

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD “VLADIMIR ILICH LENIN”
LAS TUNAS**

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

**ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA EL
PERFECCIONAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA
APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA INVESTIGACIÓN DE
OPERACIONES I**

AUTOR: OMAR NÁPOLES PEÑA

Resumen:

En el desarrollo actual de la Contabilidad y las Finanzas adquieren cada vez más, un papel importante el uso de métodos y modelos matemáticos. Es por ello que en el plan de estudios de esta carrera esta presente la Investigación de Operaciones como asignatura. Cada vez más la Investigación de Operaciones debe ser utilizada no tan solo como vía del conocimiento, sino como elemento de vital importancia para el logro de un profesional más competente.

Teniendo en cuenta que la asignatura Investigación de Operaciones I tiene grandes aplicaciones prácticas por los contenidos que se imparten en la misma que conllevan a un adecuado uso de los recursos, proporciona una ayuda en la toma de decisiones y reconociendo el nexo existente con otras asignaturas, así como conociendo la situación que presentan los estudiantes del segundo año de la carrera de Contabilidad y Finanzas de la Universidad Vladimir I Lenin, al presentar en los problemas económicos dificultades con el aprendizaje de las habilidades modelar e interpretar. Se ha elaborado una estrategia metodológica que aporta el perfeccionamiento de la preparación metodológica de la asignatura Investigación de Operaciones I, partiendo de un sistema de acciones, las cuales consisten en el perfeccionamiento de la dosificación de los contenidos en actividades docentes, de las indicaciones metodológicas, de la estructura metodológica de cada actividad docente, de las estrategias curriculares las cuales incluyen además la elaboración de la página Web de la asignatura, la implementación de la plataforma interactiva Moodle, la implementación de un software educativo y un folleto sobre laboratorio de ejercicios para apoyar el proceso de Enseñanza-Aprendizaje en los estudiantes, todo esto con el objetivo de dotar la asignatura de componentes didácticos que hagan más eficientes el Proceso Enseñanza – Aprendizaje en los estudiantes de Contabilidad y Finanzas.

PALABRAS CLAVES: Actividad docente, indicaciones metodológicas, estrategias curriculares, proceso de enseñanza aprendizaje.

Summary:

In the current development of the Accounting and the Finances acquire more and more, an important paper the use of methods and mathematical models. It is for it that in the plan of studies of this career this present the Investigation of Operations like subject. More and more the Investigation of Operations should not be used as alone as via of the knowledge, but I eat element of vital importance for the achievement of a more competent professional.

Keeping in mind that the subject Investigation of Operations I has big practical applications for the contents that are imparted in the same one that you/they bear to an appropriate use of the resources, it provides a help in the taking of decisions and recognizing the existent nexus with other subjects, as well as knowing the situation that the students of the second year of the career of Accounting present and Finances of the University Center Vladimir I Lenin, when presenting in the problems economic difficulties with the learning of the abilities to model and to interpret. A methodological strategy has been elaborated that it contributes the improvement of the methodological preparation of the subject Investigation of Operations I, leaving of a system of actions, which consist on the improvement of the dosage of the contents in educational activities, of the methodological indications, of the methodological structure of each educational activity, of the curricular strategies which also include the elaboration of the page Web of the subject, the implementation of the interactive platform Moodle, the implementation of an educational software and a pamphlet has more than enough laboratory of exercises to support the process of Teaching-learning in the students, all this with the objective of endowing the subject of didactic components that you/they make more efficient the Process Teaching - Learning in the students of Accounting and Finances.

ÍNDICE

	Contenido	Pág
	Introducción	1
1	Capítulo I: Tendencia Histórica de la Asignatura Investigación de Operaciones I	6
1.1	Surgimiento y evolución de la Investigación de Operaciones	6
1.2	Situación actual de la Investigación de Operaciones I	10
2	“Estrategia metodológica para el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Investigación de Operaciones I”	13
2.1	Estructura de la estrategia metodológica	13
2.2	Propuestas de modificaciones	15
2.3	Folleto Laboratorio de Ejercicios de Investigación de Operaciones I	19
2.3.1	Validación del Folleto laboratorio de ejercicios	21
	Conclusiones	22
	Recomendaciones	23
	Bibliografía	24
	Anexos	26
	Anexo # 1	27
	Anexo # 2	31
	Anexo # 3	32
	Anexo # 4	44
	Anexo # 5	45
	Anexo # 6	46
	Anexo # 7	47

INTRODUCCIÓN:

Desde el advenimiento de la Revolución Industrial, el mundo ha sido testigo de un crecimiento sin precedentes en el tamaño y la complejidad de las organizaciones. Los pequeños talleres artesanales se convirtieron en las corporaciones actuales. Una parte integral de este cambio revolucionario fue el gran aumento en la división del trabajo y en la separación de las responsabilidades administrativas en estas organizaciones. Los resultados han sido espectaculares. Sin embargo, junto con los beneficios, el aumento en el grado de especialización creó nuevos problemas que ocurren hasta la fecha en muchas empresas.

La complejidad y la especialización crecen, se vuelve más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización como un todo. Este tipo de problemas, y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos, proporcionaron el ambiente adecuado para el surgimiento de la **INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES (IO)**.

La evidente dificultad de tomar decisiones ha hecho que los responsables de dirigir las actividades de las empresas e instituciones se aproximen en la búsqueda de una herramienta o método que le permita tomar las mejores decisiones de acuerdo a los recursos disponibles y a los objetivos que se persiguen. Mediante la creación de modelos matemáticos se analizan los fenómenos económicos dentro de un marco estrictamente definido haciendo un llamado a los instrumentos matemáticos y a la estadística.

La Investigación de Operaciones nació como ciencia social tratando de optimizar los escasos recursos provocados por el modelo capitalista que amenazaba con la supervivencia del mundo, lo que proporcionó condiciones favorables para su desarrollo.

La Ciencia de la administración ó Investigación Operacional se puede definir de la siguiente manera: “es la aplicación del método científico por un grupo multidisciplinario de personas a un problema, principalmente relacionado con la distribución eficaz de recursos limitados (**dinero, materia prima, mano de obra, energía**), que apoyados con el enfoque de sistemas (este enfoque, es aquel en el que un grupo de personas con distintas áreas de conocimiento, discuten sobre la manera de resolver un problema en grupo). Puede considerarse tanto un arte como una ciencia. Como arte refleja los conceptos eficiente y limitado de un modelo matemático definido para una situación

dada. Como ciencia comprende la deducción de métodos de cálculo para resolver los modelos.

En los últimos años ha experimentado un avance notable su aplicación en todas las industrias entre la que se destacan la aérea y de proyectiles, la automotriz, la de comunicaciones, computación, energía eléctrica, electrónica, alimenticia, metalúrgica, minera, del papel, del petróleo y del transporte, así como las instituciones financieras, gubernamentales y de salud.

Hasta ella han llegado también las nuevas tecnologías que facilitan su estudio y comprensión como lo son el desarrollo de la computadora electrónica digital, con su capacidad para realizar cálculos aritméticos, miles o tal vez millones de veces más rápido que los seres humanos, acompañado de buenos paquetes de software.

A través de los años esta asignatura ha ido cobrando importancia dentro de los planes de estudio de la carrera de Contabilidad y Finanzas, hasta llegar a ser una herramienta imprescindible para el conocimiento de todas las materias relacionadas con las finanzas así como su vinculación con los aspectos teóricos de economía y contabilidad, como es ingresos y costos, oferta y demanda, materia prima y mano de obra, producción e inventario, depreciación y agotamiento, proyectos e inversión, entre otros, los cuales están muy vinculados a la aplicación de la Investigación de Operaciones.

La asignatura tiene como objetivos educativos contribuir a que los estudiantes:

1. Reafirmen la convicción sobre la materialidad del objeto de estudio de la Investigación de Operaciones a través de modelos descriptivos y de optimización, los cuales conforma un reflejo ideal, simplificado, pero a la vez verdadero de situaciones económicas reales.
2. Consoliden la certeza sobre la cognoscibilidad del mundo, mediante la obtención de nuevos conocimientos, sobre determinados aspectos de la realidad económica que han sido representados mediante modelos de optimización que le sirve al hombre para la toma de decisiones.
3. Desarrollen las formas del pensamiento lógico-deductivo y la capacidad de razonamiento mediante el análisis de los conceptos y el desarrollo de las habilidades en el uso de modelos de optimización, la utilización de métodos de solución y la interpretación de los resultados y su utilización como apoyo cuantitativo para la toma de decisiones.

4. Formen un sistema de conocimientos y habilidades de carácter profesional y científico-técnica, así como la habilidad de aplicar los mismos de manera independiente y creadora a la solución de problemas que se presentan en la economía mediante la utilización de métodos matemáticos.

Indiscutiblemente estos objetivos se logran si se logran preparar correctamente, los componentes del Proceso de enseñanza –aprendizaje. Entre estos componentes las actividades docentes constituyen un elemento fundamental, sin embargo no se logran los resultados que deben lograrse para que los estudiantes de Contabilidad y Finanzas una vez graduados apliquen en la práctica los conocimientos alcanzados con vista a resolver los problemas vigentes en las empresas, es decir, falta una estrategia metodológica que contribuya a cumplimentar los objetivos educativos.

En la impartición de la asignatura deben destacarse tres procesos fundamentales que son: la modelación matemática de un problema económico, su solución matemática y su interpretación económica. La asimilación de estos contenidos en los estudiantes se vuelve cada vez más lenta producto de la carencia de bibliografías con una metodología adecuada, donde se aborden estos contenidos con un lenguaje claro y sencillo que motiven al estudiante a desarrollar los conocimientos, o sea la asignatura se ha impartido con ciertas limitaciones que atentan contra el proceso de aprendizaje en los estudiantes. La mayoría de los estudiantes ingresan con una pobre formación en la enseñanza de las matemáticas, de los niveles inferiores; así como deficiencias en la aplicación de algunos contenidos de Estadística Matemática y Álgebra Lineal estudiados en la carrera.

Por el diagnóstico realizado a través de observaciones personales durante 3 cursos impartiendo la asignatura, mediante entrevistas a especialistas de amplia experiencia en la docencia de la disciplina Matemática en el Centro Universitario y por criterios emitidos por los estudiantes que han recibido la misma, se detecta que hay insuficiencias en la preparación metodológica de la asignatura Investigación de Operaciones I. Para este trabajo se considera como preparación metodológica de la asignatura: el programa general, programa analítico, dosificación de los contenidos por actividades docentes, p1 preliminar y definitivo, indicaciones metodológicas, estructura metodológica de cada actividad docente, valores y estrategias curriculares, las que contienen la inserción de la asignatura en las técnicas de la informatización científica,

mediante la creación de la página Web y la implementación de la asignatura en la plataforma interactiva Moodle y la elaboración de un libro que contenga un sistema de conceptos, ejemplos resueltos y ejercicios propuestos y todo esto con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos existente en nuestro sistema educacional, para fortalecer el proceso de enseñanza – aprendizaje y lograr que los educandos profundicen en los contenidos impartidos garantizándoles sitios en los que puedan autoprepararse, representando nuevas opciones bibliográficas que incentiven en el colegial interés y dedicación por la asignatura, fomentando la interacción entre alumnos y profesores fuera del horario docente.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto es por lo que se plantea el problema científico de la investigación:

Planteamiento del problema: ¿Cómo contribuir al perfeccionamiento del Proceso de enseñanza - aprendizaje en la asignatura Investigación de Operaciones I para la carrera de Contabilidad y Finanzas en el curso regular diurno?

El objeto de investigación: El Proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura Investigación de Operaciones I para la carrera de Contabilidad y Finanzas.

El objetivo: Elaborar una estrategia metodológica que contribuya a perfeccionar el Proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura.

El campo de acción: Preparación metodológica de la asignatura “Investigación de operaciones I para la carrera de Contabilidad y Finanzas en el curso regular diurno”.

Hipótesis: Si se elabora una estrategia metodológica para la preparación de la asignatura Investigación de operaciones I, entonces se perfeccionará el Proceso de enseñanza- aprendizaje de la misma.

Para desarrollar el trabajo se proponen las siguientes tareas investigativas:

1. Diagnosticar las insuficiencias de los estudiantes del segundo año del curso regular diurno de la carrera de Contabilidad y Finanzas del Centro Universitario “Las Tunas” relacionadas con el proceso de enseñanza- aprendizaje de la asignatura Investigación de Operaciones I.

2. Perfeccionar la preparación metodológica de la asignatura Investigación de Operaciones I, referente al programa analítico, dosificación de los contenidos por actividades docentes, indicaciones metodológicas, estructura metodológica de cada actividad docente y estrategias curriculares.
3. Elaborar un folleto sobre laboratorio de ejercicios que complemente la carencia de bibliografías con una metodología adecuada.
4. Confeccionar un sitio Web que sustente la preparación de la asignatura Investigación de Operaciones I y permita una mejor interacción entre alumnos y profesores fuera del horario docente.
5. Implementar la asignatura Investigación de Operaciones I en la plataforma interactiva Moodle.

La **significación práctica** consiste en:

- Perfeccionamiento de la preparación metodológica de la asignatura investigación de operaciones I para la carrera de Contabilidad y Finanzas.
- Así mismo, se aporta un folleto de laboratorio de ejercicios el cual contiene conceptos, ejemplos resueltos y ejercicios propuestos.
- Se aporta un software educativo que resuelve los temas impartidos en la asignatura.

Para dar cumplimiento a las tareas formuladas en el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes métodos de investigación:

- ✓ Histórico y Lógico: para analizar los antecedentes del trabajo metodológico de la asignatura y su influencia en la formación del futuro profesional.
- ✓ Análisis y Síntesis: como métodos generales se emplean durante toda la investigación, especialmente al profundizar en el problema, al conformar la idea a defender y en el estudio de las diferentes ideas deductivas.
- ✓ Inducción y Deducción: como métodos generales se emplean durante toda la investigación, especialmente al determinar la propuesta encaminada a fortalecer el trabajo metodológico y contribuir con esto a elevar la calidad de las clases.

CAPÍTULO I: “Tendencia histórica de la Asignatura Investigación de Operaciones I”

En este capítulo se hace un análisis teórico de la evolución de la ciencia Investigación de Operaciones.

Dónde nace y cuándo se introduce en nuestro sistema de enseñanza, se caracteriza el trabajo metodológico existente hasta el momento, y las vías para lograrlo, a través de la preparación de la asignatura como pilar esencial en la formación del estudiante, para que pueda asumir actitudes acordes al modelo del profesional, que aspira a formar la sociedad cubana: capaz de emplear la ciencia y la tecnología con vista a resolver los problemas de las ciencias contables y económicas.

1.1 Surgimiento y evolución de la Investigación de Operaciones

Los inicios de lo que hoy se conoce a nivel mundial como Investigación de Operaciones, se remontan al año 1759 cuando el economista Francois Quesnay empieza a utilizar modelos primitivos de Programación Matemática, mediante la construcción de modelos abstractos que ilustran el flujo de mercancías a lo largo del proceso de producción y consumo, más tarde, otro economista, Walras, establece un sistema de ecuaciones que definen el equilibrio estático de la economía en un sistema de las cantidades interdependientes, al desarrollar su trabajo sobre Teoría del equilibrio económico.

Los primeros estudios acerca de los modelos lineales de la Investigaciones de Operaciones se remontan desde finales del siglo XIX y principios del XX, tienen como precursores a Jordán en 1873, Minkowsky en 1896 y a Farkas en 1906, y los modelos dinámicos probabilísticos tienen su origen con Markov a fines del siglo pasado.

Las primeras investigaciones de interés son de las dos primeras décadas del siglo XX:

El desarrollo de los modelos de inventario se inicia en 1915 cuando F.W. Harris, aplica el análisis matemático a su primer modelo de magnitud de lote económico para control de inventario. En 1908, el ingeniero danés A.K. Erlang, lleva a cabo una labor investigadora por encargo de la compañía de teléfonos de Copenhague, sobre la ramificación de las comunicaciones telefónicas, llevando a cabo experimentos

relacionados con las fluctuaciones de la demanda de servicio telefónico con el equipo de marcado automático. Sus trabajos constituyeron el inicio de los modelos probabilísticos de la Teoría de Colas de Espera. Durante la Primera Guerra Mundial, en Inglaterra, año 1914 F.W. Lanchester publicó trabajos sobre las relaciones teóricas existentes entre el logro de la victoria y la superioridad, con el poder de fuego de las Fuerzas Armadas. En los Estados Unidos se le suministró a Thomas Alva Edison la tarea de descubrir cuales maniobras de los buques mercantes serían más efectivas para minimizar la pérdida de buques por encuentros con submarinos enemigos.

En la década de los años treinta, Horace C. Lenderson aplicó modelos matemáticos muy elaborados a la combinación de una cantidad de datos, tan grande, que de otra manera hubiera sido materialmente imposible de procesar.

Los problemas de asignación se estudian con métodos matemáticos por los húngaros Konig y Egerrary en la segunda y tercera década de este siglo. Los problemas de distribución son estudiados por el ruso Kantorovich en el año 1939.

El movimiento de la Administración Científica recibió su impulso inicial a fines de siglo XIX y principios de siglo XX, por parte del Frederick Wislow Taylor; quien recibe el estímulo de sus predecesores en especial de Henry R. Towne. Taylor pensó que el trabajo se podía analizar científicamente, lo cual se condujo al desarrollo de mejores métodos de desempeño, así como a la estandarización de esos métodos, y a la selección del trabajador mejor capacitado, y a su posterior capacitación sobre procedimientos más eficientes para poder realizar su trabajo.

Henry L.Gantt, asociado de Taylor, se hizo conocedor por sus trabajos de programación cronológica de la producción. Antes de él se hacia muy poco caso de las congestiones de trabajo, lo cual originaba retrasos en las entregas. Gantt planeó cada tarea, de una máquina a otra y aminorando las demoras de producción, al asignar las cargas de producción con varios meses de anticipación haciendo posible las fechas de entrega con más exactitud.

Las contribuciones de los esposos Frank y Lilien Gilbreth, significaron un gran adelanto en los estudios de Taylor y Gantt. Se iniciaron con el enfoque científico del estudio de movimientos, dividiendo los movimientos en sus elementos fundamentales para llegar a crear movimientos con menos desperdicios de tiempo.

Muchos expertos en la materia sitúan sus orígenes en la Segunda Guerra Mundial, cuando las diversas técnicas de la Investigación de Operaciones comenzaron a tomar auge, cuando la confianza en la intuición comenzó a desvanecerse, y se empezaron a utilizar técnicas de Investigación Operativa para la toma de decisiones bajo escasez de recursos. Para maximizar el rendimiento, era necesario asignar los recursos disponibles, de un modo efectivo, a las diversas operaciones y actividades. Los dirigentes militares británicos encargaron a científicos e ingenieros el análisis de varios problemas: despliegue de radares, manejo de operaciones de bombardeo, colocación de minas, etc. Las administraciones británica y americana formaron grupos de trabajo, compuestos por gran número de científicos (matemáticos, estadísticos, físicos, biólogos y psicólogos) para hacer una distribución racional, más fiable que la dada por la intuición, de los medios con los que contaban. Después de la guerra, estos éxitos atrajeron la atención de la industria, que quería solucionar nuevos problemas causados por el aumento de la complejidad de los procesos industriales y una mayor especialización en los mismos, lo que creaba una posible incompatibilidad de objetivos. Además, podemos identificar al menos otros dos factores que contribuyeron significativamente al gran avance de esta ciencia en ese período. De un lado, las mejoras sustanciales que se obtenían al desarrollar y perfeccionar las técnicas de Investigación Operativa, y de otro, el desarrollo paralelo de los ordenadores, que aumentó de forma espectacular la capacidad de almacenamiento de datos y la velocidad de resolución de los problemas.

