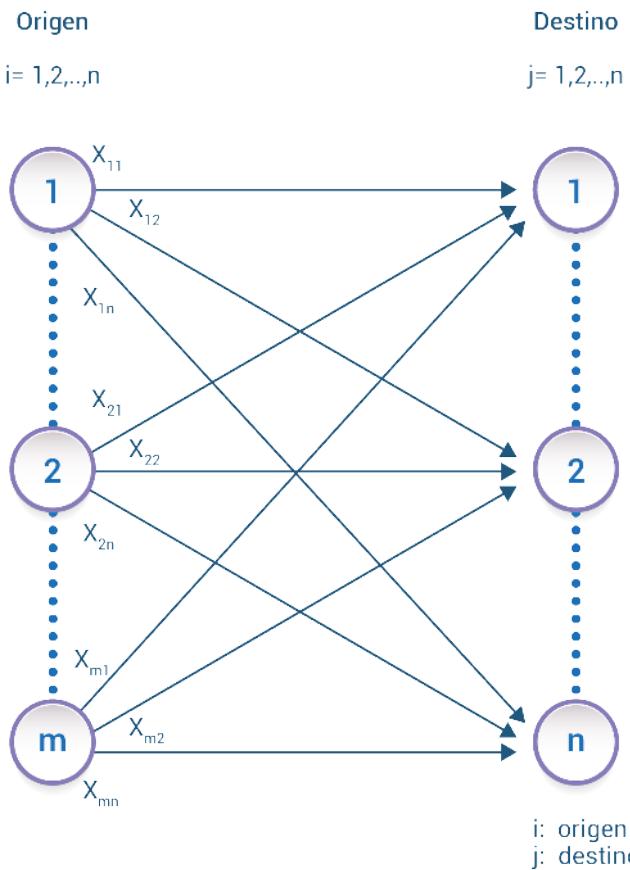
Adicional

$$\sum_{\forall i} ai = \sum_{\forall j} bj$$



Figura 34

Problema de transporte balanceado



Nota. Adaptado de *Investigaciones de operaciones* (p. 90), por Martínez, I. y Vértiz, G., 2015, Grupo Editorial Patria.

Para poder facilitar la comprensión del método para el problema de transporte, es preciso realizar una revisión de los ejemplos y ejercicios proporcionados en la bibliografía básica.

Ejemplo: en una empresa se requiere movilizar productos desde sus plantas origen Cleveland, Bedford y York hasta sus centros de distribución ubicados en las ciudades de Boston, Chicago, St. Louis y Lexington, para esto se detalla a continuación las cantidades disponibles desde la oferta y las cantidades requeridas desde la demanda.

Tabla 20
Oferta (Capacidad de producción)

Origen	Planta	Capacidad de Producción en tres meses (Unidades)
1	Cleveland	5000
2	Bedford	6000
3	York	2500
	Total	13500

Nota. Tomado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 373), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Tabla 21
Demanda (Unidades requeridas)

Destino	Centro de distribución	Pronóstico de la demanda para tres meses (Unidades)
1	Boston	6000
2	Chicago	4000
3	St. Louis	2000
4	Lexington	1500
	Total	13500

Nota. Tomado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 373), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Tabla 22

Costo de transporte por unidad

Origen	Destino			
	Boston	Chicago	St. Louis	Lexington
Cleveland	3	2	7	6
Bedford	7	5	2	3
York	2	5	4	5

Nota. Tomado de *fundamentos de Métodos cuantitativos para los negocios* (p. 375), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

Con los datos proporcionados se realiza el proceso para la solución a este problema de transporte. Inicialmente, es necesario establecer cada una de las restricciones, para esto se utiliza un modelo de programación lineal con variables de decisión del tipo X_{ij} donde i representa el origen y j el destino, así por ejemplo X_{11} son las salidas de los productos del origen Cleveland hacia el destino Boston, X_{12} son las salidas de los productos del origen Cleveland hacia el destino Chicago, son las salidas de los productos del origen Cleveland hacia el destino St. Louis, así sucesivamente.

Tomando en cuenta los costos de transporte por unidad, se diseña las expresiones para el ejercicio:

$$\text{Cleveland} = 3X_{11} + 2X_{12} + 7X_{13} + 6X_{14}$$

$$\text{Bedford} = 7X_{21} + 5X_{22} + 2X_{23} + 3X_{24}$$

$$\text{York} = 2X_{31} + 5X_{32} + 4X_{33} + 5X_{34}$$

Por tanto, la función objetivo, que en este caso es de minimización de costos, está determinada por la suma de las expresiones anteriores, quedando:

$$\text{Min} = 3X_{11} + 2X_{12} + 7X_{13} + 6X_{14} + 7X_{21} + 5X_{22} + 2X_{23} + 3X_{24} + X_{31} + 5X_{32} + 4X_{33} + 5X_{34}$$



Para poder determinar las restricciones, se toman en cuenta las cantidades de oferta y demanda.