Una de las áreas más importantes y activas de la Investigación Operativa es la Programación Lineal. El reconocimiento de la importancia de este tipo de problema coincidió con el desarrollo de un método eficiente, el Método Símplex (George Dantzing, 1947) y un medio, el ordenador, para aplicarlo. Una buena parte de los fundamentos de la Programación Lineal se descubrió en un período sorprendentemente corto de tiempo de intensa labor de investigación y desarrollo, entre los años 1947 y 1949. En la actualidad, el Algoritmo Símplex es una herramienta estándar que ha ahorrado enormes cantidades de dinero a la mayoría de las empresas o compañías en los países industrializados. Uno de los descubrimientos más importantes en el desarrollo reciente de la Programación Lineal es el concepto de dualidad. En 1954, Lemke desarrolló el Método Dual del Símplex que conduce desde una solución óptima que no cumple las

condiciones de no negatividad a la solución final del problema. En 1956, Dantzing, Fold y Fulkerson desarrollaron el Algoritmo Primal-Dual General, que resuelve problemas de Programación Lineal trabajando simultáneamente con los problemas Primal y Dual. Originalmente, este algoritmo fue creado para resolver un tipo especial de problemas que surgieron en Flujo de Redes. Basándose en la Teoría de la Dualidad, se desarrolló el Análisis de Sensibilidad. A finales de los años 50 y principios de los 60, Ralph Gomory inició sus trabajos con los problemas de Programación Lineal Entera y diseñó el Método de los Planos Cortantes de Gomory, que contribuye en gran medida a profundizar en el conocimiento del problema. En 1970 Mitten publicó un artículo en el que se recogían los Métodos de Separación y Acotación para la resolución de este tipo de problemas, que fueron desarrollados durante la década de los 60. Uno de los desarrollos más espectaculares en Investigación Operativa ha sido el gran avance en la metodología y aplicación de los modelos de Optimización de Redes. El Análisis de Redes tiene sus fundamentos teóricos en la Teoría de Grafos, una rama de las matemáticas que nace en 1736 con la formulación (realizada por Leonhard Euler) del famoso problema de los puentes de Königsberg.

En 1959, Dijkstra presentó uno de los algoritmos más sencillos y eficientes para la resolución del problema del camino más corto, que se conoce con el nombre de algoritmo de Dijkstra.

Si no hubiera sido por la computadora digital, la Investigación de Operaciones con sus grandes problemas de computación no hubiera crecido al nivel de hoy en día. Actualmente la Investigación de Operaciones se está aplicando en muchas actividades. Estas actividades han ido más allá de las aplicaciones militares e industriales, para incluir hospitales, instituciones financieras, bibliotecas, planeación urbana, sistemas de transporte y sistemas de comercialización.

Dado el gran impacto de las técnicas de IO, hay muchas asociaciones profesionales dedicadas a este campo. Hoy en día hay más de cuarenta y cuatro países que son miembros de la International Federation of Operational Research Societies (IFORS, <http://www.ifors.org>), organización mundial cuyo objetivo es el desarrollo de la Investigación Operativa como una ciencia unificada y su avance en todas las naciones del mundo.

1.2 Situación actual.

La asignatura se comienza a implementar en el Centro Universitario Vladimir I Lenin, desde sus inicios, estando presente en todos los cursos realizados, siendo siempre una asignatura fundamental dentro de los planes de estudio de la carrera. Con el transcurso del tiempo se ha modificado con el objetivo de cubrir todas las necesidades de los estudiantes.

En los momentos actuales la Investigación de Operaciones constituye una herramienta fundamental en el desempeño de un contador, ya que es la ciencia que más ha evolucionado en los últimos años por su aplicación en el mundo empresarial y financiero.

En el programa de estudio aparecen contenidos de gran complejidad, constituyendo una de las asignaturas de las que se imparte en la carrera, en la que los estudiantes confrontan dificultades en el proceso de enseñanza – aprendizaje. La asignatura constituye una herramienta potencial por su aplicación a problemas prácticos en la economía.

En estos momentos la Investigación de Operaciones se encuentra ajustada al plan de estudios “C”, el cual fue introducido en el centro desde 1999 y es requisito indispensable que el estudiante domine los conocimientos y habilidades de asignaturas como Matemática, Álgebra Lineal y Estadística. El Álgebra Lineal es fundamental para las técnicas de Programación lineal y en enteros. En relación con Matemática y Estadística son importantes los aspectos relacionados con la optimización de funciones lineales y continuas.

Su impartición se realiza teniendo en cuenta un enfoque de carácter práctico, dirigido a las aplicaciones en el proceso de toma de decisiones en los diferentes subsistemas de las empresas, en el cuál el estudiante debe desarrollar una serie de habilidades:

- Identificar, ante una situación concreta de toma de decisiones, la técnica de Investigación de Operaciones a emplear para la solución del problema.

- Definir el concepto de decisión, explicar los elementos básicos que están presentes en una situación de decisión y la clasificación de situaciones de toma de decisiones en función del ambiente de la decisión.
- Construir la matriz de decisión, a partir de situaciones concretas, y aplicar los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo así como calcular el valor esperado de la información perfecta.
- Construir árboles de decisión y utilizarlos para la toma de decisiones secuenciales en condiciones de riesgo.
- Construir modelos de programación lineal con diferentes criterios para la función objetivo y diferentes tipos de restricciones
- Utilizar las notaciones básicas, conceptos y teoremas que fundamentan el método simplex y los criterios empleados en su procedimiento de cálculo.
- Explicar las relaciones entre los modelos primal y dual e interpretar económicamente el significado de las variables y restricciones del dual correspondiente a un primal dado.
- Utilizar paquetes de programas para la solución por microcomputadoras de los modelos de programación lineal y en enteros, interpretar económicamente los resultados, así como calcular la nueva solución al modelo ante cambios en los datos de partida.
- Construir modelos de programación en enteros, tanto puros como mixtos, empleando variables binarias para representar diferentes situaciones económicas.

El proceso educativo en la asignatura Investigación de Operaciones no logra integrar la adquisición de los conocimientos con el desarrollo de las habilidades antes mencionadas provocando que las actividades docentes carezcan del objetivo común para el cual está dirigida la preparación metodológica, que es lograr la formación de un profesional competente, sobre todo por la falta de diseñar un conjunto de tareas que cumplieran la integración de los componentes didácticos.

Cuando se habla de componentes didácticos se refiere al conjunto de elementos principales previo a la preparación docente que son diseñados mediante el trabajo metodológico que se realiza con vista a garantizar el desarrollo eficiente de la asignatura.

A pesar de que se han logrado adelantos en el desarrollo del trabajo metodológico en la disciplina de las Matemáticas aplicadas, en la asignatura Investigación de Operaciones se manifiestan insuficiencias que atentan contra una mayor eficiencia del Proceso de enseñanza –aprendizaje, tales como:

- Carencia relativa de una bibliografía que aporte una metodología adecuada, es decir un conjunto de contenidos, ejemplos y ejercicios propuestos con un lenguaje claro y sencillo, que le permita al estudiante una mejor captación de la enseñanza que se imparte, tributando de forma directa en la consolidación del aprendizaje.
- En el proceso docente no se observa la necesaria integración entre la actividad laboral, investigativa y académica que debe desarrollar el estudiante de contabilidad durante toda su formación profesional.
- Los programas de cómputo que se aplican en la asignatura no se le dan prácticamente uso, debido a que se planifican pocas horas en los laboratorios de computación, trayendo consigo que no se logren desarrollar mejor las habilidades en los estudiantes.
- No se aprovechan al máximo los recursos existente en nuestro centro para fortalecer el proceso de enseñanza – aprendizaje y lograr que los educandos profundicen en los contenidos impartidos garantizándoles sitios en los que puedan autoprepararse, representando nuevas opciones bibliográficas que incentiven en el colegial, interés y dedicación por la asignatura.
- No existe suficiente claridad en las relaciones que, dentro del trabajo metodológico, deben darse entre carrera, disciplina, y año académico, al existir deficiencias en la aplicación de algunos contenidos de Estadística Matemática y Álgebra Lineal que fueron impartidos en la carrera y que sirven de herramienta a la Investigación de Operaciones.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, podemos afirmar que se debe realizar la preparación de la asignatura mediante la aplicación de estrategias metodológicas que permitan fortalecer el proceso de enseñanza – aprendizaje en los educandos, y contribuyan a cumplimentar los objetivos educativos previstos por el actual plan de estudio para la carrera de Contabilidad y Finanzas.

CAPÍTULO II: “Estrategia metodológica para el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Investigación de Operaciones I”

2.1 Estructura de la estrategia metodológica.

La siguiente estrategia metodológica aporta el perfeccionamiento de la preparación metodológica de la asignatura Investigación de Operaciones I y un folleto sobre laboratorio de ejercicios para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes, partiendo de un sistema de acciones, las cuales consisten en el perfeccionamiento de la dosificación de los contenidos en actividades docentes, de las indicaciones metodológicas, de la estructura metodológica de cada actividad docente, de las estrategias curriculares las cuales incluyen además la elaboración de la página Web de la asignatura y la implementación de la plataforma interactiva Moodle.

Partiendo de lo normado en la Resolución Ministerial 269 emitida en el año 1991, relacionado con la preparación metodológica de una asignatura y del problema planteado, se propone que la preparación metodológica de la asignatura incluya los siguientes elementos:

- 1) Programa de la disciplina (orientado por el ministerio de Educación Superior)
- 2) Programa general de la asignatura: Elaborado a partir del programa de la disciplina y contiene los siguientes elementos:
 - Datos generales (Nombre de la asignatura, carrera, año, semestre, número total de horas, etc.)
 - Objetivos generales educativos e instructivos
 - Contenido: Sistema de conocimientos, habilidades y valores
 - Indicaciones metodológicas y de organización
 - Bibliografía
 - Evaluación final.
- 3) Programa analítico: Partiendo de los contenidos planteados en el programa general de la asignatura lo elabora el profesor principal de la misma y lo aprueba el jefe del departamento. Contiene los siguientes elementos:
 - Datos generales (Nombre de la asignatura, carrera, año, semestre, número total de horas, especificando la cantidad total de horas por formas organizativas en la asignatura, incluyendo las de evaluación).

- Relación de temas, definiéndose para cada uno: Cantidad de horas por formas organizativas (Conferencias, clases prácticas, seminarios, laboratorios, evaluaciones, etc), objetivos instructivos, conocimientos y habilidades.
 - Sistema de evaluación de la asignatura, incluyendo el examen final (Objetivos, contenidos y tiempo de cada evaluación)
 - Sistema de Valores
 - Bibliografía.
 - Firma del profesor principal y del Jefe del departamento.
- 4) Dosificación de los contenidos de la asignatura en actividades docentes (AD). (ANEXO # 1). Cada actividad docente debe tener (incluyendo las evaluaciones):
- Número de la AD
 - Contenido
 - Objetivos.
 - Tiempo
- 5) P1 preliminar (Es para elaborar los horarios en las carreras). Contiene la cantidad de horas distribuidas en formas organizativas por semanas.
- 6) P1 definitivo (Se elabora con el horario y la dosificación) y contiene los siguientes aspectos:
- Número de Semana
 - Número de AD
 - Contenido
 - Forma organizativa (FO)
 - Tiempo
- 7) Estrategias Curriculares (ANEXO # 2)
- 8) Preparación de las actividades docentes (ANEXO # 3). Cada actividad docente debe tener:
- Título
 - Objetivos
 - Introducción
 - Desarrollo
 - Conclusiones (debe contener además, la orientación hacia el estudio independiente)
 - Bibliografía

- 9) Montaje en plataforma interactiva Moodle o Microcampus (ANEXO # 4)
- 10) Página WEB de la asignatura (ANEXO # 5).
- 11) Software de apoyo a la docencia (Qmwin). (ANEXO # 6)
- 12) Materiales de apoyo a la docencia (Bibliografía complementaria). (ANEXO # 7)

2.2 Propuestas de modificaciones

- 1. En la dosificación de los contenidos, distribuidos en actividades docentes, se perfecciona el orden, de forma tal, que los mismos se integran sistemáticamente acorde a la lógica de la ciencia.

- 2. Indicaciones metodológicas de la asignatura :

Esta asignatura permite ubicar al estudiante dentro del campo de la Matemática en general, a fin de que éste comprenda como los métodos y modelos matemáticos, sirven para representar y resolver problemas económicos. Los diferentes contenidos de la asignatura se impartirán a través de conferencias teóricas-prácticas y clases prácticas pudiendo también realizarse seminarios y/o laboratorios. En las clases se utilizarán métodos que estimulen la actividad productiva y que propicien la independencia y el pensamiento creador, motivándolas con aplicaciones económicas y evidenciando las posibles aplicaciones en otras asignaturas de la misma disciplina u otras como Finanzas, Contabilidad, Macro y Microeconomía, etc. La integración entre los diferentes temas de la asignatura debe garantizar la continuidad lógica en la exposición de los contenidos, las debidas precedencias, y la utilización de las habilidades que paulatinamente van adquiriendo los estudiantes. En el desarrollo de las habilidades de los distintos temas de la asignatura, debe prestarse atención a las estrategias curriculares de computación y de idioma. Siempre que sea posible debe recomendarse bibliografía de consulta en inglés y utilizarse las técnicas de computación fundamentalmente en la consolidación y profundización de la utilización de los métodos cuantitativos para la solución de problemas económicos a fin de contribuir al desarrollo del pensamiento creador.

- 3. Actividades docentes: (ANEXO # 3)

Constituyen la acción fundamental en el logro inmediato de cumplimentar los objetivos propuestos de la asignatura y constituye la acción rectora para fortalecer el proceso de enseñanza –aprendizaje en los educandos.

Cada conferencia teóricas-prácticas y clase práctica está estructurada siguiendo los componentes mencionados anteriormente, en las mismas se han elaborado los objetivos reconociendo que este es el elemento superior del proceso docente, incluyendo la habilidad a lograr por los estudiantes durante la actividad docente.

A continuación de los objetivos se ubica la introducción, donde, brevemente se trata de asegurar el nivel de partida recordando aspectos abordados en clases anteriores, revisando el estudio independiente orientado anteriormente, el cual da la oportunidad de iniciar la actividad siguiendo una misma línea. En las conferencias se realiza un breve recordatorio de los temas anteriores y en las clases prácticas se reafirman los elementos vistos en las conferencias que son fundamentales para la clase, este elemento ubica al estudiante en el punto de partida para la adquisición del conocimiento.

Los elementos claves a desarrollar en cada actividad se presentarán en la parte del contenido constituyendo el desarrollo de la clase, este elemento recoge todo el sistema de conocimiento que permite al profesor lograr cumplimentar los objetivos que fueron diseñados en cada actividad docente, y al estudiante le permite apropiarse de toda información que ayude a crear en él ciertas habilidades, que tributen a un mejor análisis y comprensión de la asignatura.

Las conclusiones son el resumen de la actividad docente, en este elemento se hace un repaso final de los aspectos fundamentales de la conferencia, y se abordan las principales dificultades y logros encontrados en las clases prácticas. Posteriormente se proyecta un sistema de tareas para el estudio individual en relación con cada objetivo, de cada actividad docente, orientándole al estudiante ejercicios a resolver en el laboratorio elaborado para la asignatura, búsquedas bibliográficas, estudio de temas debates en la página Web ó Moodle de la asignatura entre otras cosas.

Y por último se incluye una consulta bibliográfica que le permita al estudiante familiarizarse o actualizar los contenidos recibidos, en libros, sitios Web, comentarios, libros electrónicos etc.

4. Plataforma interactiva Moodle. (ANEXO # 4)

Moodle es una plataforma de aprendizaje a distancia en Software libre (ver Anexo #4). Tiene una creciente base de usuarios, esta herramienta familiariza al docente con las diferentes opciones que tiene su panel, asimismo le permite el uso de los diferentes recursos cuando sea necesario. Debido a que las actividades son componentes importantísimos en este proceso de enseñanza en línea, será determinante para el correcto aprovechamiento académico del alumno.

Moodle es una herramienta de apoyo al docente que le permite impartir sus conocimientos utilizando nuevas tecnología, cuenta con los recursos necesarios para permitirle estructurar o preparar las clases de manera organizada para luego interactuar con sus alumnos a través de Internet.

Contiene una página principal, donde después de ubicar la asignatura correspondiente, permite al estudiante elegir entre una serie de opciones los diferentes temas, estudios independientes, orientaciones, novedades, discusión de temas debates que garantizan una mejor captación de los conocimientos tributando a una mejor eficiencia en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La utilización de la plataforma moodle en la Asignatura Investigación de Operaciones I incrementa la cantidad de actividades en el proceso de enseñanza e incentiva la creatividad y la motivación en función de la asignatura.

De esta forma se pone en las manos de los educandos esta tecnología de punta, introduciéndolos al fascinante mundo de la Educación Virtual.

5. Sitio Web de Investigación de Operaciones I

Como otra de las estrategias ó medios de enseñanza para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje, se ha confeccionado el sitio Web de la asignatura (ver Anexo #5). Esta será una herramienta más que le permitirá al estudiante mejorar su calidad como profesional, que es en fin uno de los objetivos de la asignatura Investigación de Operaciones I.

Una página Web está formada por un conjunto de hipervínculos residentes en servidores HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) escrito en HTML (Lenguaje Marcador de Hiper Texto) que contiene textos, imágenes, gráficos y sonidos.

Para la construcción de dicha página se utilizó el programa “Macromedia Dreamweaver MX 2004”. Este es un editor HTML profesional para diseñar, codificar y desarrollar sitios, páginas y aplicaciones Web. Tanto si desea controlar manualmente el código HTML como si prefiere trabajar en un entorno de edición visual, Dreamweaver proporciona útiles herramientas que mejorarán la creación Web.

Este sitio estará compuesto por los siguientes componentes:

- ❖ **Inicio:** Esta opción permite ir a la página de inicio.
- ❖ **Programa General:** Como bien lo indica, se mostrará el programa general de la asignatura.
- ❖ **Programa Analítico:** En este botón, se mostrará el programa analítico de la asignatura.
- ❖ **Reseña Histórica:** Esta opción permite conocer el origen y evolución de la ciencia Investigación de Operaciones.
- ❖ **Bibliografía:** Se describe los principales sitios bibliográficos que dieron origen a los temas elaborados.
- ❖ **Profesores:** Al acceder a este botón, se mostrará información de los profesores responsables de instruir a los estudiantes en esta materia, incluyendo una autobiografía de su vida laboral, y sus datos personales, como teléfono, dirección particular, e-mail, etc.
- ❖ **Actividades Docentes:** Mediante este hipervínculo se pueden observar todas las actividades docentes realizadas, dándole la posibilidad al estudiante de acceder a la que el determine sin que se muestren todas a la vez. Además cada clase práctica tiene un hipervínculo con el programa de cómputo que le permitirá realizar los diferentes cálculos de los ejercicios propuestos.
- ❖ **Laboratorio de ejercicios:** Esta opción permite que los estudiantes consulten los contenidos, ejemplos y ejercicios propuestos que contiene el material docente.

- ❖ **Correo Estudiantes:** Permite a los estudiantes tener acceso a su correo.
- ❖ **Moodle:** Permite a los estudiantes acceder a la plataforma moodle.

2.3 Folleto Laboratorio de Ejercicios de Investigación de Operaciones I

El Laboratorio de Ejercicios se confecciona con la intención de desarrollar una herramienta que sirva como material de apoyo para la docencia (ver Anexo #7). En concreto, la herramienta desarrollada trata de ser de utilidad tanto para el profesor en forma de material de apoyo a la hora de impartir sus clases como para el alumno a la hora de estudiarse los contenidos de la asignatura. La elaboración de este material docente sigue la secuencia del programa de la asignatura Investigación de Operaciones I para las carreras universitarias de perfil económico. Para facilitar al estudiante la teoría y práctica de los diversos temas y técnicas, se ha dividido su contenido en capítulos que contienen específicos puntos del análisis cuantitativo a desarrollar. El laboratorio de ejercicios tiende a resolver el problema de que en la bibliografía existente no se establece una metodología de solución adecuada, mediante un lenguaje claro y sencillo que le permita a los educandos un mejor análisis e intuición de los contenidos impartidos.

En su elaboración, cada punto particular tiene un orden de prioridad de ideas, hasta culminar la presentación total del material contenido en el capítulo. En cada capítulo o sección se numeran los contenidos, para expresar en forma corta cada concepto o punto particular y para poder tener puntos referenciales al realizar ejercicios prácticos de los contenidos. Cumpliendo con el objetivo que se expone, cada capítulo tiene una parte de teoría y otra de práctica en cada sección que así lo amerite. Esta forma de presentación pretende facilitar la lectura de contenidos y hacer notar la secuencia entre la teoría y la práctica. El desarrollo del material de la asignatura, se hace considerando la Investigación de Operaciones como una ciencia administrativa basada en el enfoque científico, para resolver problemas y proporcionar ayuda para la toma de decisiones. Planear, organizar, dirigir, dotar al personal, controlar, son actividades que el Economista en su ejercicio profesional puede desempeñar, y la Investigación de Operaciones le sirve de ayuda con su método analítico y sistemático. Basado en el enfoque gerencial es que se plantea en el presente manual el estudio de esta ciencia.

El capítulo inicial, Elementos de teoría de la decisión representa al estudio de las diversas técnicas y los respectivos modelos que conforman la asignatura. Se hace énfasis en la Matriz de pagos y el Árbol de decisión y en el análisis cuantitativo que es la base del enfoque científico, punto de partida del proceso que determinará la toma de una decisión, se hace referencia a los pasos a seguir en ese análisis, se recuerdan aspectos cualitativos en el proceso de tomar decisiones, y se proporcionan conceptos fundamentales que han de manejarse durante toda la asignatura, porque son parte de cada técnica a estudiar.

El capítulo II abarca la técnica fundamental, la Programación Lineal. Esta es una de las técnicas más empleadas y se aplica en sistemas con relaciones lineales, para usar los recursos escasos de la mejor manera posible. Es uno de los temas más amplios y ocupa el mayor porcentaje del material de la asignatura. Sus diferentes secciones están dedicadas a conocimientos particulares dentro de la técnica tales como: definición de la técnica, elaboración del modelo general, algoritmo de solución, solución gráfica, teoría de dualidad, el problema de transporte.

2.3.1 Validación del Folleto laboratorio de ejercicios

Este trabajo se presentó y tuvo buena aceptación, en los eventos: Jornada Científico- Estudiantil a nivel de facultad y de centro del curso 2004-2005, en la Conferencia Científica Metodológica del Centro Universitario de las Tunas en el mismo año y en el Forum de la Facultad, en el XVI Forum de Ciencia y Técnica en la primera etapa a nivel municipal y provincial donde alcanzó categoría relevante, en el Evento Provincial de Estudiantes de las Ciencias Económicas obteniendo premio y clasificando para el IX Encuentro Nacional de Estudiantes de las Ciencias Económicas. La metodología aportada en este trabajo se ha aplicado con resultados positivos en el proceso docente educativo de las asignaturas Estadística Matemática I y II para la carrera de Contabilidad y Economía en CRD y en CPT del Centro Universitario de Las Tunas.

El beneficio que brinda este trabajo es social, ya que una vez elaborado, se han preparado en dicha asignatura más de 200 jóvenes que cursan las carreras Contabilidad y Finanzas y Economía en CRD y CPT en el CULT.

Su principal mérito ha sido contribuir al perfeccionamiento del proceso de enseñanza- aprendizaje en los educandos, reflejando un incremento en la calidad de los resultados de la asignatura, desde que se empezó a utilizar como material docente.

También les ha servido de mucha utilidad en su preparación a los profesores que han sido reorientados a la enseñanza de la matemática para impartir clases de Investigación de Operaciones en las sedes universitarias de la provincia.

Este material es usado actualmente en las sedes universitarias con buenos resultados y por la importancia que posee el mismo en el perfeccionamiento del proceso de enseñanza - aprendizaje, ha tenido gran aceptación en los eventos que se ha presentado, ya que contribuye a lograr un profesional mucho más competente.

CONCLUSIONES

Este trabajo les brinda al futuro profesional de las ciencias económicas interesado en aplicar los métodos y modelos matemáticos y a los profesores noveles de la asignatura Investigación de Operaciones I:

- Un instrumento de consulta bibliográfica diseñado para proporcionar los elementos necesarios que permitan detectar, analizar y resolver las distintas cuestiones a tratar en Investigación de Operaciones I.
- Una estrategia metodológica, mediante la implementación de componentes didácticos como vía para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje; la página Web, la implementación de la plataforma Moodle, el Laboratorio de ejercicios, dirigidos a desarrollar un conjunto de habilidades en los estudiantes, que contribuyan a su formación profesional.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe aplicar en la carrera de Contabilidad y Finanzas la estructura metodológica que se plantea para la elaboración de las actividades docentes de la asignatura Investigación de Operaciones I.
- ✓ Que sirva de material bibliográfico para la superación de los profesores del claustro que imparten esta asignatura y para los estudiantes de Contabilidad y Finanzas.
- ✓ Utilizar el Laboratorio de ejercicios como material docente como vía de brindarle al estudiante un lenguaje claro y sencillo de los contenidos, ejemplos propuestos y ejercicios resueltos que contribuyan a perfeccionar su aprendizaje.
- ✓ Utilizar la página Web, la plataforma Moodle y el software educativo como herramientas para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- ✓ Se deben aplicar estos aportes por la importancia de los mismos en el plan de estudio D que se comenzará a implementar.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Colectivo de autores del Dpto. modelación económica. Programación Matemática I Editorial ENPES. Ciudad de la Habana.1985.
- ✓ Rodríguez. R y otros. Programación Matemática tomo I y II. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1992.
- ✓ Felipe. P y Otros .Programación Matemática Tomo I y II. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana .1982.
- ✓ Gauge y Watson. Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. Editorial McGraw- Hill. 1982
- ✓ Colectivo de Autores. "Introducción a la Investigación de Operaciones 1, Editorial Félix Varela, La Habana, 2005.
- ✓ Arnold, B., Castillo, E., and Sarabia, J. M., *Conditional Specification of Statistical Models*, Springer-Verlag, New York, 1999.
- ✓ Modelos Estocásticos para la Gestión de Sistemas, Gazmuri, P. Ediciones Universidad Católica, Santiago, 1995.
- ✓ Reyes Ibarra, Anna. 2004. Opción Metodológica para el desarrollo de la Asignatura Econometría. 60 h. Trabajo de Diploma (En opción al Título de Lic. En Contabilidad y Finanzas) Centro Universitario de Las Tunas.
- ✓ Echavarría Aleaga, Maikel. 2004. Variante metodológica para el desarrollo de la asignatura Estadística Matemática para la carrera de Contabilidad y Finanzas. 64 h. Trabajo de Diploma (En opción al Título de Lic. En Contabilidad y Finanzas) Centro Universitario de Las Tunas.

Anexos

Anexo # 1**DOSIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA I. O. PARA LA CARRERA DE CONTABILIDAD.****HORAS: 60. TIPO DE CURSO: CRD.****Distribución por AD con Objetivos.**

AD	Tipo- logía	Contenido	Objetivo
1	C	La teoría de la decisión, conceptos básicos. Elementos constitutivos de una situación de decisión. Matriz de decisión.	Interpretar el papel de los métodos cuantitativos en la toma racional de decisiones y conocer como construir una matriz de decisión para una situación dada.
2	CP	Ejercitar AD #1.	Construir la matriz de decisión para una situación sencilla dada.
3	C	Toma de decisión bajo incertidumbre y riesgo. Planteamiento del problema y criterios a utilizar .Valor esperado de la información perfecta.	Conocer los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo.
4	CP	Toma de decisión bajo incertidumbre. Planteamiento del problema y criterios a utilizar.	Aplicar los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre a situaciones problemáticas sencillas.
5	CP	Toma de decisión bajo riesgo. Planteamiento del problema y criterios a utilizar. Valor esperado de la información perfecta.	Aplicar los criterios para la toma de decisiones en condiciones de riesgo a situaciones problemáticas sencillas.
6	L	Criterios de toma de decisiones utilizando la computación.	Utilizar el Excel para aplicar los criterios.
7	C	Árbol de decisión.	Conocer cuando se utilizan los árboles de decisión y como se construyen y se analizan.
8	CP	Ejercitar AD #7.	Construir árboles de decisión y utilizar la técnica para la solución de problemas de decisión secuenciales en condiciones de riesgo.
9	CP	Ejercitar AD #7.	Construir árboles de decisión y utilizar la técnica para la solución de problemas de decisión secuenciales en condiciones de riesgo.
10	PP	Evaluar Tema #1.	Comprobar que los estudiantes son capaces de modelar problemas sencillos que conduzcan matriz de decisión o a árbol de decisión y asumir la decisión

			correcta según los criterios estudiados.
11	C	Introducción a la programación Lineal. Formulación matemática del modelo de Programación Lineal. Construcción de modelos.	Conocer las partes de un problema de programación lineal, los supuestos del modelo y los pasos para el planteamiento.
12	CP	Ejercitar AD # 11.	Construir modelos sencillos de programación lineal con diferentes criterios para la función objetivo y diferentes tipos de restricciones.
13	CP	Ejercitar AD # 11.	Construir modelos sencillos de programación lineal con diferentes criterios para la función objetivo y diferentes tipos de restricciones.
14	CP	Ejercitar AD # 11.	Construir modelos sencillos de programación lineal con diferentes criterios para la función objetivo y diferentes tipos de restricciones (Del tipo no presencial).
15	C	Métodos de solución: solución gráfica y solución analítica (método simplex).	Conocer los conceptos y teoremas fundamentales que fundamenten el método gráfico y el método simplex para el cálculo de la solución de un problema de PL.
16	CP	Ejercitar AD # 15.	Resolver mediante la solución Gráfica PPL.
17	L	Solución de PPL utilizando la computación.	Resolver PPL utilizando el Solver, el Lindo y el QMWIN.
18	C	El modelo Dual. Propiedades fundamentales.	Conocer el procedimiento para llevar del primal al dual, así como la definición de las variables duales.
19	CP	Ejercitar AD # 18.	Ejercitar relaciones entre el modelo dual y primal.
20	C	Interpretación económica de la solución óptima. Dualidad y Sensibilidad. Interpretación de los resultados.	Conocer los posibles análisis que se pueden realizar a partir del planteamiento y solución del PPL primal y dual.
21	CP	Ejercitar AD # 20.	Tomar decisiones sencillas en una determinada situación problemática basadas en la solución de un PPL primal y dual.
22	L	Solución de PPL e interpretación económica de las soluciones óptimas utilizando la computación.	Tomar decisiones sencillas en una determinada situación problemática basadas en la solución de un PPL primal y dual, utilizando el Solver, el Lindo y el QMWIN.

23	PP	Evaluar Tema # 2.	Comprobar que los estudiantes son capaces de construir modelos de programación Lineal e interpretar la solución y el significado de las variables tanto en el primal como en el dual.
24	C	El modelo de Transporte. Planteamiento y solución.	Conocer las características que hacen del problema de Transporte un caso especial y como plantearlo.
25	CP	Ejercitar AD # 24.	Construir y formular modelos sencillos de programación lineal de transporte.
26	L	Solución óptima de PPL de transporte utilizando la computación.	Resolver PPL de transporte utilizando el Transp, el Lindo y el QMWIN.
27	C	Introducción del modelo de programación lineal en enteros tanto puros como mixtos.	Lograr que los estudiantes se apropien de los elementos básicos de la programación en enteros.
28	CP	Ejercitar AD # 27.	Construir y formular modelos sencillos de programación lineal en enteros.
29	CP	Ejercitación de los contenidos del tema # 2.	Lograr que los estudiantes modelen PPL y conviertan del primal al dual, e interpreten las soluciones óptimas de los problemas de PPL.
30	L	Solución óptima de los PPL e interpretación económica de las soluciones óptimas utilizando la computación.	Resolver PPL utilizando el Solver, el Lindo, transp y el QMWIN.

Sistema de Conocimientos:

La teoría de la decisión, conceptos básicos. Elementos constitutivos de una situación de decisión. Matriz de decisión. Toma de decisión en incertidumbre y riesgo. Planteamiento del problema y criterios a utilizar. Valor esperado de la información perfecta. Árbol de decisión.

Bosquejo histórico sobre el surgimiento de la programación lineal. El problema general de la programación lineal. Formulación matemática y supuestos del modelo. Planteamientos concretos de modelos con distintos tipos de restricciones el problema de transporte etc...Métodos de solución>soluciones gráficas y método Simplex. Uso de paquetes de programas para la solución por microcomputadoras de los modelos de programación lineal e interpretación económica de los resultados. Interpretación económica de primal. El problema dual. Propiedades fundamentales e interpretación económica. Postoptimización o análisis de sensibilidad. Uso de paquetes de programas para hallar nuevamente su solución. Programación en enteros, caso puro y mixto. Uso de las variables binarias para la modelación de problemas económicos.

Sistema de habilidades:

Identificar, ante una situación de toma de decisiones, la técnica de investigación de operaciones a emplear para la solución del problema.

Definir el concepto de decisión, explicar los elementos básicos que están presentes en una situación de decisión y la clasificación de situaciones de toma de decisiones en función del ambiente de decisión.

Construir la matriz de decisión, a partir de situaciones concretas, y aplicar los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo así como calcular el valor esperado de la información perfecta.

Construir árboles de decisión y utilizarlos para la toma de decisiones secuenciales en condiciones de riesgo.

Construir modelos de programación lineal con diferentes criterios para la función objetivo y diferentes tipos de restricciones.

Utilizar las notaciones básicas, conceptos y teoremas que fundamentan el método simplex y los criterios empleados en sus procedimientos de cálculo.

Explicar las relaciones entre los modelos primal y dual e interpretar económicamente el significado de las variables y restricciones del dual correspondiente a un primal dado.

Construir modelos de programación en enteros, tanto puros como mixtos, empleando variables binarias para representar diferentes situaciones económicas.

Utilizar paquetes de programas para la solución por microcomputadora de los modelos de PL y en enteros, interpretar económicamente los resultados, así como calcular la nueva solución al modelo ante cambios en los datos de partida.

Valores a los que contribuye:

Esta asignatura contribuye a formar valores éticos tales como el compañerismo, la honradez etc, que se logran mediante el trabajo en grupos. Contribuye a formar valores estéticos al tener que presentarse en forma organizada mediante ecuaciones un determinado problema. Contribuye a formar valores científicos, algorítmicos y culturales por la utilización de herramientas matemáticas modernas en la modelación de problemas que requieren generalmente solución por microcomputadoras.

Anexo # 2 PROYECCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS ESTRATEGIAS CURRICULARES EN LA ASIGNATURA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I.

Computación

- ✓ Aplicación de programas como QMWIN, Lindo, Solver y Transp.
- ✓ Materiales de apoyo a la docencia en la intranet. Utilización de la página web de la asignatura y la plataforma Moodle.

Idioma

- ✓ Mediante el trabajo con los paquetes de cómputos.
- ✓ En el enunciado de una pregunta en las pruebas parciales.
- ✓ Búsquedas en Internet.

Medio Ambiente y Formación Económica

- ✓ En los enunciados de problemas de optimización.

NTIC

- ✓ Biblioteca, materiales de apoyo a la docencia en la intranet, etc.
- ✓ Utilización de un sitio Web y Plataforma Moodle.

Historia de Cuba y Pensamiento Cubano

- ✓ Tratamiento de las efemérides en los turnos de clases y en el cumplimiento del proyecto educativo de cada brigada.

ANEXO # 3 Actividades docentes

Como un ejemplo de lo antes expuesto se presenta del tema # 1 un ejemplo de cada tipo de actividad docente, partiendo primeramente del objetivo del tema en general.

Tema 1

Objetivos.

1. Caracterizar las situaciones de toma de decisiones que pueden ser resueltas aplicando las técnicas propias de la teoría de la decisión en particular la matriz de pagos y los árboles de decisión.

Asignatura: Investigación de Operaciones I

Conferencias teórica-práctica # 1

Especialidad: Contabilidad y Finanzas.

Tema #1: Elementos de Teoría de la decisión.

Asunto: Breve reseña histórica de la Investigación de Operaciones. Elementos que intervienen en un proceso de toma de decisión. Clasificación de los procesos de decisión. Introducción a la matriz de pagos.

Objetivo: Que los estudiantes logren definir el concepto de decisión, expliquen los elementos básicos que están presente en una situación de decisión. Construir la matriz de decisión, a partir de situaciones concretas.

Introducción

Total de horas de la asignatura -----	60 h/c
9 Conferencias teórica-práctica -----	14 h/c
5 Laboratorio -----	2 h/c
14 Clases Prácticas -----	40 h/c
2 Evaluaciones (1 ^{ra} PP conferencias 1-3 y 2 ^{da} PP Conferencias 4-8)	

Evaluación Final Oral y escrita.

Los inicios de lo que hoy se conoce a nivel mundial como Investigación de Operaciones, se remontan al año 1759 cuando al economista Francois Quesnay empieza a utilizar modelos primitivos de Programación Matemática, mediante la construcción de modelos abstractos que ilustraban el flujo de mercancías a lo largo del proceso de producción y consumo.

No fue sino hasta la segunda guerra mundial que las diferentes técnicas de la Investigación de Operaciones comenzaron a tomar auge, cuando la confianza en la intuición comenzó a desvanecerse debido de modo alguno a la escasez de recursos. Para maximizar el rendimiento, era necesario asignar los recursos disponibles, de un modo efectivo a las diversas operaciones y actividades. Los dirigentes militares Británicos encargaron a científicos e ingenieros el análisis de varios problemas: despliegue de radares, manejo de operaciones de bombardeo, colocación de minas, etc. Las administraciones británicas y americanas fundaron grupos de trabajo, compuesto por gran número de científicos (matemáticos, estadísticos, físicos, biólogos y psicólogos), para hacer una distribución racional, más fiable que la dada por la intuición, de los medios con los que contaban. Los esfuerzos de este primer grupo de Investigación de Operaciones fueron decisivos en el resultado de la guerra.

Después de la guerra, estos éxitos atrajeron la atención de la industria, que quería solucionar nuevos problemas causado por el aumento de la complejidad de los procesos industriales y una mayor especialización en los mismos, lo que creaba una

posible incompatibilidad de objetivo. Además podemos identificar al menos otros factores que contribuyeron al gran avance de esta ciencia en ese período. De un lado las mejoras sustanciales que se obtenían al desarrollar y perfeccionar las técnicas de Investigación de Operaciones y de otro el desarrollo paralelo de los ordenadores, que aumentó de forma espectacular la capacidad de almacenamiento de datos y la velocidad de resolución de los problemas.

Desarrollo

¿Cuáles son los elementos que intervienen en un proceso de toma de decisiones?

Ante que todo está la persona que toma la decisión que se llama: DECISOR que debe tener presente la meta que quiere alcanzar.

Decisiones alternativas: Son alternativas, curso de acción o estrategias de entre las cuales el que toma decisión debe elegir.

Estados de la naturaleza: Son las circunstancias o acciones externas que afectan el resultado de la decisión; pero que están fuera del control del decisor se le denomina también eventos y debe presentarse en términos mutuamente excluyentes.

Resultados: Puede expresarse en términos económicos (ganancia, costos, etc.) o en términos de alguna medida no monetaria como preferencia a escala de valoración.

Ambiente: Dominio que tiene el decisor sobre la posible ocurrencia de los estados de la naturaleza este puede concretarse en tres modalidades fundamentales.

Clasificación de los Procesos de Decisión o Ambiente

Ambiente de incertidumbre: Se presenta cuando el conjunto de los posibles estados de la naturaleza es de carácter aleatorio; pero no se conoce la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos

Ambiente de riesgo: Se presenta cuando el conjunto de los posibles estados de la naturaleza es de carácter aleatorio y se conoce la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos.

Ambiente de certidumbre o certeza: Se presenta cuando el decisor conoce con precisión el estado de la naturaleza que va a presentarse.

Hay autores que incluyen un cuarto ambiente: Ambiente de conflicto suponiendo que en lugar de estados de la naturaleza hay un oponente, otros lo consideran un caso especial dentro de incertidumbre y riesgo, en algunas bibliografías es abordado bajo el tema Teoría de juego.

Matriz de decisión

El análisis de matriz de decisión es aplicable a una amplia variedad de situaciones que involucren la toma de decisiones bajo riesgo y bajo incertidumbre, También es un elemento del campo de estudio llamado teoría estadística de decisiones.

Cuando debe hacerse una sola decisión y no una serie de decisiones, se puede usar una matriz de decisión o matriz de pagos. Por ejemplo, la matriz de pagos podría emplearse para decidir qué cantidad producir de determinado producto teniendo en cuenta las posibles demandas del mismo. No es raro que la matriz de pagos use un formato matricial, en que los renglones son los cursos de acción abiertos al tomador de decisiones y las columnas son los eventos posibles que pueden ocurrir. Los elementos de la matriz son las consecuencias de las combinaciones entre los cursos de acción y los eventos.