Oferta:

$$\text{Cleveland: } X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} \leq 5000$$

$$\text{Bedford: } X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} \leq 6000$$

$$\text{York: } X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} \leq 2500$$

Demanda:

$$\text{Boston: } X_{11} + X_{21} + X_{31} = 6000$$

$$\text{Chicago: } X_{12} + X_{22} + X_{32} = 4000$$

$$\text{St. Louis: } X_{13} + X_{23} + X_{33} = 2000$$

$$\text{Lexington: } X_{14} + X_{24} + X_{34} = 1500$$

La respuesta final del ejercicio, como lo muestra el libro, queda de la siguiente manera:

Tabla 23
Respuesta

Ruta				
Desde	Hasta	Unidades enviadas	Costo por unidad	Costo total
Cleveland	Boston	3500	\$ 3.00	\$ 10,500
Cleveland	Chicago	1500	\$ 2.00	\$ 3,000
Bedford	Chicago	2500	\$ 5.00	\$ 12,500
Bedford	St. Louis	2000	\$ 2.00	\$ 4,000
Bedford	Lexington	1500	\$ 3.00	\$ 4,500
York	Boston	2500	\$ 2.00	\$ 5,000
Total				\$ 39,500

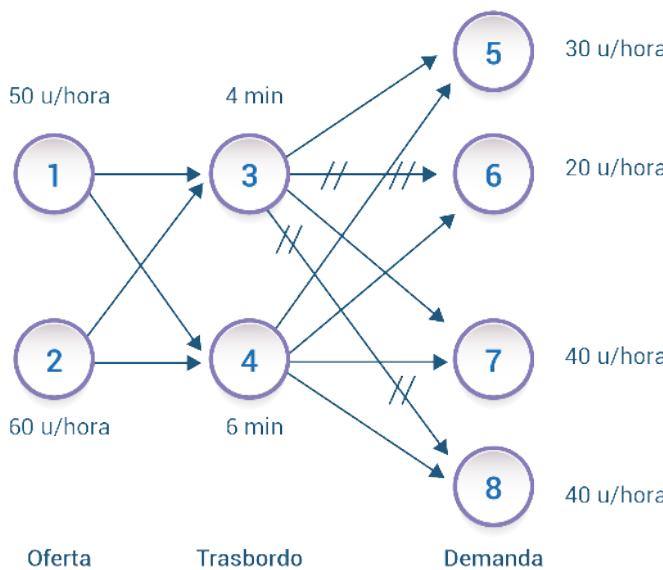
Nota. Tomado de *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios* (p. 377), por Anderson et al., 2019, Cengage Learning.

6.2. Problema de transbordo

El problema del transbordo surge como una variante del problema de transporte, esto ya que entre el nodo origen y destino, incorpora nodos intermedios denominados nodos transbordos. Con esta configuración se pueden realizar intercambios en par de tres tipos de nodos, sean origen, transbordo o destino. En ese sentido, podemos encontrar envíos de nodos origen a transbordo y de estos a destino, de origen a otro origen, de origen a transbordo, de transbordo a transbordo, de origen a destino y de un destino a otro. Para tener una idea más clara, a continuación se muestra la gráfica correspondiente.

Figura 35

Problema de transbordo



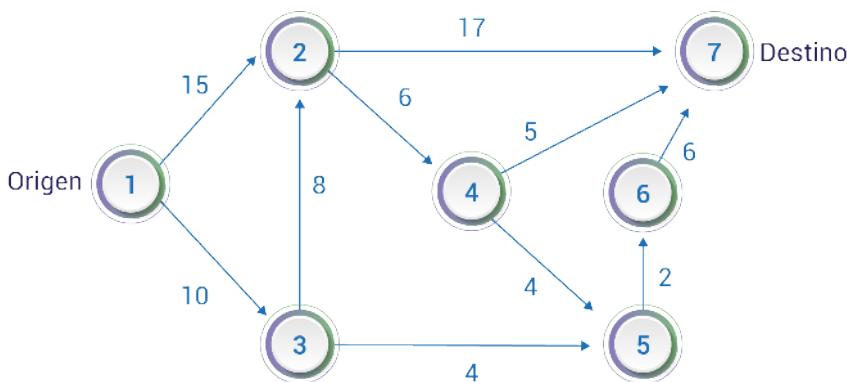
Nota. Adaptado de *Investigaciones de operaciones* (p. 91), por Martínez, I. y Vértiz, G., 2015, Grupo Editorial Patria.