La tabla o matriz de pagos proporciona una estructura organizada para analizar situaciones probabilistas en las que se debe seleccionar una sola alternativa de decisión de un conjunto de alternativas. Por ejemplo, una decisión que se presenta con frecuencia en producción requiere seleccionar una sola máquina para compra, de entre varias máquinas posibles. Un gerente de comercialización debe seleccionar un plan para poner el precio de un producto, de entre varios planes. Un auditor debe decidir si contabilizar por completo ciertos registros o sólo tomar una muestra cuando realiza una auditoria. La matriz de pagos es muy útil para respaldar la toma de decisiones en situaciones como estas.

Muchos procesos de toma de decisiones pueden ser tratados por medio de matrices o tablas de decisión, en las que se representan los elementos característicos de estos problemas:

- Los diferentes estados que puede presentar la naturaleza: e_1, e_2, \dots, e_n .
- Las acciones o alternativas entre las que seleccionará el decisor: a_1, a_2, \dots, a_m .
- Las consecuencias o resultados x_{ij} de la elección de la alternativa a_i cuando la naturaleza presenta el estado e_j .

Se supone, por simplicidad, la existencia de un número finito de estados y alternativas. El formato general de una matriz de decisión es el siguiente:

Alternativas	Estados de la Naturaleza				
		e_1	e_2	\dots	e_n
	a_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}
	a_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}
	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
	a_m	x_{m1}	x_{m2}	\dots	x_{mn}

Conclusiones

- En todo problema de decisión pueden distinguirse una serie de elementos característicos: el decisor, las alternativas o acciones, los posibles estados de la naturaleza, las consecuencias o resultados que se obtienen al seleccionar las diferentes alternativas bajo cada uno de los posibles estados de la naturaleza, la regla de decisión o criterio, que es la especificación de un procedimiento para identificar la mejor alternativa en un problema de decisión.
- Cuando debe hacerse una sola decisión y no una serie de decisiones, se puede usar una matriz de decisión o matriz de pagos, en las cuales a partir de un formato matricial se representa en los renglones las alternativas excluyentes abiertos al tomador de decisiones y las columnas son los eventos posibles que pueden ocurrir. Los elementos de la matriz son las consecuencias de las combinaciones entre los cursos de acción y los eventos.
- La tabla o matriz de pagos proporciona una estructura organizada para analizar situaciones probabilistas en las que se debe seleccionar una sola alternativa de decisión de un conjunto de alternativas.

Estudio independiente

Resolver para la primera clase práctica los ejercicios propuestos 1 y 2 del capítulo 1, página 12 y 13 en el sitio:

<ftp://10.22.1.5/Biblioteca%20Digital/OTROS%20DOCUMENTOS%20DIGITALES/CIENCIAS%20NATURALES%20Y%20EXACTAS/Matematica/invest.oper.1/INVESTIGACION DE OPERACIONES I.pdf>

2. Realizar una búsqueda del surgimiento de la investigación de operaciones para la primera clase laboratorio y realizar un resumen de la misma en inglés.

Bibliografía

[1] Nápoles, Omar y Céspedes, Nancy. “Laboratorio de ejercicios de Investigación de Operaciones”, 2005. Cap1, pág 2-3.

[2] Gagner y Watson. “Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. Tomo 1”, McGraw-Hill, 1982. Cap4, pág 65-67.

Bibliografía Digital en Internet

[3] <http://www.monografias.com/trabajos12/decis/decis.zip>. “La toma de decisión y su puesta en práctica”.

[4] <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/intro.htm>. “Teoría de la Decisión”.

[5] <http://10.22.1.25/>

Asignatura: Investigación de Operaciones I

Clase Práctica # 1

Especialidad: Contabilidad y Finanzas.

Tema #1: Elementos de Teoría de la decisión.

Asunto: Ejercicios de matriz de pagos para calcular, los distintos valores de acuerdo a las distintas alternativas y eventos de decisión.

Objetivo: Lograr que los estudiantes construyan la matriz de decisión, a partir de situaciones concretas y desarrollen habilidades en la realización del cálculo de valor esperado para la toma de decisiones.

Introducción

Se comenzará la actividad docente dándole cumplimiento a los distintos aspectos fundamentales tales como:

- ✓ Cumplimentar la estrategia curricular relacionada con la Historia de Cuba mediante las efemérides del día así como el acontecer nacional e internacional, formando en los educandos su preparación política e ideológica. (alrededor de cinco minutos)
- ✓ Revisión del estudio independiente.
- ✓ Recordarle a los estudiantes los aspectos más importantes de la conferencia anterior.

Desarrollo

Se plantearán los siguientes ejercicios.

1. Una compañía diseñó un nuevo circuito integrado que le permitirá entrar al campo de las microcomputadoras si así lo desea.

De otra manera, puede vender sus derechos por \$800000. Si elige construir computadoras, la rentabilidad de este proyecto depende de la habilidad de la compañía para comercializarlas durante el primer año. Tiene suficiente acceso a los distribuidores al menudeo como para garantizar la venta de 1000 computadoras. Por otro lado, si tiene éxito puede llegar a vender hasta 10 000 máquinas. La compañía piensa que ambas alternativas de venta son igualmente probables y que cualquier otra puede ignorarse. El costo de instalar la línea de producción es \$600000. La diferencia entre el precio de venta y el costo variable de cada computadora es de \$600.

- a. Desarrolle una formulación para el análisis de decisiones para este problema identificando las acciones, estados de la naturaleza y matriz de pago.
2. Suponga que UD. vende pepinos en el mercado. UD no sabe de antemano la cantidad de cajas que venderá mañana, pero debe decidir hoy cuántas tener en inventario mañana con el fin de maximizar las ganancias. Puede comprar la caja a \$30 y venderla con un 10% de ganancia. Considere que los pepinos no tiene valor al otro día por su grado de madurez. Un análisis de las ventas anteriores proporciona la siguiente información:

Cajas vendidas diarias	Probabilidad
10	0.3
11	0.4
12	0.2
13	0.1

- a. Desarrolle una formulación para el análisis de decisiones para este problema identificando las acciones, estados de la naturaleza y matriz de pago.
3. Una panadería vende a \$ 7.00 cada pan elaborado y cuesta \$ 3.00 prepararlo. El pan que no se vende se lleva al mostrador de descuento y se vende a \$3.50. Aún a ese precio, la mitad del pan de la mesa de descuento no se vende y hay que tirarlo. El administrador de la panadería debe decidir cuántos panes preparar cada día. Formule una matriz de decisión para determinar la decisión óptima para el gerente, considere que históricamente, la demanda de pan se comporta como sigue:

Demanda (decenas de panes)	Probabilidad
3	0.1
4	0.4
5	0.4
6	0.1

- a. Desarrolle una formulación para el análisis de decisiones para este problema identificando las acciones, estados de la naturaleza y matriz de pago.
4. La Dulcería la crema perteneciente a la empresa de comercio minorista confecciona diariamente su famoso kake. La empresa tiene planes de distribución con la población residente en el municipio de Las Tunas. El costo de elaboración de cada

unidad de kake es de seis pesos, ellos venden la unidad a un precio de diez pesos a los consumidores.

Al finalizar el día los kake que no se puedan vender lo conservan y son vendidos a un hogar de ancianos cercano al lugar por un valor de seis pesos la unidad.

Diga cuantas unidades se deben preparar en un día típico de trabajo.

Nota: La historia dice que la demanda de kake es una variable aleatoria con la siguiente función de probabilidad.

Demanda en docenas	Probabilidades
3	0.15
4	0.20
5	0.32
6	0.13
7	0.20

Conclusiones

- En toda situación de decisión pueden distinguirse una serie de elementos característicos: el decisor, las alternativas o acciones, los posibles estados de la naturaleza, las consecuencias o resultados que se obtienen al seleccionar las diferentes alternativas bajo cada uno de los posibles estados de la naturaleza, la regla de decisión o criterio, que es la especificación de un procedimiento para identificar la mejor alternativa en un problema de decisión.
- Cuando se realiza una sola decisión y no una serie de decisiones, se puede usar una matriz de decisión o matriz de pagos, en las cuales a partir de un formato matricial se representa en los renglones las alternativas excluyentes abiertos al tomador de decisiones y las columnas son los eventos posibles que pueden ocurrir. Los elementos de la matriz son las consecuencias de las combinaciones entre los cursos de acción y los eventos.

Estudio Independiente

La empresa Melissa se destaca en la fabricación de uniformes escolares, de acuerdo a la demanda actual, Melissa vende por lotes de 10000, 15000, 20000 y 25000 uniformes semestralmente, la unidad de estos uniformes le cuesta a dicha empresa por valor \$10.00 y se conoce que por problemas industriales el 5% de la producción prevista presenta algún defecto por lo que se vuelve a procesar agregando un costo adicional de \$5.00 por cada uniforme. De acuerdo al comportamiento histórico de la entidad que usted le sugiere a Melissa párale semestre entrante.

Lotes(Unidades por semestre)	Probabilidad
10000	0.2
15000	0.4
20000	0.3
25000	0.3

Bibliografía

- [1] Nápoles, Omar y Céspedes, Nancy. "Laboratorio de ejercicios de Investigación de Operaciones", 2005. Cap1, pág 2-3.
- [2] Gagher y Watson. "Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. Tomo 1", McGraw-Hill, 1982. Cap4, pág 65-67.

Bibliografía Digital en Internet

- [3] <http://www.monografias.com/trabajos12/decis/decis.zip>. "La toma de decisión y su puesta en práctica".
- [4] <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/intro.htm>. "Teoría de la Decisión".
- [5] <http://10.22.1.25/>

Asignatura: Investigación de Operaciones I

Laboratorio # 1

Especialidad: Contabilidad y Finanzas.

Tema # 1: Elementos de Teoría de la decisión.

Asunto: Matriz de decisión. Toma de decisión con riesgo e incertidumbre. Planteamiento del problema y criterios a utilizar.

Objetivo: Lograr que los estudiantes logren desarrollar habilidades con la computación con el programa Excel, así le permitirá en un menor tiempo posible llegar ha alcanzar una solución mas precisa de los resultados así como lograr una mejor interpretación de los resultados.

Introducción:

Se comenzará la actividad docente dándole cumplimiento a los distintos aspectos fundamentales tales como:

- ✓ Cumplimentar la estrategia curricular relacionada con la Historia de Cuba mediante las efemérides del día así como el acontecer nacional e internacional, formando en los educandos su preparación política e ideológica. (alrededor de cinco minutos)
- ✓ Cumplimentar la estrategia curricular relacionada con la Computación aplicando los programas de computación Excel y Qmwin.
- ✓ Revisión del estudio independiente (por parte del colaborador de la asignatura en el grupo)
- ✓ Se realizará la búsqueda de la plataforma interactiva Moodle la cuál permite una mayor interacción entre los alumnos y el profesor.

Desarrollo

Cada estudiante demostrará en la clase las habilidades del Excel mediante la creación del trabajo independiente, el profesor orientará al estudiante a localizar la actividad docente en la plataforma interactiva Moodle, esto le permitirá al estudiante desarrollar los siguientes ejercicios aplicando el Excel y Qmwin, desarrollando así un conjunto de habilidades.

1. La unidad de producción del Municipio Colombia se dedica a la producción de embutidos, los embutidos se venden por lotes de 500 kilogramos, cada kilogramo de embutido tiene un precio de \$1.50, y su costo de producción es valorado por la entidad por valor de \$ 0.60. La producción va destinada el 60% a la canasta básica y el resto a los sectores sociales. La venta del producto sigue la siguiente distribución aleatoria.

Ventas (Lotes)	Probabilidad
10	0.25
20	0.20
30	0.15
40	0.40

A) ¿Con el objetivo de optimizar los recursos qué usted le recomendaría a la Entidad bajo una situación de incertidumbre?

2. La Unidad de productos lácteos perteneciente a la industria alimenticia se dedica a la producción de yogurt de distintos sabores, esta Entidad produce diariamente entre 10000 y 12000 bolsas diariamente, cada unidad es vendida a \$1.00 y su costo es de \$ 0.40. La entidad desea optimizar sus recursos con vista a lograr mayores beneficios. La producción se representa históricamente de la siguiente manera.

Cantidad de unidades producidas	Probabilidades
10000	0.08
10500	0.13
11000	0.20
11500	0.25
12000	0.34

A) ¿Con el objetivo de optimizar los recursos qué usted le recomendaría a la Entidad bajo una situación de riesgo?

Estudio Independiente

Realice en la computadora, el ejercicio ubicado en el plan de tareas de la plataforma Moodle aplicando el Excel y Qmwin.

1- La panadería la Fama perteneciente al municipio de Las Tunas elabora diariamente para los consumidores y el sector social entre 80000 y 140000 unidades de pan. El costo de cada centenar de pan tiene un valor de \$3.00 y es vendido a los consumidores por valor de \$ 5.00 la centena. La panadería desea alcanzar en cada venta diaria el óptimo que le permita mayores beneficios. La venta de pan diaria sigue una distribución aleatoria.

Cantidad de unidades producidas	Probabilidades
80000	0.20
100000	0.24
120000	0.30
140000	0.26

A) ¿Con el objetivo de optimizar los recursos qué usted le recomendaría a la Entidad?

Conclusiones

Analizar con los estudiantes las principales dificultades detectadas en la clase Laboratorio.

Bibliografía

- [1] Nápoles, Omar y Céspedes, Nancy. "Laboratorio de ejercicios de Investigación de Operaciones", 2005. Cap1, pág 3-12.
- [2] Colectivo de Autores. "Introducción a la Investigación de Operaciones, Editorial Félix Varela, La Habana, 2005. Tomo 3, cap20, pág864-874.
- [3] Gagher y Watson. "Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. Tomo 1", McGraw-Hill, 1982. Cap4, pág 67-69.

Bibliografía Digital en Internet

- [4] <http://www.monografias.com/trabajos12/decis/decis.zip>. "La toma de decisión y su puesta en práctica".
- [5] <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/intro.htm>. "Teoría de la Decisión".
- [6] <http://10.22.1.25/>

Asignatura: Investigación de Operaciones I

Prueba Parcial # 1

Especialidad: Contabilidad y Finanzas.

Tema # 1: Elementos de Teoría de la decisión.

Objetivo: Verificar si los alumnos son capaces de:

Resolver problemas económicos mediante el uso de la matriz de pago y los árboles de decisión.

Desarrollo

1. La unidad de producción la Crema perteneciente a la Empresa de Gastronomía elabora al día varios lotes de kake con el objetivo de satisfacer la demanda de cumpleaños. Los lotes de kake se componen por veinte unidades. Las unidades son vendidas a quince pesos y el costo tiene un valor de diez pesos.

La mitad de los lotes que no sean vendidos son destinados al Círculo Infantil Volodia sin obtener a cambio remuneración económica, la otra mitad se vende a \$11.00, en un día se pueden solicitar 5; 6; 7; 8 lotes; pero se desconoce a la hora de la elaboración la cantidad específica de lotes que se van a solicitar en el día, por cada unidad demandada no existente se hace un descuento \$0,50 a la unidad productora.

a) Construya la matriz de pago.

b) Qué usted le recomendaría a la empresa aplicando el criterio de Hurwicz si su coeficiente de optimismo se de 0.7.

c) Qué usted le recomendaría a la entidad aplicando el criterio de valor esperado bajo riesgo.

Decisión bajo riesgo: Ejemplo				
	Estados de la Naturaleza			
Alternativas	e_1	e_2	e_3	e_4
Probabilidades	0.2	0.25	0.32	0.23

Respuestas

a)

Alternativas

a_1 Elaborar 5 lotes

a_2 Elaborar 6 lotes

a_3 Elaborar 7 lotes

a_4 Elaborar 8 lotes

Estados de La naturaleza

e_1 Que se demanden 5 lotes

e_2 Que se demanden 6 lotes

e_3 Que se demanden 7 lotes

e_4 Que se demanden 8 lotes

Cálculos

$x_{ij} = \text{ingreso} - \text{costos} - \text{descuento}$

$$x_{11} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 0 = 500$$

$$x_{12} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 20 \cdot 0,5 = 490$$

$$x_{13} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 40 \cdot 0,5 = 480$$

$$x_{14} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 60 \cdot 0,5 = 470$$

$$x_{31} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 140 - 0 = 100$$

$$x_{32} = 15 \cdot 120 - 10 \cdot 140 - 0 = 400$$

$$x_{33} = 15 \cdot 140 - 10 \cdot 140 - 0 = 700$$

$$x_{34} = 15 \cdot 140 - 10 \cdot 140 - 20 \cdot 0,5 = 690$$

$$x_{21} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 120 - 0 = 300$$

$$x_{22} = 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 0 = 600$$

$$x_{23} = 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 20 \cdot 0,5 = 590$$

$$x_{24} = 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 40 \cdot 0,5 = 580$$

$$x_{41} = 15 \cdot 100 - 10 \cdot 160 - 0 = -100$$

$$x_{42} = 15 \cdot 120 - 10 \cdot 160 - 0 = 200$$

$$x_{43} = 15 \cdot 140 - 10 \cdot 160 - 0 = 500$$

$$x_{44} = 15 \cdot 160 - 10 \cdot 160 = 800$$

Estados de la Naturaleza

Alternativas

	e_1	e_2	e_3	e_4
a_1	\$500	\$490	\$480	\$470
a_2	\$300	\$600	\$590	\$580
a_3	\$100	\$400	\$700	\$690
a_4	\$(-100)	\$200	\$500	\$800

b) En el caso de Máximo se escoge la alternativa a a la que le corresponda un mayor H_i ,

a_1	$H_1 = 0,7 \cdot 500 + 0,3 \cdot 470 = 491$	
a_2	$H_1 = 0,7 \cdot 600 + 0,3 \cdot 300 = 510$	
a_3	$H_1 = 0,7 \cdot 700 + 0,3 \cdot 100 = 520$	
a_4	$H_1 = 0,7 \cdot 800 + 0,3 \cdot (-100) = 530$	Decisión a tomar

R/ La alternativa óptima según el criterio del valor esperado sería a_4 , pues proporciona el máximo de los valores esperados.

c) $E(a_1) = 0,20 \cdot 500 + 0,25 \cdot 490 + 0,32 \cdot 480 + 0,23 \cdot 470 = 484,20$

$E(a_2) = 0,20 \cdot 300 + 0,25 \cdot 600 + 0,32 \cdot 590 + 0,23 \cdot 580 = 532,20$ **Decisión a tomar**

$E(a_3) = 0,20 \cdot 100 + 0,25 \cdot 400 + 0,32 \cdot 700 + 0,23 \cdot 690 = 502,70$

$E(a_4) = 0,20 \cdot (-100) + 0,25 \cdot 200 + 0,32 \cdot 500 + 0,23 \cdot 800 = 374$

R/ La alternativa óptima según el criterio del valor esperado sería a_2 , pues proporciona el máximo de los valores esperados.

2. Un grupo de especialistas en proyecto está evaluando la posibilidad de construcción de una planta, la decisión a tomar debe tener en cuenta dos situaciones:

A) Se puede construir una planta grande o una pequeña.

B) Si se opta por construir inicialmente una planta pequeña debe considerarse la posibilidad de ampliar o no la planta si la circunstancia lo justifica.

Lo anterior debe estar en función del comportamiento de la demanda la cual no se conoce con exactitud, se ha decidido clasificarla en alta, media y baja.

Estimándose la probabilidad de ocurrencia en 0.4, 0.2, 0.4 respectivamente. El grupo de especialistas ha elaborado la siguiente información

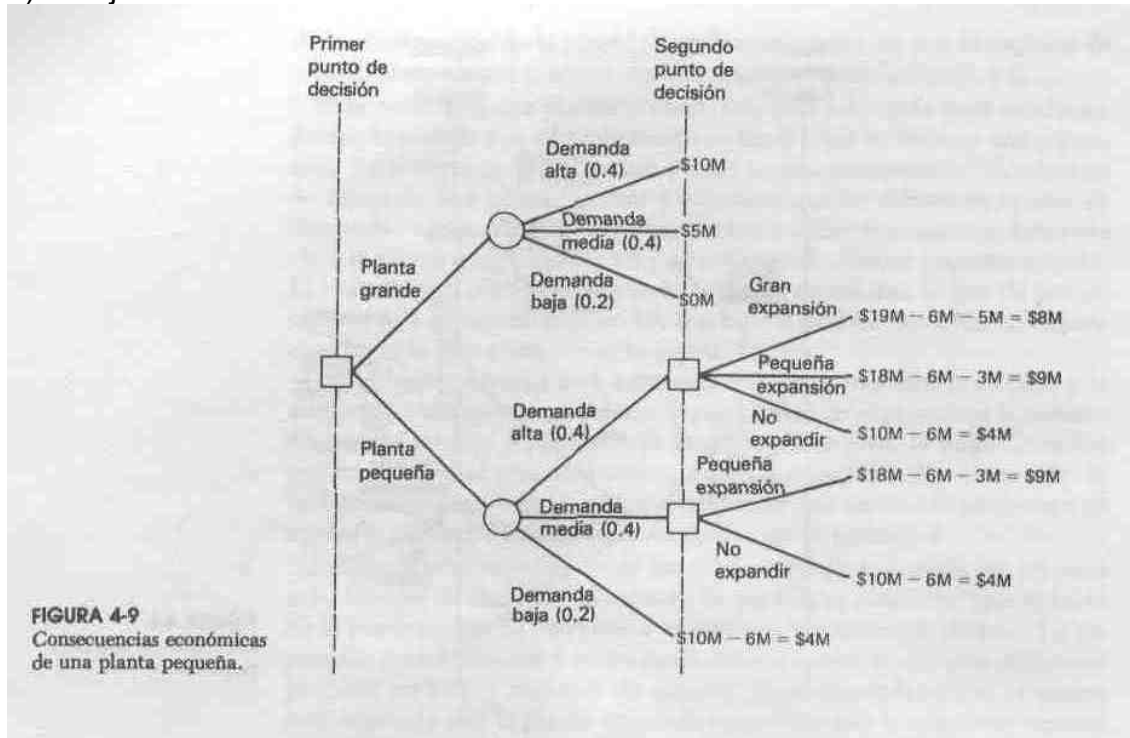
2.1 Si se construye una planta grande cuyo costo se calcula en 10 mil millones de pesos, esta será adecuada para hacer frente a cualquiera demanda posible y no se considera la posibilidad de ampliación. Los ingresos estimados de acuerdo a los niveles de demanda son de 20 millones de pesos para una demanda alta y 15 millones para una demanda media y 10 millones para una demanda baja.

2.2 Si se decide construir una planta pequeña cuyo costo se calcula en 6 millones de pesos solo se considera la posibilidad de ampliación si la demanda se considera alta o media. Si la demanda es alta se puede seleccionar una ampliación grande con un costo estimado de 5 millones de pesos o una pequeña con un costo de 3 millones de pesos o no ampliar. Si se considera una ampliación grande para un nivel de demanda alta se estima que se podría obtener un ingreso de 19 millones de pesos, si la ampliación fuese pequeña se obtendría 18 millones de pesos y si se opta por no ampliar entonces en 10 millones de pesos. Si la demanda es media sólo se debe considerarse como alternativa una ampliación pequeña o no ampliar.

La ampliación genera un ingreso de 15 millones de pesos mientras la decisión de no ampliar genera 10 millones de pesos si la demanda es baja se calcula un ingreso de 10 millones de pesos.

En esta condición el grupo de proyecto debe determinar cual debe ser la mejor decisión a tomar si se quiere maximizar la ganancia.

2) Dibujo del árbol de decisión



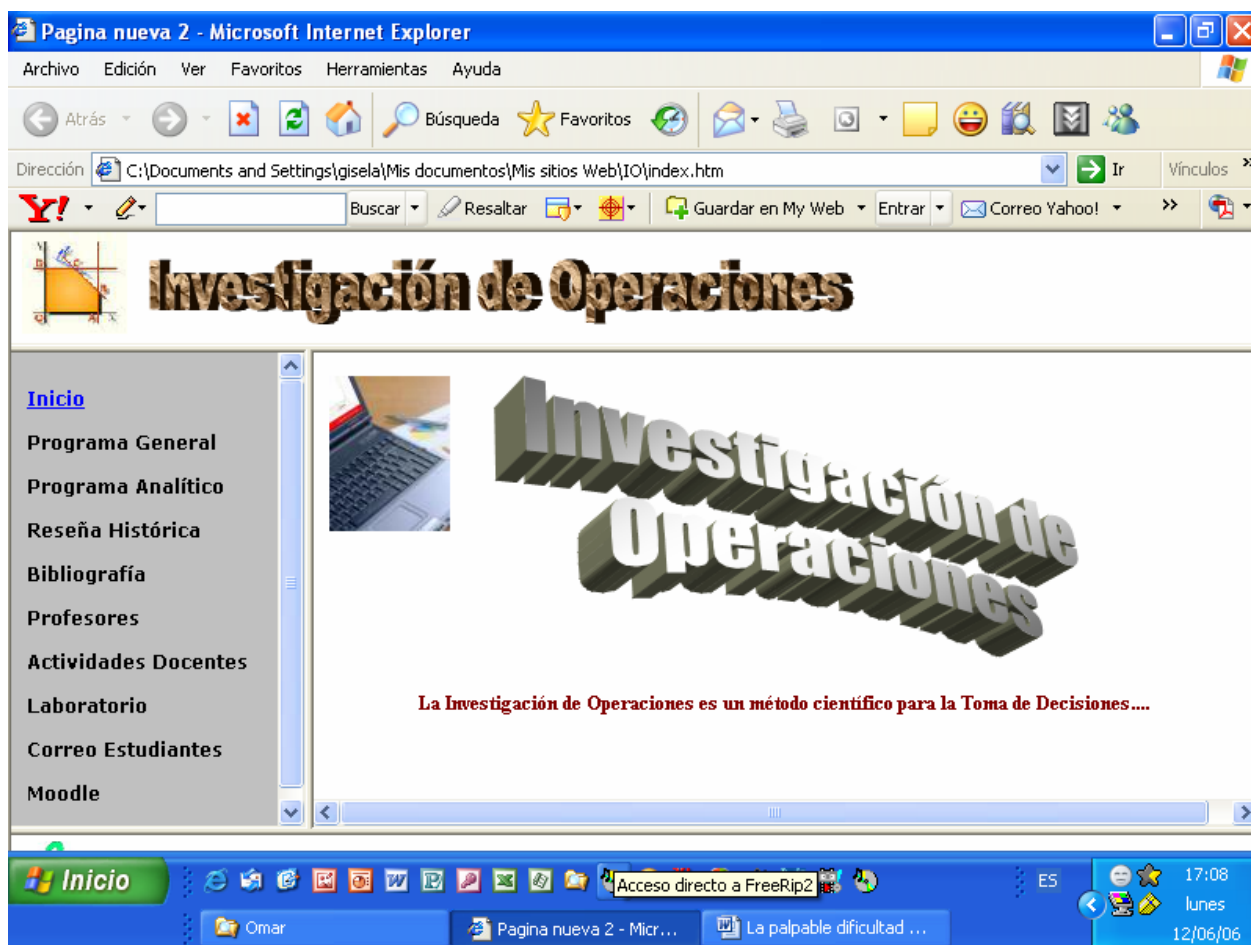
Respuesta

- a) La mejor decisión es realizar una planta pequeña ya que nos reportaría 8 millones de pesos. Bajo una demanda alta a la empresa le conviene realizar una expansión pequeña al igual que con una demanda media.

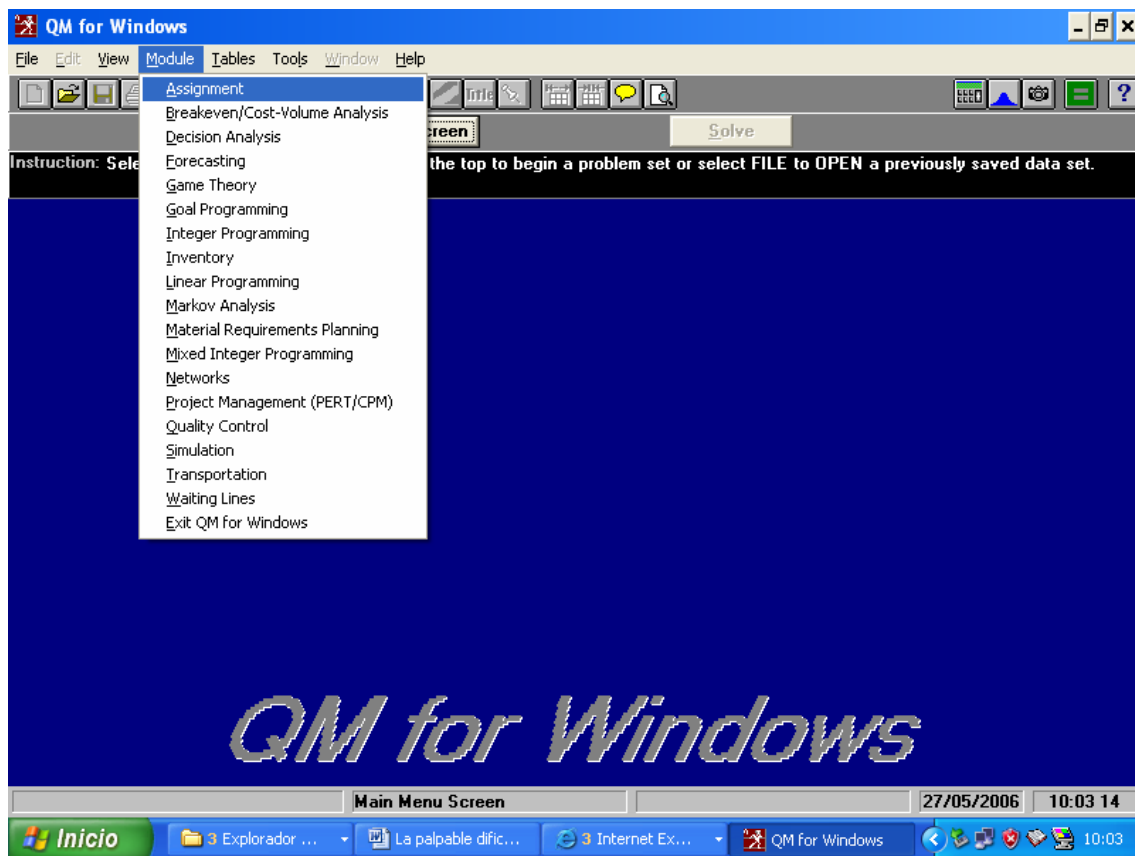
Anexo # 4 Plataforma Moodle de la Asignatura Investigación de Operaciones I



ANEXO # 5 Página Web de la Asignatura Investigación de Operaciones



ANEXO # 6 Software educativo Qmwin



ANEXO # 7 Laboratorio de ejercicios de la asignatura Investigación de Operaciones I

CAPITULO I

1. Elementos de teoría de la Decisión

El problema de la Decisión, motivado por la existencia de ciertos estados de ambigüedad que constan de proposiciones verdaderas (conocidas o desconocidas), es tan antiguo como la vida misma. Podemos afirmar que todos los seres vivos, aún los más simples, se enfrentan con problemas de decisión. Así, un organismo unicelular asimila partículas de su medio ambiente, unas nutritivas y otras nocivas para él. Conforme aumenta la complejidad del ser vivo, aumenta también la complejidad de sus decisiones y la forma en que éstas se toman. Así, pasamos de una toma de decisiones guiada instintivamente, a procesos de toma de decisiones que deben estar guiados por un pensamiento racional en el ser humano. La Teoría de la Decisión tratará, por tanto, el estudio de los procesos de toma de decisiones desde una perspectiva racional.

1.1. Características y Fases del Proceso de Decisión

Un proceso de decisión presenta las siguientes características principales:

- Existen al menos dos posibles formas de actuar, que llamaremos alternativas o acciones, excluyentes entre sí, de manera que la actuación según una de ellas imposibilita cualquiera de las restantes.
- Mediante un proceso de decisión se elige una alternativa, que es la que se lleva a cabo.
- La elección de una alternativa ha de realizarse de modo que cumpla un fin determinado.
- El proceso de decisión consta de las siguientes fases fundamentales:
- Predicción de las consecuencias de cada actuación. Esta predicción deberá basarse en la experiencia y se obtiene por inducción sobre un conjunto de datos. La recopilación de este conjunto de datos y su utilización entran dentro del campo de la Estadística.
- Valoración de las consecuencias de acuerdo con una escala de bondad o deseabilidad. Esta escala de valor dará lugar a un sistema de preferencias.
- Elección de la alternativa mediante un criterio de decisión adecuado. Este punto lleva a su vez asociado el problema de elección del criterio más adecuado para nuestra decisión, cuestión que no siempre es fácil de resolver de un modo totalmente satisfactorio.

1.1.1 Conceptos Básicos

¿Cuáles son los elementos que intervienen en un proceso de toma de decisiones?

Ante que todo, está la persona que toma la decisión que se llama: DECISOR que debe tener presente la meta que quiere alcanzar.

Decisiones alternativas: Son alternativas, curso de acción o estrategias de entre las cuales el que toma decisión debe elegir.

Estados de la naturaleza: Son las circunstancias o acciones externas que afectan el resultado de la decisión; pero que están fuera del control del decisor se le denomina también eventos y debe presentarse en términos mutuamente excluyentes.

Resultados: Puede expresarse en términos económicos (ganancia, costos, etc.) o en términos de alguna medida no monetaria como preferencia a escala de valoración.

Ambiente: Dominio que tiene el decisor sobre la posible ocurrencia de los estados de la naturaleza este puede concretarse en tres modalidades fundamentales.

1.1.2 Clasificación de los Procesos de Decisión o Ambiente

Ambiente de incertidumbre: Se presenta cuando el conjunto de los posibles estados de la naturaleza es de carácter aleatorio; pero no se conoce la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos

Ambiente de riesgo: Se presenta cuando el conjunto de los posibles estados de la naturaleza es de carácter aleatorio y se conoce la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos.

Ambiente de certidumbre o certeza: Se presenta cuando el decisor conoce con precisión el estado de la naturaleza que va a presentarse.

Hay autores que incluyen un cuarto ambiente: Ambiente de conflicto suponiendo que en lugar de estados de la naturaleza hay un oponente, otros lo consideran un caso especial dentro de incertidumbre y riesgo, en algunas bibliografías es abordado bajo el tema **Teoría de juego**.

1.2 Matriz de decisión

El análisis de matriz de decisión es aplicable a una amplia variedad de situaciones que involucran la toma de decisiones bajo riesgo y bajo incertidumbre, También es un elemento del campo de estudio llamado teoría estadística de decisiones.

Cuando debe hacerse una sola decisión y no una serie de decisiones, se puede usar una matriz de decisión o matriz de pagos. Por ejemplo, la matriz de pagos podría emplearse para decidir qué cantidad producir de determinado producto teniendo en cuenta las posibles demandas del mismo. No es raro que la matriz de pagos use un formato matricial, en que los renglones son los cursos de acción abiertos al tomador de decisiones y las columnas son los eventos posibles que pueden ocurrir. Los elementos de la matriz son las consecuencias de las combinaciones entre los cursos de acción y los eventos.

La tabla o matriz de pagos proporciona una estructura organizada para analizar situaciones probabilistas en las que se debe seleccionar una sola alternativa de decisión de un conjunto de alternativas. Por ejemplo, una decisión que se presenta con frecuencia en producción requiere seleccionar una sola máquina para compra, de entre varias máquinas posibles. Un gerente de comercialización debe seleccionar un plan para poner el precio de un producto, de entre varios planes. Un auditor debe decidir si contabilizar por completo ciertos registros o sólo tomar una muestra cuando realiza una auditoría. La matriz de pagos es muy útil para respaldar la toma de decisiones en situaciones como estas.

	Estados de la Naturaleza				
Alternativas		e_1	e_2	\dots	e_n
	a_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}
	a_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}
	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
	a_m	x_{m1}	x_{m2}	\dots	x_{mn}

1.2.1 Ejercicio ilustrativo

La unidad de producción la Crema perteneciente a la Empresa de Gastronomía elabora al día varios lotes de kake con el objetivo de satisfacer la demanda de cumpleaños. Los lotes de kake se componen por veinte unidades. Las unidades son vendidas a quince pesos y el costo tiene un valor de diez pesos.

La mitad de los lotes que no sean vendidos son destinados al Círculo Infantil Volodia sin obtener a cambio remuneración económica, la otra mitad se vende a \$11.00 Construya la matriz de pago, en un día se pueden solicitar 5; 6; 7; 8 lotes; pero se desconoce a la hora de la elaboración la cantidad específica de lotes que se van a solicitar en el día, por cada unidad demandada no existente se hace un descuento \$0,50 a la unidad productora

En este caso:

Alternativas	Estados de La naturaleza
a_1 Elaborar 5 lotes	e_1 Que se demanden 5 lotes
a_2 Elaborar 6 lotes	e_2 Que se demanden 6 lotes
a_3 Elaborar 7 lotes	e_3 Que se demanden 7 lotes
a_4 Elaborar 8 lotes	e_4 Que se demanden 8 lotes

Cálculos

$$x_{ij} = \text{ingreso} - \text{cos tos} - \text{descuento}$$

$$\begin{aligned}
x_{11} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 0 = 500 & x_{21} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 120 - 0 = 300 \\
x_{12} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 20 \cdot 0,5 = 490 & x_{22} &= 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 0 = 600 \\
x_{13} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 40 \cdot 0,5 = 480 & x_{23} &= 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 20 \cdot 0,5 = 590 \\
x_{14} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 100 - 60 \cdot 0,5 = 470 & x_{24} &= 15 \cdot 120 - 10 \cdot 120 - 40 \cdot 0,5 = 580 \\
x_{31} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 140 - 0 = 100 & x_{41} &= 15 \cdot 100 - 10 \cdot 160 - 0 = -100 \\
x_{32} &= 15 \cdot 120 - 10 \cdot 140 - 0 = 400 & x_{42} &= 15 \cdot 120 - 10 \cdot 160 - 0 = 200 \\
x_{33} &= 15 \cdot 140 - 10 \cdot 140 - 0 = 700 & x_{43} &= 15 \cdot 140 - 10 \cdot 160 - 0 = 500 \\
x_{34} &= 15 \cdot 140 - 10 \cdot 140 - 20 \cdot 0,5 = 690 & x_{44} &= 15 \cdot 160 - 10 \cdot 160 = 800
\end{aligned}$$

Estados de la Naturaleza

Alternativas	e_1	e_2	e_3	e_4
a_1	\$500	\$490	\$480	\$470
a_2	\$300	\$600	\$590	\$580
a_3	\$100	\$400	\$700	\$690
a_4	\$(-100)	\$200	\$500	\$800

1.3 Toma de decisión con incertidumbre. Criterios a utilizar

En los procesos de decisión bajo incertidumbre, el decisor conoce cuáles son los posibles estados de la naturaleza, aunque no dispone de información alguna sobre cuál de ellos ocurrirá. En particular, esto excluye el conocimiento de la información de tipo probabilística sobre las posibilidades de ocurrencia de cada estado.

A continuación se describen las diferentes **reglas de decisión** en ambiente de incertidumbre, y que serán sucesivamente aplicadas al ejemplo de elaboración de Kake.

- Criterio de Wald (Pesimista, MaxMin o MinMax)
- Criterio Máximas (Optimista, MaxMax o MinMin)
- Criterio de Coeficiente de Optimismo (Hurwicz)
- Criterio de Pérdida de Oportunidad (Savage)
- Criterio de Igual Probabilidad (Laplace)

1.3.1 Criterio Pesimista (Wald)

Este criterio consiste en considerar que sea cual sea la alternativa tomada, siempre va a pasar lo peor, es decir el estado de la naturaleza que va a ocurrir es el que va a provocar el valor más pequeño si es un caso de máximo y el valor más grande si es un caso de mínimo, se tratará entonces de mejorar la situación tomando lo mejor de lo peor.

Matemáticamente esto se puede escribir de la siguiente manera.

$$\text{Max}_j \left(\text{Min}_i x_{ij} \right) \text{ en un caso de máximo}$$

$$\text{Min}_j \left(\text{Max}_i x_{ij} \right) \text{ en un caso de mínimo}$$

En el ejemplo citado se procedería de la siguiente manera:

a_1 470 **Decisión a tomar**

a_2 300

a_3 100

a_4 -100

1.3.2 Criterio Optimista

Este criterio consiste en considerar que sea cual sea la alternativa tomada, siempre va a pasar lo mejor, es decir el estado de la naturaleza que va a ocurrir es el que va a provocar el valor más grande si es un caso de máximo y el valor más pequeño si es un caso de mínimo, se tratará entonces de escoger lo mejor de lo mejor.