6.3. Problema de la ruta más corta

El problema de la ruta más corta, tiene como especial requerimiento el encontrar la ruta que menos tiempo lleve o la más económica desde un nodo considerado inicio hasta un nodo considerado fin, tomando en cuenta la relación existente entre m nodos y n arcos, junto con un costo de C_{ij} , en ese sentido el resultado a evaluar será la suma de los costos da cada arco que ha tenido que recorrer. Misma que se detalla a continuación.

Figura 36

Problema de la ruta más corta



Nota. Adaptado de *Investigaciones de operaciones* (p. 92), por Martínez, I. y Vértiz, G., 2015, Grupo Editorial Patria.

Para tener una idea al detalle del proceso para resolver el problema de la ruta más corta, es necesario revisar detenidamente la bibliografía básica proporcionada.

Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de las actividades de aprendizaje que se describen a continuación



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Para poder desarrollar la actividad de aprendizaje, primero revise detenidamente los ejemplos desarrollados, oriente su estudio al proceso para determinar la maximización de utilidades y la ruta más corta, con esto puede realizar la actividad.

Ejercicio 1. Ruta más corta

Una empresa de logística necesita transportar productos desde su almacén principal (A) hasta un cliente (F). Las conexiones entre los puntos y las distancias (en kilómetros) son las siguientes:

De A a B: 6 km

De A a C: 4 km

De B a C: 2 km

De B a D: 5 km

De C a D: 3 km

De C a E: 4 km

De D a F: 8 km

De E a F: 6 km



Determine la ruta más corta desde A hasta F utilizando un algoritmo de programación lineal.

¿Cuál es la distancia mínima total?

Ejercicio 2. Problema de transbordo

Una empresa de transporte tiene dos almacenes principales (A y B) y tres puntos de entrega (C, D y E). Los costos de transporte entre los almacenes y los puntos de entrega (en dólares) son los siguientes:

De A a C: \$5

De A a D: \$8

De A a E: \$6

De B a C: \$7

De B a D: \$4

De B a E: \$5

Cada almacén tiene una capacidad máxima:

Almacén A: 100 unidades.

Almacén B: 120 unidades.

La demanda en los puntos de entrega es:

C: 70 unidades.

D: 80 unidades.

E: 50 unidades.

Formule el problema de transporte considerando las restricciones de capacidad y demanda.



Determine la asignación de unidades que minimiza el costo total de transporte.



2. Continuemos con el aprendizaje mediante el desarrollo de la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 6



Instrucciones: en la columna de respuesta escriba una V o F según sea verdadero o falso.

1. () Un problema de transporte se puede identificar cuando se tienen m orígenes que ofertan un cierto producto y n destinos que demandan el mismo producto ofertado.
2. () En un problema de transporte, el objetivo es encontrar la manera más efectiva, en términos de costos, para transportar bienes.
3. () El problema de transporte busca determinar el máximo costo posible de transportes dados, los costos por unidad a transportar entre el depósito i y el centro de distribución j.
4. () El problema de la ruta más corta plantea determinar la mejor manera de cruzar una red para encontrar la forma más costosa de ir de origen a un destino.
5. () El costo del camino es la suma de los costos de cada arco recorrido.
6. () Los nodos transbordos son aquellos nodos que se encuentran como destinos en una determinada red.
7. () En un nodo transbordo podemos encontrar envíos de nodos de origen a transbordo y de estos a destino.



8. () En un problema de transbordo se pueden plantear las siguientes configuraciones: de origen a transbordo, de transbordo a transbordo, de origen a destino y de un destino a otro.
9. () En un problema de transbordo los nodos intermedios se consideran siempre como nodos destino.
10. () La solución, para el ejemplo de la empresa Foster Generators, plantea un valor de \$45.000 como resultado de la ruta más corta.

[Ir al solucionario](#)

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



Semana 16

Actividades finales del bimestre

¡Felicitaciones!, ha terminado con el estudio de los contenidos del segundo bimestre, es un gran logro, recuerde que en la presente semana debe rendir la prueba bimestral, por lo cual es necesario verificar su actual nivel de aprendizaje mediante un repaso de los contenidos estudiados, efectúe una lectura comprensiva, revise las actividades de trabajo y actividades de aprendizaje realizadas durante el bimestre.