Matemáticamente esto se puede escribir de la siguiente manera.

$$\text{Max}_j \left(\text{Max}_i x_{ij} \right) \text{ en un caso de máximo}$$

$$\text{Min}_j \left(\text{Min}_i x_{ij} \right) \text{ en un caso de mínimo}$$

En el ejemplo citado se procedería de la siguiente manera:

- a_1 500
- a_2 600
- a_3 700
- a_4 800 **Decisión a tomar**

1.3.3 Criterio de Herwicz

Este criterio parte de combinar ponderaciones de optimismo y pesimismo. Sugiere este autor la consideración de un coeficiente de optimismo denotado por α que puede tomar cualquier valor comprendido entre 0 y 1.

Puede considerarse que si $\alpha=1$ significa completo optimismo y si $\alpha=0$ es completo pesimismo los valores intermedios entre cero y uno denotan personas con diferentes coeficientes de optimismo.

Caso de Máximo	Caso de Mínimo
$H_i = \alpha \text{Max}_i x_{ij} + (1-\alpha) \text{Min}_i x_{ij}$	$H_i = \alpha \text{Min}_i x_{ij} + (1-\alpha) \text{Max}_i x_{ij}$

En el caso de Máximo se escoge la alternativa a_i a la que le corresponda un mayor H_i ,

En el caso de mínimo se escoge la alternativa a_i a la que le corresponda un menor H_i ,

a_1	$H_1 = 0,7 \cdot 500 + 0,3 \cdot 470 = 491$	
a_2	$H_1 = 0,7 \cdot 600 + 0,3 \cdot 300 = 510$	
a_3	$H_1 = 0,7 \cdot 700 + 0,3 \cdot 100 = 520$	
a_4	$H_1 = 0,7 \cdot 800 + 0,3 \cdot (-100) = 530$	Decisión a tomar

1.3.4 Criterio de Estados Equiprobables (LAPLACE)

Este criterio, propuesto por Laplace en 1825, está basado en el principio de la razón insuficiente: como a priori no existe ninguna razón para suponer que un estado se puede presentar antes que los demás, podemos considerar que todos los estados tienen la misma probabilidad de ocurrencia, es decir, la ausencia de conocimiento sobre el estado de la naturaleza equivale a afirmar que todos los estados son equiprobables. Así, para un problema de decisión con n posibles estados de la naturaleza, asignaríamos probabilidad $1/n$ a cada uno de ellos.

Una vez realizada esta asignación de probabilidades, a la alternativa a_i le corresponderá un resultado esperado igual a:

$$\sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij}$$

La regla de Laplace selecciona como alternativa óptima aquella que proporciona un mayor resultado esperado:

$$\text{Elegir la alternativa } a_k \text{ tal que } \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{kj} = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} x_{ij}$$

Nota: En caso de minino Laplace selecciona como alternativa óptima aquella que proporciona el menor resultado.

$$a_1 \text{ ----- } \frac{500 + 490 + 480 + 470}{4} = 485$$

$$a_2 \text{ ----- } \frac{300 + 600 + 590 + 580}{4} = 517,5 \text{ ----- decisión a tomar}$$

$$a_3 \text{ ----- } \frac{100 + 400 + 700 + 690}{4} = 472,5$$

$$a_4 \text{ ----- } \frac{-100 + 200 + 500 + 800}{4} = 350$$

1.3.5 Criterio de Pérdida de Oportunidad (Savage)

Savage argumenta que al utilizar los valores x_{ij} para realizar la elección, el decisor compara el resultado de una alternativa bajo un estado de la naturaleza con todos los demás resultados, independientemente del estado de la naturaleza bajo el que ocurran. Sin embargo, el estado de la naturaleza no es controlable por el decisor, por lo que el resultado de una alternativa sólo debería ser comparado con los resultados de las demás alternativas bajo el mismo estado de la naturaleza.

Con este propósito Savage define el concepto de pérdida relativa o pérdida de oportunidad r_{ij} asociada a un resultado x_{ij} como la diferencia entre el resultado de la mejor alternativa dado que e_j es el verdadero estado de la naturaleza y el resultado de la alternativa a_i bajo el estado e_j :

$$r_{ij} = \max_{1 \leq k \leq m} \{x_{kj}\} - x_{ij}$$

Así, si el verdadero estado en que se presenta la naturaleza es e_j y el decisor elige la alternativa a_i que proporciona el máximo resultado x_{ij} , entonces no ha dejado de ganar nada, pero si elige otra alternativa cualquiera a_r , entonces obtendría como ganancia x_{rj} y dejaría de ganar $x_{ij} - x_{rj}$.

Savage propone seleccionar la alternativa que proporcione la menor de las mayores pérdidas relativas, es decir, si se define r_i como la mayor pérdida que puede obtenerse al seleccionar la alternativa a_i ,

El criterio de Savage resulta ser el siguiente:

$$\rho_i = \max_{1 \leq j \leq n} \{r_{ij}\}$$

Conviene destacar que, como paso previo a la aplicación de este criterio, se debe calcular la matriz de pérdidas relativas, formada por los elementos r_{ij} . Cada columna de esta matriz se obtiene calculando la diferencia entre el valor máximo de esa columna y cada uno de los valores que aparecen en ella.

	Estados de la Naturaleza				
Alternativas		e_1	e_2	e_3	e_4
	a_1	\$0	\$110	\$220	\$330
	a_2	\$200	\$0	\$110	\$220
	a_3	\$100	\$200	\$0	\$110
	a_4	\$600	\$400	\$200	\$0

a_1 330

a_2 220

a_3 200 **Decisión a tomar**

a_4 600

1.4 Toma de Decisión Bajo Riesgo. Criterios a utilizar.

Los procesos de decisión en ambiente de riesgo se caracterizan por el comportamiento de los estados de naturalezas ó eventos es del tipo probabilístico, probabilidades que son conocidas o pueden ser estimadas por el decisor antes del proceso de toma de decisiones.

Los diferentes criterios de decisión en ambiente de riesgo se basan en el comportamiento de los eventos a ocurrir asociados a la distribución de probabilidad de los resultados.

Representaremos por p_j la probabilidad de ocurrencia del estado e_j .

estado	e_1	e_2	\vdots	e_n
Probabilidad	p_1	p_2	\vdots	p_n

Los principales criterios de decisión empleados sobre tablas de decisión en ambiente de riesgo son:

- Criterio del Valor Esperado
- Criterio del Nivel de Aspiración
- Criterio del Futuro más Probable
- Criterio de la Pérdida de Oportunidad Esperada

Todos estos criterios serán aplicados al problema de decisión bajo riesgo cuya tabla de resultados figura a continuación:

Decisión bajo riesgo: Ejemplo				
	Estados de la Naturaleza			
Alternativas	e_1	e_2	e_3	e_4
Probabilidades	0.2	0.25	0.32	0.23
a_1	.500	490	480	470
a_2	300	600	590	580
a_3	100	400	700	690
a_4	-100	200	500	800

1.4.1 Criterio del Valor Esperado (Bayes)

El resultado o **valor esperado** para la alternativa a_i , que notaremos $E(a_i)$

Viene dado por:
$$E(a_i) = \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} .$$

Por lo que el **criterio del valor esperado** resulta ser:

Elegir la alternativa a_i tal que $E(a_i) \geq E(a_k)$ para toda $1 \leq k \leq m$ en un caso de máximo.

Elegir la alternativa a_i tal que $E(a_i) \leq E(a_k)$ para toda $1 \leq k \leq m$ en un caso de mínimo.

$$E(a_1) = 0,20 \cdot 500 + 0,25 \cdot 490 + 0,32 \cdot 480 + 0,23 \cdot 470 = 484,20$$

$$E(a_2) = 0,20 \cdot 300 + 0,25 \cdot 600 + 0,32 \cdot 590 + 0,23 \cdot 580 = 532,20 \quad \text{Decisión a tomar}$$

$$E(a_3) = 0,20 \cdot 100 + 0,25 \cdot 400 + 0,32 \cdot 700 + 0,23 \cdot 690 = 502,70$$

$$E(a_4) = 0,20 \cdot (-100) + 0,25 \cdot 200 + 0,32 \cdot 500 + 0,23 \cdot 800 = 374$$

La alternativa óptima según el criterio del valor esperado sería a_2 , pues proporciona el máximo de los valores esperados.

1.4.2 Criterio del Nivel de Aspiración

Se fija por el decisor un valor que significa el nivel de aspiración a obtener, luego se suman para cada alternativa las probabilidades correspondientes a cada pago que sea mayor o igual al nivel de aspiración fijado. Se selecciona la alternativa cuya suma de probabilidad sea la mayor.

Dado un nivel de aspiración prefijado (NA), el resultado para la alternativa a_i , que notaremos $R(a_i)$, viene dado por:

$$R(a_i) = \sum_{j=1}^n p_j \quad \text{para } X_{ij} \geq NA$$

Por lo que el **criterio del Nivel de Aspiración** resulta ser:

$$\text{Elegir la alternativa } a_k \text{ tal que } R(a_k) = \max_{1 \leq i \leq m} R(a_i)$$

Partiendo del ejemplo ilustrativo de decisión bajo riesgo, la siguiente tabla muestra el resultado para cada una de las alternativas.

CRITERIO DEL NIVEL DE ASPIRACION (NA =550)					
	Estados de la Naturaleza				
Alternativas	e_1	e_2	e_3	e_4	$R(a_i)$
a_1	500	490	480	470	0
a_2	300	600	590	580	0,25+0,32+0,23=0,8
a_3	100	400	700	690	0,32+0,23=0,55
a_4	-100	200	500	800	0.23
Probabilidades	0.2	0.25	0.32	0.23	

La alternativa óptima según el criterio del Nivel de Aspiración sería a_2 , pues proporciona el máximo de la suma de las probabilidades correspondientes a los $x_{ij} \geq NA$.

1.4.3 Criterio del Futuro más Probable (Máxima Probabilidad)

Se selecciona el mejor x_{ij} a partir del estado más probable (n). Por lo que el **criterio del Futuro más Probable** resulta ser:

Elegir la alternativa a_k tal que $X_{k,n} = \max(X_{j,n})$

Ejemplo

Partiendo del ejemplo ilustrativo de decisión bajo riesgo, la siguiente tabla muestra el resultado para cada una de las alternativas.

CRITERIO DEL FUTURO PROBABLE					
	Estados de la Naturaleza				
Alternativas	e_1	e_2	e_3	e_4	e_3
a_1	.500	490	480	470	480
a_2	300	600	590	580	590
a_3	100	400	700	690	700 Decisión a tomar
a_4	-100	200	500	800	500
Probabilidades	0.2	0.25	0.32	0.23	0.32

La alternativa óptima según el criterio del Futuro más Probable sería a_3 , pues proporciona el mayor valor x_{ij} para el estado más probable (e_3).

1.4.4 Criterio de la Pérdida de Oportunidad Esperada

Primeramente debe formarse la matriz con pérdida de oportunidad, para ello se escoge la mejor alternativa por evento (columnas) y se forma una nueva matriz restando el valor de esa mejor alternativa a las demás alternativas (elementos de la columna). Luego se aplica el mismo método del valor esperado, multiplicando cada valor x_{ij} por el valor de probabilidad asociado. La matriz de pérdidas quedaría:

Pérdida de Oportunidad Esperada					
	Estados de la Naturaleza				
Alternativas	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	
a ₁	\$0	\$110	\$220	\$330	
a ₂	\$200	\$0	\$110	\$220	Decisión a tomar
a ₃	\$100	\$200	\$0	\$110	
a ₄	\$600	\$400	\$200	\$0	
Probabilidades	0.2	0.25	0.32	0.23	

$$E(a_1) = 0,2 \cdot 0 + 0,25 \cdot 110 + 0,32 \cdot 220 + 0,23 \cdot 330 = 173,8$$

$$E(a_2) = 0,2 \cdot 300 + 0,25 \cdot 0 + 0,32 \cdot 110 + 0,23 \cdot 220 = 125,80$$

$$E(a_3) = 0,2 \cdot 100 + 0,25 \cdot 200 + 0,32 \cdot 0 + 0,23 \cdot 110 = 155,30$$

$$E(a_4) = 0,2 \cdot 600 + 0,25 \cdot 400 + 0,32 \cdot 200 + 0,23 \cdot 0 = 284$$

La alternativa óptima según el criterio de la pérdida de oportunidad esperada sería a_2 , pues proporciona la menor pérdida esperada.

1.4.5 Valor de la información perfecta

Se llama información perfecta a la información que dice exactamente lo que va a ocurrir esto es cuando se sabe exactamente el estado de la naturaleza que va a presentarse.

Si sabemos con exactitud el estado de la naturaleza que ocurrirá es fácil determinar la alternativa que debe elegirse pues, es evidente que en ese caso se elegirá la alternativa que proporcionará el mejor resultado. Consideremos la matriz de decisión del ejemplo expuesto y resuelto anteriormente. Recordemos que al aplicar el criterio del valor esperado se optó por seleccionar la alternativa a_2 para la cual el valor esperado era \$532.20 a esto llamamos valor esperado del proceso de toma de decisión y lo denotamos por **VE**.

En el caso de la ganancia esperada de la información perfecta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$GEIP = \sum_{j=1}^n p_j R^* J$$

Donde:

$R^* J$: Es el resultado máximo para el estado de la naturaleza e_j .

p_j : Es la probabilidad del estado de la naturaleza e_j .

$$GEIP = 0,20 \cdot 500 + 0,25 \cdot 600 + 0,32 \cdot 700 + 0,23 \cdot 800 = 658$$

Si queremos saber ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar el decisor por obtener la información perfecta?

Entonces tendríamos que restar $GEIP - VE$.

En este caso sería $658 - 532,20 = 125,80$ es decir no se debe pagar más de 125,80 por saber cual estado de la naturaleza ocurrirá con precisión.

1.5 Propuestas de ejercicios

1- Una Pizzería prepara todos los días docenas de pizzas, cada pizza es vendida a cuatro pesos y cuesta su elaboración un peso. La que no se vende en el momento se le dista y se vende a dos pesos la mitad de las unidades.

- La pizzería debe decidir cuántas docenas se deben elaborar en un día común.
- Analice la alternativa correcta según el criterio de pérdida de oportunidad.

La producción de pizzas sigue la distribución siguiente:

Docenas	Prob
6	0.35
7	0.28
8	0.25
9	0.12

2. La empresa Estructuras Metálicas de Las Tunas se especializa en la fabricación de herrajes metálicos para la fabricación de obras de la Batalla de Ideas.

Los lotes que ordenan los clientes son de veinte unidades. Cada unidad es vendida a setenta y cinco pesos en moneda nacional y su costo de producción es de cincuenta pesos, aquellas unidades que no se logran vender por problemas de transportación se venden el 75% al siguiente mes con un precio de sesenta y cinco pesos.

- construya la matriz de pago.
- La empresa desea conocer que alternativa tomar de acuerdo al criterio de valor esperado y el optimista.

La distribución es la siguiente:

Lotes	Prob
4	0.30
5	0.27
6	0.22
7	0.21

3. El taller Frank País perteneciente a la empresa Sideromecánica produce juntas de ollas para cumplir con lo expuesto por nuestro Comandante.

Se producen lotes de 250 unidades, cada unidad es vendida a un peso y cuesta veinte y cinco centavos. Las unidades que no se logran vender ese día se venden al siguiente día con un precio de noventa centavos a Industrias Locales el otro 40% se le entregaran de forma gratuita a los que forman parte de la Seguridad Social .

a) Construya la matriz de pago.

b) El taller desea tomar la decisión correcta de acuerdo al criterio pesimista y el de valor esperado.

La distribución es la siguiente:

Lotes	Prob
5	0.40
6	0.25
7	0.15
8	0.12
9	0.08

4. La Empresa Cárnica de Las Tunas recibe diariamente lotes de mil libras de carne cerdo para el proceso de embutidos. Porcino vende cada libra a seis pesos y el costo por libra de carne es de tres pesos.

Las libras de carne que no se pueden venderse a la Cárnica por problemas de falta de energía eléctrica quedan para que el 60% se le vendan a Gastronomía a un precio de cinco pesos y el resto se destina a los comedores obreros de la Entidad.

a) Haga la matriz de pago.

b) Determina las distintas soluciones que tomaría la empresa bajo riesgo e incertidumbre, el coeficiente de optimismo es de 0.60.

La producción de carne de cerdo sigue la siguiente distribución.

Lotes	Prob
10	0.32
11	0.26
12	0.18
13	0.15
14	0.09

5. La Empresa de productos Lácteos recibe pedidos de 1200 bolsas de yogurt para el consumo interno, cada bolsa de yogurt se le vende a la población a \$1.20 y el costo de producción es de \$0.40 la unidad, las unidades que no se logran vender se reprocesan al día siguiente el 60% y se logran vender a un precio de un \$1.00 la unidad, el resto se distribuye gratuitamente al círculo infantil más cercano.

a) Realice la matriz de pago.

b) Determine las distintas decisiones que tomaría la empresa bajo riesgo, si el nivel de aspiración es de \$5100.

La distribución es la siguiente:

Pedidos	Prob
5	0.30
6	0.25
7	0.23
8	0.22

6. La Empresa Duralmet colabora con las obras de la Batalla de Ideas, produce órdenes de 500 ventanales para las distintas Instituciones educativas, cada ventana tiene un costo de \$25.00 y se logran vender a \$42.00, aquellas que no son vendidas por problemas de tiempo de entrega se logran vender después un 80% a un precio de \$38.00 y el resto se reprocesa.

a) Realice la matriz de pago.

b) Determine las distintas decisiones que tomaría la empresa bajo riesgo e incertidumbre, el coeficiente de pesimismo es de 0.30.

La producción de ventanales sigue la distribución siguiente.

Ordenes	Prob
10	0.42
11	0.26
12	0.12
13	0.11
14	0.09

7. La Empresa de materiales de la construcción cumple con la entrega de m^3 de gravilla para los planes de la vivienda. Los pedidos son de $1000m^3$ y cada m^3 de gravilla se vende a doce pesos y su costo es de siete pesos, aquellos m^3 que no se venden por problemas de transportación se logra vender un 70% al mes siguiente por un valor de once pesos.

La producción de la cantera sigue la siguiente distribución.

Pedidos	Prob
5	0.38
6	0.21
7	0.24
8	0.17

a) Realice la matriz de pago

b) Determine las distintas decisiones que tomaría la empresa bajo riesgo si el nivel de aspiración es de \$27000.00.

8. La tienda Caracol desea vender a fines de diciembre arbolitos de navidad, los árboles cuestan tres pesos con cincuenta centavos cada uno y se pueden ordenar solo en lotes de 100. Los árboles deben venderse en ocho pesos cada uno. Los que no se vendan no tienen valor alguno.

Las estimaciones sobre las ventas son las siguientes:

Ventas	Prob
100	0.3
200	0.3
300	0.4

- a) Realice la matriz de pago.
- b) Determine las distintas decisiones que tomaría la empresa bajo riesgo e incertidumbre, el coeficiente de pesimismo es de 0.45.

1.6 Árboles de decisión

Los árboles de decisión se usan en situaciones de toma de decisiones en las que se debe optimizar una serie de decisiones. Por ejemplo, la administración tendrá tal vez que seleccionar un plan de promoción inicial sabiendo que dentro de 6 meses será necesario un segundo plan. Una compañía de bienes raíces puede tener que decidir cuántos condominios construir en la primera fase de un proyecto sabiendo que se tendrán que tomar decisiones parecidas para la segunda y tercera fases. Con frecuencia se tiene que seleccionar un sistema de computación con base en necesidades anticipadas de equipo adicional para una fecha posterior.



Un concepto fundamental en las situaciones que involucran alternativas de decisión y eventos secuenciales es que deben identificarse todas esas alternativas y eventos y analizar de antemano, si se quiere optimizar la serie de decisiones. Con frecuencia el seleccionar lo que parece ser una decisión óptima en el primer punto de decisión, el poner en práctica esa decisión, el observar el resultado y después repetir el proceso en los puntos de decisión posteriores, no optimiza la serie completa de decisiones.

1.6.1 Componentes y estructura

Todos los árboles de decisión son parecidos a su estructura y tienen las mismas componentes. Para ser más específicos, siempre se requieren las siguientes cuatro componentes:

- 1 Alternativas de decisión en cada punto de decisión.
- 2 Eventos que pueden ocurrir como resultado de cada alternativa de decisión.
- 3 Probabilidades de que ocurran los eventos posibles como resultado de las decisiones.
- 4 Resultados (casi siempre expresados en términos económicos) de las posibles interacciones entre las alternativas de decisión y los eventos.

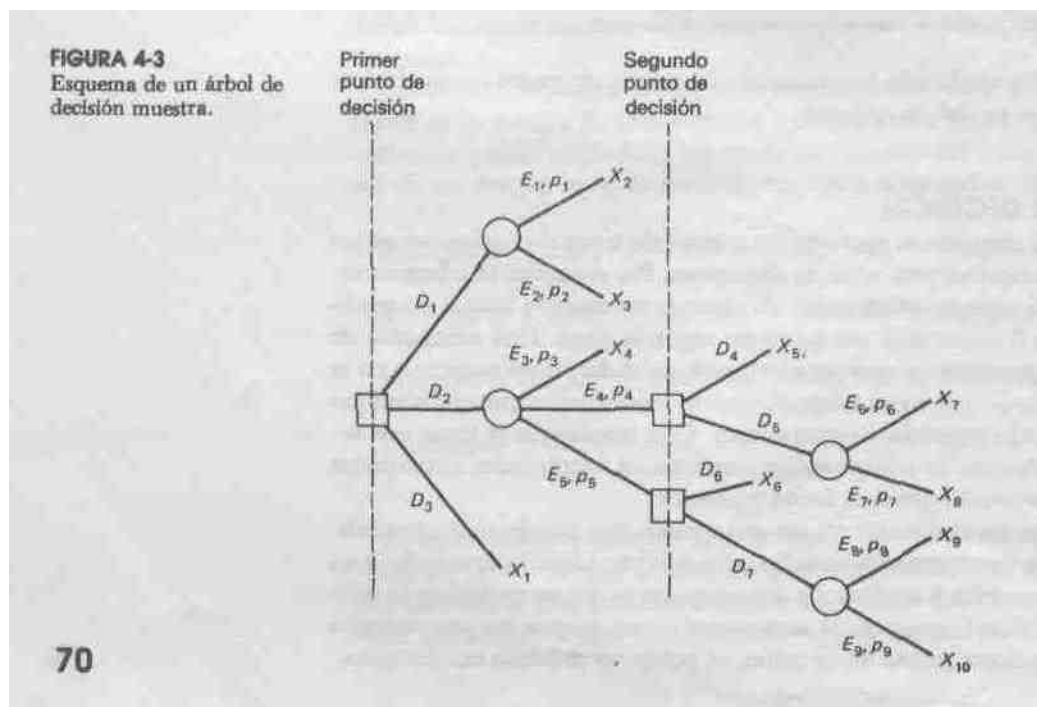
Los árboles de decisión están formados por:

- Nodos de decisión representados por 
Este nodo representa los puntos donde el que toma la una decisión debe elegir entre varias acciones posibles.
- Nodos de oportunidad o de eventos representado por 
Este nodo indica aquellas partes del proceso de toma de decisiones en las que ocurre un evento o estado de la naturaleza.

- Ramas que se representan por líneas

Se utiliza para denotar las decisiones (ramas de decisión) a los estados de la naturaleza (ramas de oportunidad). En estas se reflejan las probabilidades de que ocurra un estado dado de la naturaleza.

1.6.2 Ejemplo ilustrativo



Estos datos se organizan mediante la estructura de un diagrama de árbol que ilustra las interacciones posibles entre las decisiones y los eventos. En la figura 4-3 se presenta el esquema de un árbol de decisión muestra. Inicialmente debe hacerse una decisión entre tres alternativas. Éstas se encuentran en el primer punto de decisión como D_1, D_2, D_3 . Por claridad, todos los puntos de decisión se indican por cuadros \square como los que se observan en la figura 4-3.

Los eventos que pueden ocurrir como resultado del primer conjunto de decisiones son E_1, E_2, E_3, E_4 y E_5 . Sus probabilidades respectivas están dadas por $p_1 \dots p_5$. Nótese que si se selecciona D_3 , el resultado se conoce con seguridad. Este resultado se muestra al final de la rama D_3 como X ; Mientras que los puntos de decisión se muestran como cuadros, los nodos de los eventos se representan por círculos O .

Si ocurren los eventos E_1, E_2 y E_3 , los resultados se conocen con certidumbre y no se requiere ninguna otra decisión. Estos resultados están dados por X_2, X_3 y X_4 , respectivamente. Sin embargo, en respuesta a cualquiera de los eventos E_4 o E_5 , la administración debe seleccionar otra alternativa en la serie de decisiones.

A partir del evento E_4 , debe escogerse entre D_4 y D_5 , mientras que E_5 lleva a una selección entre D_6 y D_7 . En este ejemplo, todos los eventos están seguidos por un

resultado o por otro punto de decisión, pero existen situaciones en que a los eventos siguen otros eventos.

Los eventos que pueden ocurrir como resultado de la decisión que se tomó en el segundo punto de decisión son E_6, E_7, E_8 y E_9 . Éstos son eventos finales y llevan a los resultados X_7, X_8, X_9 y X_{10} . El resultado X_5 se obtiene directamente de la decisión D_4 .

1.6.3 Análisis del Árbol de decisión

Se han ilustrado los componentes y la estructura de los árboles de decisión, pero ¿cómo se realiza el análisis? El análisis comienza a la extrema derecha del árbol de decisión y se mueve a través de los nodos de eventos y puntos de decisión hasta que se ha identificado una secuencia óptima de decisiones que comienza en el primer punto de decisión. Se usan las siguientes reglas:

- 1- En cada nodo de evento se hace un cálculo de valor esperado.
- 2- En cada punto de decisión se selecciona la alternativa con el valor esperado óptimo.

En la figura 4-4 se ilustra este procedimiento. El árbol de decisión muestra que se ha modificado y ahora da los resultados económicos y las probabilidades de los eventos. Se supondrá que el objetivo es maximizar la serie de decisiones. Comenzando el análisis de derecha a izquierda, primero se encuentran nodos de eventos que requieren cálculos del valor esperado. Se encuentra que al nodo del evento en la intersección de E_6 y E_7 le corresponde un valor esperado de \$33 000. Esto es la consecuencia de sumar las multiplicaciones de los resultados posibles al tomar la decisión D_5 por sus probabilidades respectivas y representa el valor esperado asociado con la selección de la alternativa de decisión D_5 .

En el nodo de evento para E_8 y E_9 hay un valor esperado de \$35 000. Este valor esperado corresponde al hecho de escoger la alternativa de decisión D_7 .

Continuando de derecha a izquierda se encuentran después los segundos puntos de decisión. Éstos requieren la selección de la alternativa de decisión con el mejor valor esperado y el rechazo de las otras opciones. En el punto de decisión para la intersección de D_4 y D_5 se selecciona la alternativa de decisión D_4 , ya que \$38 000 es un valor esperado más alto que \$33 000. En este caso \$38 000 es también un resultado cierto o seguro. La alternativa de decisión D_5 se ignora de aquí en adelante; esto se indica dibujando un par de líneas diagonales // que cortan esa rama del árbol de decisión. En el punto de decisión para D_6 y D_7 , la alternativa de decisión D_7 , que tiene un valor esperado de \$35000, es mejor que D_6 tiene un valor esperado (cierto) de \$15 000.

En consecuencia D_6 se elimina para el resto del análisis.

El siguiente paso requiere que se realicen más cálculos del valor esperado. En el nodo de evento para E_1 y E_2 se obtiene un valor esperado de \$20 000. En el nodo de evento para E_3, E_4 y E_5 se tiene un valor esperado de \$33 700. Debe tenerse cuidado en incluir los resultados correctos para los eventos E_4 y E_5 . Nótese que sólo se usa el resultado asociado con la alternativa de decisión que se seleccionó previamente. En el caso de E_4 ,

Se ha trabajado hacia atrás hasta el primer punto de decisión. La alternativa de decisión D_1 ofrece un valor esperado de \$20 000. Tiene D_2 un valor esperado de \$33 700. Ofrece D_3 \$0 (por ejemplo, la alternativa de no hacer nada). Es obvio que, considerando parejas todas las demás circunstancias, la selección que debe hacerse es D_2 ; por lo tanto D_1 y D_3 se eliminan para las siguientes consideraciones.

Primer punto de decisión

Segundo punto de decisión

$(0.5) (50\ 000) + (0.5) (-10\ 000) = \$20\ 000$

$E_1, 0.5$

$E_2, 0.5$

D_1

D_2

D_3

$(0.1) (10\ 000) + (0.4) (38\ 000) + (0.5) (35\ 000) = \$32\ 700$

$E_3, 0.1$

$E_4, 0.4$

$E_5, 0.5$

D_4

D_5

D_6

D_7

$(0.3) (40\ 000) + (0.7) (30\ 000) = \$33\ 000$

$E_6, 0.3$

$E_7, 0.7$

$E_8, 0.5$

$E_9, 0.5$

$(0.5) (50\ 000) + (0.5) (20\ 000) = \$35\ 000$

$\$50\ 000$

$\$10\ 000$

$\$38\ 000$

$\$10\ 000$

$\$40\ 000$

$\$30\ 000$

$\$15\ 000$

$\$50\ 000$

$\$20\ 000$

$\$0$

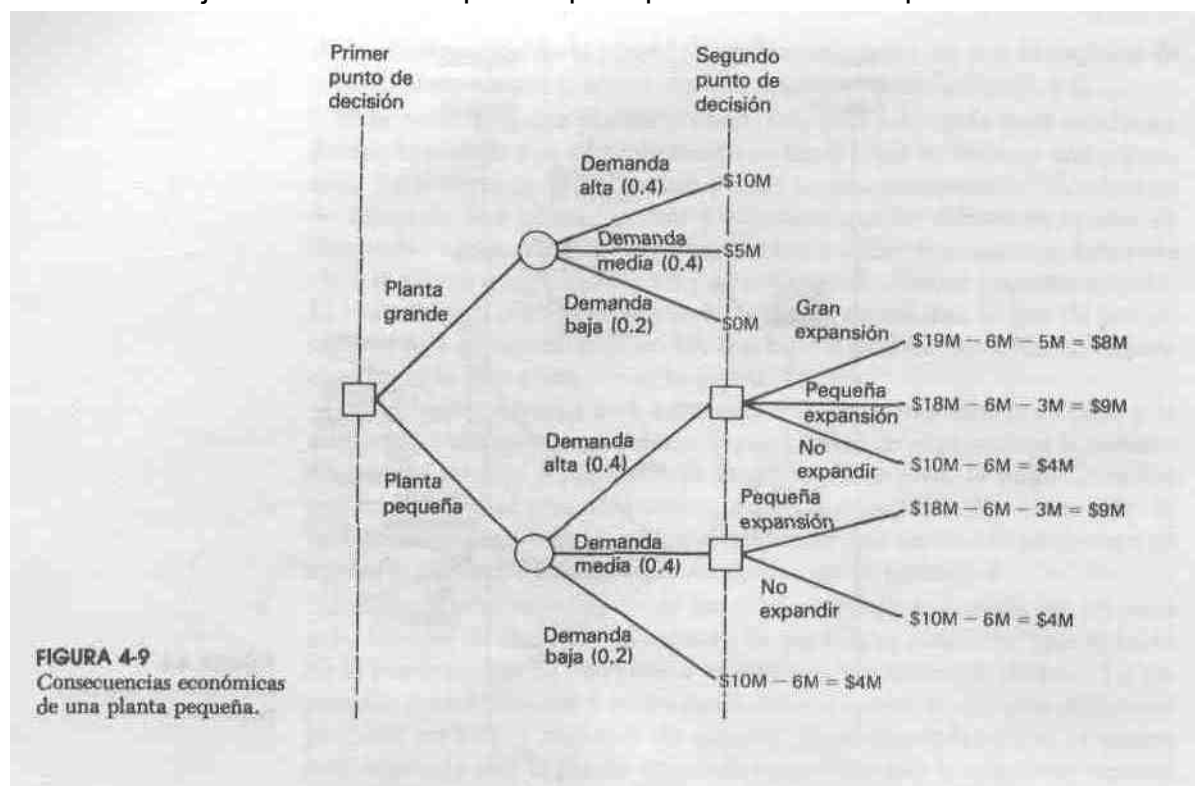
FIGURA 4-4
Análisis del árbol de
decisión muestra.

1.6.4 Un árbol de decisión en lugar de una matriz de pagos

Puede surgir la idea de que un árbol de decisión se puede usar tanto en situaciones de toma de decisiones secuenciales como sencillas. En otras palabras, que un árbol de decisión se puede emplear en lugar de una matriz de pagos. Sin duda, este es el caso. El árbol de decisión en esta situación tendrá sólo un punto de decisión. Saliendo de ese punto se encontrarían las alternativas de decisión. Partiendo de cada alternativa se encontrarían los eventos. Los valores esperados se determinan para cada alternativa de decisión y con éstos se selecciona la decisión óptima.

El que se use una matriz de pagos o un árbol de decisión para una situación de una sola toma de decisiones es en esencia cuestión de preferencia personal. No obstante, la

experiencia del autor es que la matriz de pagos, con su estructura más formal, es más fácil de manejar correctamente por los principiantes en estas aplicaciones.



1.6.5 Ejercicios propuestos

9. Un grupo de especialistas en proyecto está evaluando la posibilidad de construcción de una planta, la decisión a tomar debe tener en cuenta dos situaciones:

C) Se puede construir una planta grande o una pequeña.

D) Si se opta por construir inicialmente una planta pequeña debe considerarse la posibilidad de ampliar o no la planta si la circunstancia lo justifica.

Lo anterior debe estar en función del comportamiento de la demanda la cual no se conoce con exactitud, se ha decidido clasificarla en alta, media y baja.

Estimándose la probabilidad de ocurrencia en 0.4, 0.2, 0.4 respectivamente. El grupo de especialistas ha elaborado la siguiente información

9.1 Si se construye una planta grande cuyo costo se calcula en 10 mil millones de pesos, esta será adecuada para hacer frente a cualquiera demanda posible y no se considera la posibilidad de ampliación. Los ingresos estimados de acuerdo a los niveles de demanda son de 20 millones de pesos para una demanda alta y 15 millones para una demanda media y 10 millones para una demanda baja.

9.2 Si se decide construir una planta pequeña cuyo costo se calcula en 6 millones de pesos solo se considera la posibilidad de ampliación si la demanda se considera alta o media. Si la demanda es alta se puede seleccionar una ampliación grande con un costo estimado de 5 millones de pesos o una pequeña con un costo de 3 millones de pesos o no ampliar. Si se considera una ampliación grande para un nivel de demanda alta se

estima que se podía obtener un ingreso de 19 millones de pesos, si la ampliación fuese pequeña se obtendría 18 millones de pesos y si se opta por no ampliar entonces en 10 millones de pesos. Si la demanda es media sólo se debe considerarse como alternativa una ampliación pequeña o no ampliar.

La ampliación genera un ingreso de 15 millones de pesos mientras la decisión de no ampliar genera 10 millones de pesos si la demanda es baja se calcula un ingreso de 10 millones de pesos.

En esta condición el grupo de proyecto debe determinar cual debe ser la mejor decisión a tomar si se quiere maximizar la ganancia.

10. Algunas personas parecen tener toda la suerte del mundo. Debido a su mente sutil y a su encanto devastador, el gran Larry ha recibido tres propuestas de matrimonio durante la semana pasada. Después de decidir que es tiempo de sentar cabeza. Larry necesita ahora escoger a una de sus pretendientes. Como es una persona muy lógica, ha determinado que los atributos emocionales y físicos de las tres mujeres son más o menos los mismos y ha decidido escoger en base a sus recursos financieros. Parece que una de las solicitantes, Jenny, tiene un padre rico que sufre de artritis crónica.

Larry calcula una probabilidad de 0.3 de que el padre muera en los próximos años y les deje una herencia de \$ 100000. Si el padre de Jenny vive una larga vida, Larry no recibirá un centavo de él. Susana, otra de las novias, es una contadora ambiciosa en una compañía con reputación. Larry estima una probabilidad de 0.6 de que Susana siga la carrera y una probabilidad de 0.4 de que la deje y se dedique a sus hijos. Si continua con su trabajo, ella podría seguir en la auditoria o cambiar al departamento de impuesto de la firma.

Al quedarse con la auditoría existe una probabilidad de 0.5 de que gane \$40000 y una de 0.5 de que gane \$ 30000.

Al tomar la opción del departamento de impuestos, hay 0.7 de posibilidades de que sus ingresos sean de \$ 40000 y una posibilidad de 0.3 que sean de \$ 25000. Si termina su carrera para dedicarse a sus hijos ganara \$ 20000 en un trabajo de tiempo parcial. Mary, la última competidora, sólo puede ofrecer a Larry su dote de \$ 25000.

a) ¿Con quién deberá casarse Larry?

b) ¿Cuál es el riesgo involucrado en la secuencia óptima de decisiones?

CAPITULO II

2. Aspectos fundamentales de la Programación lineal

2.1 Introducción a la Programación lineal

La programación lineal es un método determinista de análisis para elegir la mejor entre muchas alternativas. Cuando esta mejor alternativa incluye un conjunto coordinado de actividades, se le puede llamar plan o programa. La palabra "programa" se usa comúnmente en el medio del entretenimiento en donde, por ejemplo, los conciertos tienen un programa o listado de la música que se va a tocar. No obstante, no limita el término a los aspectos de entretenimiento. Como se usa aquí, programar significa seleccionar la mejor combinación de actividades.

Con frecuencia, seleccionar una alternativa incluye satisfacer varios criterios al mismo tiempo. Por ejemplo, cuando se compra una pieza de pan se tiene el criterio de frescura, tamaño, tipo (blanco, de centeno u otro), costo y rebanado o sin rebanar. Se puede ir un paso más adelante y dividir estos criterios en dos categorías: restricciones y el objetivo. Las restricciones son las condiciones que debe satisfacer una solución que está bajo consideración. Si más de una alternativa satisface todas las restricciones, el objetivo se usa para seleccionar entre todas las alternativas factibles. Cuando se elige una pieza de pan, puede quererse una libra de pan blanco rebanado y hecho no antes del día anterior. Si varias marcas satisfacen estas restricciones, puede aplicarse el objetivo de un costo mínimo y escoger la más barata.

Existen muchos problemas administrativos que se ajustan a este molde de tratar de minimizar o maximizar un objetivo que está sujeto a una lista de restricciones. Un corredor de inversiones, por ejemplo, trata de maximizar el rendimiento sobre los fondos invertidos pero las posibles inversiones están restringidas por las leyes y las políticas bancadas. Un hospital debe planear que las comidas para los pacientes satisfagan ciertas restricciones sobre sabor, propiedades nutritivas, tipo y variedad, al mismo tiempo que se trata de minimizar el costo. Un fabricante, al planear la producción futura, busca un costo mínimo al mismo tiempo cómo cumplir restricciones sobre la demanda del producto, la capacidad de producción, los inventarios, el nivel de empleados y la tecnología. La programación lineal se ha aplicado con éxito a estos y otros problemas.

La programación lineal es una técnica determinista, no incluye probabilidades. El objetivo y cada una de las restricciones se deben expresar como una relación lineal, de ahí el nombre de programación lineal. Para las aplicaciones más reales es necesaria una computadora para resolver el problema.

A pesar de estas limitaciones, la programación lineal, (PL) es una de las técnicas más poderosas y útiles que se presentan en este texto.

El tema de programación lineal es muy extenso. Forma una de las ramas del campo de la programación matemática, como se muestra en la figura 7-1. En este capítulo se hace hincapié en la forma general del problema de programación lineal y en las aplicaciones más comunes. Se presenta el método gráfico de solución, que es aplicable en algunas situaciones limitadas, para ilustrar los conceptos de solución. Al avanzar en el estudio no debe perderse de vista que la meta siempre es la misma: seleccionar la mejor alternativa entre varias.

El problema de programación lineal tiene dos supuestos:

Supuesto 1: Las cantidades de insumos necesarios para una actividad y la efectividad de cada actividad (costo, ganancia). Siempre serán proporcionales al número de

actividades, por ejemplo, supongamos que sembrar una ha de plátanos gasta 3 h/d, sembrar 2 gastará 6, sembrar 3 gastará 9, sembrar x_1 gastará $3x_1$.

Supuesto 2: El supuesto de proporcionalidad solo no garantiza la linealidad.