Un ejercicio práctico previo al examen bimestral es revisar y repetir las autoevaluaciones, que pueden ser de mucha utilidad y practicidad ya que le permiten verificar su desempeño mediante comprobación de su respuesta en el solucionario.





4. Autoevaluaciones

Autoevaluación 1

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Un modelo matemático es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja.
2	F	Las etapas básicas para aplicar la investigación de operaciones son: 1. Formulación del modelo matemático. 2. Solución del modelo matemático. 3. Validación del modelo.
3	V	En el modelo matemático, los elementos de una ecuación son: variable, constante, coeficiente y operador.
4	V	Un modelo matemático debe, necesariamente, incluir en su totalidad las alternativas entre las cuales se deberá tomar la decisión, las restricciones que existen y la medida con la que se evaluarán las alternativas, de acuerdo al objetivo que se quiere lograr.
5	F	La función objetivo representa la meta que se quiere lograr: maximizar ganancia, minimizar costos, entre otros.
6	V	De acuerdo con lo que consta en el C. Civil.
7	V	Según el objeto social son civiles o mercantiles.
8	F	Es una característica de la compañía de tipo personalista.
9	F	En el COIP está establecido aquello.
10	V	Art. 20 de la Ley de Compañías.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	El análisis de decisiones se utiliza para desarrollar una estrategia óptima cuando un tomador de decisiones enfrenta varias alternativas de decisión, y a un patrón de eventos futuros incierto.
2	V	El ejemplo cumple con los requisitos para ser considerado dentro del análisis de decisiones.
3	F	El primer paso, en el proceso del análisis de decisiones, es la formulación del problema que comienza con la declaración verbal del mismo.
4	F	En el análisis de decisiones, los resultados posibles para un evento fortuito se conocen como estados de la naturaleza.
5	V	En el problema PDC, planteado en el EVA, el tamaño del complejo es el nodo de decisión, la demanda es el nodo fortuito y la ganancia es el nodo de consecuencia.
6	F	El árbol de decisión de la figura 4.2 tiene cuatro nodos, numerados del 1 al 4. Los cuadrados se utilizan para representar los nodos de decisión y los círculos para representar los nodos fortuitos.
7	V	En el problema de PDC (Pág. 100) utilizando el enfoque optimista, primero se determina el resultado máximo para cada alternativa de decisión; luego se selecciona la alternativa de decisión que proporciona el resultado máximo general.
8	V	En el enfoque conservador, la alternativa de decisión recomendada es aquella que proporciona el mejor de los peores resultados posibles.
9	V	Tomando como análisis el problema de PDC, la diferencia entre el resultado de la mejor alternativa de decisión (\$20 millones) y el resultado de la decisión de construir un complejo de condominios pequeño (\$8 millones) es la pérdida de oportunidad, o arrepentimiento.
10	F	El valor esperado de una alternativa de decisión es la suma de los resultados ponderados para la alternativa de decisión.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	Programación lineal	En la programación lineal se utiliza un modelo matemático para representar el problema bajo estudio.
2	Método gráfico	En el método gráfico se pueden mostrar las soluciones posibles como puntos en una gráfica de dos dimensiones.
3	Región factible	Región factible parte de la gráfica de dos dimensiones donde están todas las soluciones factibles.
4	Línea de frontera de restricción	La línea de frontera de restricción es la línea que forma el límite de lo que está permitido por una restricción en ocasiones.
5	Restricción	Una restricción describe una limitante en los valores posibles para los niveles de las actividades.
6	Restricción de no negatividad	Un ejemplo de restricción de no negatividad es: $A, B \leq 0$.
7	Puntos externos	Los puntos externos son puntos o vértices que están en la región factible y de los cuales se puede obtener la solución óptima.
8	Función objetivo de maximización	Una función objetivo de maximización está dada por: Max $40F + 30S$.
9	La programación Lineal consiste	La programación lineal consiste en elegir un curso de acción cuando el modelo matemático del problema contiene solo funciones lineales.
10	Función objetivo de minimización	Una función objetivo de minimización está dada por: Min $35F + 27S$.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 4

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	Literal a. con planteamiento 1	Asignación de personal es la cantidad óptima necesaria de operadores para cumplir al menos con 90 % de eficiencia en la preparación de cables.
2	Literal d. con planteamiento 2	Balanceo de líneas de producción: Hoy día, las líneas se encuentran subutilizadas. La meta es de 90 % de utilización, pero en la actualidad está alrededor de 80 %. ¿Qué etapas del proceso afectan directamente la eficiencia de utilización de la línea?
3	Literal e. con planteamiento 3	Programación de producción: ¿Cuál es el programa de producción que cumple con la demanda en el año en la elaboración de quesos?
4	Literal c. con planteamiento 4	Programación de producción diaria: Determinación de la capacidad de producción máxima del sistema de pollitos por día, considerando las pérdidas por muertes durante el proceso de producción y por nacimiento de pollitos machos.
5	Literal b. con planteamiento 5	Control de inventarios: No existe un programa de producción para las herramientas que se utilizan con mayor frecuencia en la producción de terminales, por lo que estas llegan a presentar cero inventarios.
6	b	El objetivo del problema de costo mínimo es minimizar el costo total de transporte de la oferta a los nodos de demanda dentro de la red.
7	b	En una red de costo mínimo, los arcos pueden tener diferentes capacidades según las necesidades del flujo y las restricciones del problema.
8	F	La teoría de redes tiene aplicaciones en múltiples áreas como redes eléctricas, distribución de productos y asignación de recursos en empresas.
9	V	El problema de flujo máximo busca optimizar la cantidad de flujo que se transporta desde un nodo inicial hasta un nodo final.
10	V	Los modelos de redes se utilizan para optimizar la asignación de recursos, incluyendo personal, inventarios y producción.

[Ir a la autoevaluación](#)



Autoevaluación 5

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Un retraso en una actividad crítica que incrementa el tiempo de duración del proyecto.
2	V	Para reducir el tiempo de duración de un proyecto se deben reducir los tiempos de ejecución de las actividades críticas.
3	F	Los recursos agregados para reducir el tiempo de duración de las actividades aumentan los costos de un proyecto.
4	V	Los elementos de un nodo son el tiempo de inicio más temprano y el tiempo de terminación más temprano. Además, el tiempo de inicio es más tardío y el tiempo de terminación también.
5	F	La holgura es el resultado de la resta del tiempo de inicio más tardío y el tiempo de inicio más temprano.
6	F	En un proyecto, la ruta crítica está dada por la ruta más larga de inicio a fin y la cual no tiene demoras previsibles u holguras.
7	V	El procedimiento PERT se desarrolló para manejar tiempos de actividad inciertos.
8	V	CPM se creó principalmente para proyectos industriales con tiempos de actividad conocidos, lo que ofreció la opción de reducir los tiempos de actividad al agregar más trabajadores y/o recursos.
9	F	La columna predecesora inmediata identifica las actividades que deben terminarse inmediatamente después del inicio de dicha actividad.
10	V	Una ruta es una secuencia de nodos conectados que conduce del nodo inicio al nodo terminación.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 6

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Un problema de transporte se puede identificar cuando se tienen m orígenes que ofrecen un cierto producto, y en destinos que demandan el mismo producto ofrecido.
2	V	En un problema de transporte, el objetivo es encontrar la manera más efectiva, en términos de costos, para transportar bienes.
3	F	El problema de transporte busca determinar el mínimo costo posible de transportes dados, los costos por unidad a transportar entre el depósito i y el centro de distribución j.
4	F	El problema de la ruta más corta plantea determinar la mejor manera de cruzar una red para encontrar la forma menos costosa de ir de origen a un destino.
5	V	El costo del camino es la suma de los costos de cada arco recorrido.
6	F	Los nodos transbordos son aquellos nodos que se encuentran como intermedios en una determinada red.
7	V	En un nodo transbordo podemos encontrar envíos de nodos origen a transbordo y de estos a destino.
8	V	En un problema de transbordo se pueden plantear las siguientes configuraciones: de origen a transbordo, de transbordo a transbordo, de origen a destino y de un destino a otro.
9	F	En un problema de transbordo, los nodos intermedios pueden ser origen o destino.
10	F	La solución para el ejemplo de la empresa Foster Generators propuesto, plantea un valor de \$39.500 como resultado de la ruta más corta.

[Ir a la autoevaluación](#)



5. Referencias bibliográficas

Anderson, D. R. Sweeney, D. J. y Williams, T. A. (2019). Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios (13a. ed.). Cengage Learning.

Martínez Salazar, I. A. y Vértiz Camarón, G. (2015). Investigaciones de operaciones. México D.F, México: Grupo Editorial Patria.