Se requiere, además que las actividades sean aditivas, por ejemplo:

Sí sembrar x_1 ha de plátano gasta $3x_1$ h/d y sembrar x_2 ha de boniato gasta $4x_2$

H/d entonces, sembrar los 2 cultivos gastara $3x_1 + 4x_2$

2.1.1 Formulación del problema

Construcción del modelo de programación lineal

El objetivo de este epígrafe consiste en exponer los pasos a seguir cuando se procede a expresar matemáticamente la situación que analizamos a través del modelo de programación lineal.

El procedimiento a seguir para la construcción del modelo puede resumirse en la forma siguiente:

Paso # 1: Definición de las variables de decisión.

Paso # 2: Construcción del sistema de restricciones.

Paso # 3: Construcción de la función objetivo.

A continuación procedemos a explicar cada uno de estos pasos.

Definición de las variables de decisión

Como hemos dicho la definición de las variables de decisión es el primer paso en la construcción de modelo de programación lineal. Cada variable de decisión se identifica con cada una de las actividades en que se descompone el problema. La definición de las variables de decisión tiene 2 etapas: Definición conceptual y definición dimensional.

Definición conceptual

Es aquella que refiere la determinación de las variables, es decir que significa la variable en el contexto del problema.

Cuando se proceda a definir conceptualmente una variable debe tenerse presente el principio de unicidad. La unicidad puede ser de 3 tipos:

- ✓ Unicidad de origen.
- ✓ Unicidad de destino.
- ✓ Unicidad de tecnología.

Una misma actividad puede ser definida por diferentes variables en dependencia del criterio de unicidad.

Definición dimensional

Una vez precisada la definición conceptual de una variable, es necesario pasar al aspecto cuantitativo de esta definición. Es decir a las unidades de medidas que van a utilizarse para operar con estas variables. No basta con definir una variable por su cualidad, sino que es también necesario expresar esa cualidad en ha, cab, m^2 , ha, uds, kg, t.

2.1.2 Formulación de las restricciones

El sistema de ecuaciones y/o inecuaciones (1-2) junto con la condición (1-3) constituye las limitaciones que conforman el conjunto posible de decisiones a tomar ya que en la programación lineal se optimiza la función objetivo sujeta a restricciones que hay que respetar.

Cuando se va a construir una restricción, es conveniente seguir el procedimiento que se expone a continuación.

1. Cerciorarse del carácter limitado de la supuesta restricción y definir en caso de que ella realmente pueda clasificarse como tal:

-la dimensión física de la constante que se colocará en el término independiente (b_i).

-signo de la restricción.

Una disponibilidad máxima, con el signo (\leq)

Una cuota mínima a cumplir con el signo (\geq)

Un requerimiento exacto ($=$)

2. Analizar que variable o variables entran a formar parte de la restricción.

Una vez ubicadas las variables correspondientes y con la meta a cumplir, la condición de aditividad de todo modelo lineal es necesario definir como se definirá el cociente de conversión conocido por a_{ij} que permitirá adaptar la dimensión de las variables de decisión a la restricción (dimensión de b_i).

No debe olvidarse nunca que la condición de no negatividad es una condición del modelo, por tanto, siempre es necesario escribirla.

2.1.3 Restricciones de no negatividad

La metodología de PL requiere que todas las variables sean positivas o cero, es decir, no negativas. Para la mayoría de los problemas esto es real no se desearía una solución que diga: prodúzcanse menos dos cajas o contrátense menos cuatro personas. De tener un problema en que se quiera que una variable sea negativa, existe una forma para que se cumplan las restricciones de no negatividad. Donde se cumple que:

$$x_j \geq 0 \quad \text{Ó} \quad x_{ij} \geq 0$$

2.1.4 La función objetivo

Mientras que no existe un límite en el número de restricciones que puede tener un problema de PL, sólo puede haber un objetivo. La forma matemática del objetivo se llama función objetivo. Debe llevar consigo el maximizar o minimizar alguna medida numérica. Podría ser maximizar el rendimiento, la ganancia, la contribución marginal o los contactos con los clientes. Podría ser minimizar el costo, el número de empleados o el material de desperdicio. Con frecuencia el objetivo es evidente al observar el problema.

Como el valor de la función objetivo no se conoce hasta que se resuelve el problema, se usa la letra Z para representarlo. La función objetivo tendrá, entonces, la forma:

$$\text{Max } Z = 4A + 6B$$

$$\text{Min } Z = 2A + 5B$$

2.1.5 Ejercicios Ilustrativos (Programación lineal)

1- Una fábrica realiza dos tipos de caramelo para la exportación, los del tipo A arrojan una utilidad en divisas de 40 cts, por caja y los del tipo B de 50 cts, por caja.

Los caramelos se elaboran en tres operaciones: mezclado, cocinado, empaquetado.

La tabla siguiente muestra el tiempo en minutos necesarios para cada caja de caramelo en cada una de las tres operaciones de elaboración:

Tipo de Caramelo	Mezclado	Cocinado	Empaquetado
A	1	5	3
B	2	4	1

Durante cada tanda de producción el equipo de mezclado dispone de un máximo de 12 horas/máquinas, el de cocinado a lo sumo 30 horas/máquinas y empaquetado no más de 15 horas/máquinas.

Si todo este fondo de tiempo de máquina puede ser destinado para confeccionar ambos tipos de caramelos, determine cuántas cajas de cada tipo deben producirse a fin de maximizar su ganancia en divisas.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Cantidad de cajas de caramelos a producirse del tipo A

x_2 : Cantidad de cajas de caramelos a producirse del tipo B

ii) Sistema de restricciones

$x_1 + 2x_2 \leq 720$ Minutos disponibles en la actividad de mezclado.

$5x_1 + 4x_2 \leq 1800$ Minutos disponibles en la actividad de cocinado.

$3x_1 + x_2 \leq 900$ Minutos disponibles en la actividad de empaquetado.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 40x_1 + 50x_2$$

2-Una empresa fabricante de muebles produce 4 modelos de sillas; cada silla pasa por el departamento de carpintería y luego por el departamento de terminado donde se barniza, tapiza, etc..., la cantidad de madera requerida en cada departamento es la siguiente:

Tipos de sillas	Pies ² de cedro	Pies ² de pleybox	Ganancia
1	4	1	12
2	9	1	20
3	7	3	18
4	10	40	40

Debido a las limitaciones de capacidad de la planta, el dpto de carpintería dispone de 6 000 pies² de cedro y 4 000 pies² de pleybox.

Suponiendo que se dispone de cantidades suficientes de materias primas y que todas las sillas producidas pueden ser vendidas, la empresa desea determinar un plan óptimo de producción que maximice la utilidad esperada

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Unidades de sillas del tipo 1 a fabricar.

x_2 : Unidades de sillas del tipo 2 a fabricar.

x_3 : Unidades de sillas del tipo 3 a fabricar.

x_4 : Unidades de sillas del tipo 4 a fabricar.

ii) Sistema de restricciones

$4x_1 + 9x_2 + 7x_3 + 10x_4 \leq 6000$ Pies² de cedro disponibles.

$x_1 + x_2 + 3x_3 + 40x_4 \leq 4000$ Pies² de pleybox disponibles.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2, 3, 4$.

iii) Función Objetivo

$\text{máx } z = 12x_1 + 20x_2 + 18x_3 + 40x_4$

3- Una empresa produce dos tipos de leche: Condensada y Evaporada. El proceso de producción de ambas leches consta de cuatro departamentos A, B, C y D.

En el Dpto. A, si sólo se procesa condensada la capacidad del mismo es de 500 ton diarias, si sólo se produce evaporada la capacidad es de 750 ton.

En el Dpto. B, las capacidades son de 600 y 650 ton respectivamente.

En el Dpto. C, sólo se procesa evaporada y su capacidad es de 550 ton.

En el Dpto. D, sólo se procesa condensada y su capacidad es de 450 ton.

La materia prima fundamental para la elaboración de ambas leches es la leche fresca como la reconstituida. El consumo de leche en una u otra forma es para la leche condensada y evaporada 1.1 y 1 ton por ton de producto terminado, la cantidad de leche disponible en la fábrica diariamente es de 605 ton.

La vitamina D se le adiciona a ambas leches en una proporción de 84 y 70 kg por ton de producto terminado, siendo la disponibilidad de 49 000 kg diarios.

La fuerza de trabajo necesaria es de 373 y 400 horas hombres por ton de producto terminado y la disponibilidad en horas es de 280 000.

El consumo de petróleo es de 10 litros/ton de producto terminado en ambos casos, su disponibilidad es de 6 500 litros diarios.

El producto terminado se vende al precio de 200 y 300 pesos la ton de condensada y evaporada respectivamente.

El problema consiste en encontrar el plan de producción de la empresa que maximice el valor del producto bruto.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Toneladas de leche condensada a producir.

x_2 : Toneladas de leche evaporada a producir.

ii) Sistema de restricciones

$$\frac{x_1}{500} + \frac{x_2}{750} \leq 1 \quad \text{Capacidad disponible de leche departamento A.}$$

$$\frac{x_1}{600} + \frac{x_2}{650} \leq 1 \quad \text{Capacidad disponible de leche departamento B.}$$

$$x_2 \leq 550 \quad \text{Capacidad disponible de leche evaporada en Dpto.C}$$

$$x_1 \leq 450 \quad \text{Capacidad disponible de leche condensada en Dpto.D}$$

$$1.1x_1 + x_2 \leq 605 \quad \text{Toneladas de leche fresca disponible.}$$

$$84x_1 + 70x_2 \leq 49000 \quad \text{Kilogramos disponible de Vitamina D}$$

$$373x_1 + 400x_2 \leq 280000 \quad \text{Horas - hombres disponibles.}$$

$$10x_1 + 10x_2 \leq 6500 \quad \text{Litros de petróleo disponibles.}$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{Dado } j = 1, 2.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 200x_1 + 300x_2$$

4- Una fábrica produce tres productos, para lo cual dispone de todos los factores productivos necesarios en cantidades que son evidentemente limitadas. Sin embargo, supondremos que sus condiciones de producción, sólo presentan restricciones en cuanto a la capacidad productiva de 3 máquinas que designaremos por M_1 , M_2 y M_3 .

Además de las restricciones señaladas, la empresa debe regirse a las limitaciones que le presenta el plan, de tal manera que en el 1er producto puede producir a lo más 80 unidades, mientras que en el 2^{do} y 3^{ro} productos debe producir lo menos 40 y 50 unidades respectivamente.

Los coeficientes tecnológicos y las capacidades productivas de los factores limitantes, aparecen en la siguiente tabla:

Máquinas	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Disponibilidad en horas
M1	1	4	3	360
M2	3	2	5	480
M3	1	4	2	320

Debe determinarse el plan de producción que optimice los ingresos de la fábrica, si los ingresos correspondientes a los productos 1, 2 y 3 son 10, 8 y 12 pesos respectivamente.

Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Unidades de producto 1 a producir.

x_2 : Unidades de producto 2 a producir.

x_3 : Unidades de producto 3 a producir.

ii) Sistema de restricciones

$$\begin{aligned}
 x_1 &\leq 80 \text{ Unidades de A producidas.} \\
 x_2 &\geq 40 \text{ Unidades de B producidas.} \\
 x_3 &\geq 50 \text{ Unidades de C producidas.} \\
 2x_1 + x_2 + x_3 &\leq 360 \text{ Horas disponibles en la máquina 1} \\
 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 &\leq 480 \text{ Horas disponibles en la máquina 2} \\
 x_1 + 4x_2 + 2x_3 &\leq 320 \text{ Horas disponibles en la máquina 3} \\
 x_j &\geq 0 \text{ Dado } j = 1, 2, 3.
 \end{aligned}$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 10x_1 + 8x_2 + 12x_3$$

5- Una industria desea determinar el programa óptimo para 3 mezclas distintas que han sido hechas con diferentes proporciones de maní, avellanas y nueces.

Las especificaciones de cada uno de ellos son: La mezcla I debe contener como mínimo 50% de maní y 25% de nueces cuando más; la libra de esta se vende a 0.50 centavos.

El segundo tipo debe contener el 25% de maní por lo menos y un 15% de nueces cuando más y se vende a 0.35 centavos la libra.

El tercer tipo no tiene especificaciones y se vende a 0.25 centavos la libra.

Sin embargo están restringidas a las cantidades de materias primas que puede conseguir el industrial. Los máximos por período son: 100 libras de maní, 100 de nueces y 60 de avellanas. Cada libra de maní cuesta \$0.65, la de nuez \$0.25 y \$0.35 la de avellana.

Se trata de determinar cuántas libras se deben preparar de cada mezcla de manera que se obtengan el máximo de utilidades posibles.

Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_{11}, x_{12}, x_{13} : Libras de maní a utilizar en la producción de las mezclas I, II, III.

x_{21}, x_{22}, x_{23} : Libras de avellanas a utilizar en la producción de las mezclas I, II, III.

x_{31}, x_{32}, x_{33} : Libras de nueces a utilizar en la producción de las mezclas I, II, III.

iii) Sistema de restricciones

$0.5(x_{11} + x_{21} + x_{31}) \leq x_{11}$ Por ciento de maní en la mezcla I

$0.25(x_{11} + x_{21} + x_{31}) \geq x_{31}$ Por ciento de nueces en la mezcla I

$0.25(x_{12} + x_{22} + x_{32}) \leq x_{12}$ Por ciento de maní en la mezcla II

$0.15(x_{12} + x_{22} + x_{32}) \geq x_{32}$ Por ciento de nueces en la mezcla II

$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 100$ Libras de maní disponibles.

$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 60$ Libras de avellanas disponibles.

$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 100$ Libras de nueces disponibles

$x_{ij} \geq 0$ Dado $i = 1, 2, 3$ $j = 1, 2, 3$

iii) Función Objetivo.

$$\begin{aligned} \text{Máx} = & 0.50(x_{11} + x_{21} + x_{31}) + 0.35(x_{12} + x_{22} + x_{32}) + 0.25(x_{13} + x_{23} + x_{33}) - 0.65(x_{11} + x_{12} + x_{13}) \\ & - 0.35(x_{21} + x_{22} + x_{23}) - 0.25(x_{31} + x_{32} + x_{33}) \end{aligned}$$

6- Una fábrica produce dos tipos de enchufes para la exportación: El tipo A y el tipo B.

El tipo A arroja una ganancia neta en divisas de 0.40 por enchufe. El tipo B es de 0.30.

Cada enchufe del tipo A requiere el triple de tiempo de máquina que de el tipo B y si sólo se fabrica el tipo B habría tiempo de máquina suficiente (por día) para hacer 1 000 enchufes diarios.

El abastecimiento de materias primas es suficiente sólo para 800 enchufes al día (A y B combinados).

El tipo A requiere un aislador especial de cerámica del cual sólo disponemos de 400 cada día y el B otro del cual se cuenta con sólo 700 diarios.

Realice el planteamiento matemático.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Unidades de enchufes a producir diariamente del tipo A.

x_2 : Unidades de enchufes a producir diariamente del tipo B.

ii) Sistema de restricciones

$3x_1 + x_2 \leq 1000$ Unidades de enchufes a producir diariamente.

$x_1 + x_2 \leq 800$ Abastecimiento disponible de materia prima.

$x_1 \leq 400$ Aislador de cerámica disponibles para los enchufes del tipo A.

$x_2 \leq 700$ Aislador de cerámica disponibles para los enchufes del tipo B.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 0.4x_1 + 0.3x_2$$

7- Un agricultor posee 100 hectáreas de terreno. Una parte del mismo se sembrará de patatas y otra de cereales y una tercera se dejará eventualmente sin plantar.

Se dispone de los siguientes datos:

Restricciones	Patatas	Cereales	Total
Costo del cultivo por hectárea	\$10.00	\$20.00	\$1100.00
Jornal/ha	1	4	160
Ganancia neta en pesos / ha	\$40.00	\$120.00	-

Plantee el modelo matemático que maximice la ganancia.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : ha de patatas a sembrar.

x_2 : ha de cereales a sembrar.

x_3 : ha de reserva.

ii) Sistema de restricciones

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 + x_3 &= 100 \text{ Héctareas de terreno disponibles.} \\10x_1 + 20x_2 &\leq 1100 \text{ Costo total de cultivo por hectárea.} \\x_1 + 4x_2 &\leq 160 \text{ Jornal total /ha.} \\x_j &\geq 0 \text{ Dado } j = 1, 2.\end{aligned}$$

iii) Función Objetivo

$$\text{máx} = 40x_1 + 50x_2$$

8- Se desea distribuir cierta cantidad de productos desde tres fábricas hacia cuatro clientes fundamentales. La capacidad instalada de producción en las fábricas es de 150, 80 y 40 toneladas respectivamente. Las demandas de los cuatro clientes es de 90, 70, 50 y 60 toneladas respectivamente y los costos de transportación por unidad de producto aparecen a continuación. Los costos de transportación desde la fábrica 1 son de \$ 7.21, 4.23, 5.31 y \$8.69. Los costos de transportación desde la fábrica 2 son de \$6.10, 3.45, 4.40 y 7.23.

Los costos de transportación desde la fábrica 3 son de \$8.30, 5.54, 6.35 y \$9.57.

Planteamiento del modelo

Nota: Este es el problema clásico de transporte.

i) Definición de las variables.

$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}$: Toneladas transportadas desde la fábrica 1 hasta los clientes.
 $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}$: Toneladas transportadas desde la fábrica 2 hasta los clientes.
 $x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}$: Toneladas transportadas desde la fábrica 3 hasta los clientes.

ii) Sistema de restricciones

$$\begin{aligned}x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} &= 150 \text{ Toneladas almacenadas en la fábrica \# 1} \\x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} &= 40 \text{ Toneladas almacenadas en la fábrica \# 2} \\x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} &= 80 \text{ Toneladas almacenadas en la fábrica \# 3} \\x_{11} + x_{21} + x_{31} &= 90 \text{ Toneladas demandadas por el cliente \# 1} \\x_{12} + x_{22} + x_{32} &= 70 \text{ Toneladas demandadas por el cliente \# 2} \\x_{13} + x_{23} + x_{33} &= 50 \text{ Toneladas demandadas por el cliente \# 3} \\x_{14} + x_{24} + x_{34} &= 60 \text{ Toneladas demandadas por el cliente \# 4} \\x_{ij} &\geq 0 \text{ Dado } i = 1, 2, 3. \quad j = 1, 2, 3, 4.\end{aligned}$$

iii) Función Objetivo

$$\begin{aligned}\text{Min } Z &= 7.21x_{11} + 4.23x_{12} + 5.31x_{13} + 8.69x_{14} + 6.10x_{21} + 3.45x_{22} + 4.40x_{23} + 7.23x_{24} \\&+ 8.30x_{31} + 5.54x_{32} + 6.35x_{33} + 9.57x_{34}\end{aligned}$$

9- La fábrica de Ampolletas de vidrio recibe como demanda para su plan operativo mensual (30 días de 8 horas) las siguientes cantidades del producto:

Ampulas de 5cc = 120000 unidades

Ampulas de 15 cc = 50000 unidades

Bacilos = 100000 unidades

Goteros = 50000 unidades

Frascos de 20 cc = 100000 unidades

No existen dificultades en cuanto a la tubería de vidrio a utilizar ya que las cantidades existentes están por encima de las necesidades posibles.

La fábrica cuenta con tres máquinas para producir ampulas y otras dos para bacilos, goteros y frascos.

Un horno de temple y un departamento de empaquetado.

Los coeficientes de productividad son los siguientes en unidades por minuto máquina.

Ampulas de 5cc - - - 60 unidades

Ampulas de 10cc - - - 45 unidades

Ampulas de 15cc - - - 40 unidades

Bacilos - - - 40 unidades

Goteros - - - 38 unidades

Frascos de 20cc - - - 52 unidades

La capacidad del horno es de 10 bandejas y el tiempo de permanencia de cada una es de una hora.

La bandeja puede contener 5 000 ampulas de 5 cc ó 2 500 ampulas de 10 cc ó 2 000 ampulas de 15 cc ó 1 500 bacilos ó 4 000 goteros ó 2 000 frascos de 20 cc ó las correspondientes combinaciones.

El departamento de empaquetado cuenta con 50 obreros.

En una hora de trabajo se pueden empaquetar 2 000 ampulas de 5 cc ó 1 200 ampulas de 10 cc 1000 ampulas de 15 cc ó 1 800 goteros ó 1 600 bacilos ó 2 000 frascos de 20 cc por cada obrero.

Los beneficios a obtener por cada 100 unidades son de \$1.25, 1.75, 2.00, 1.50, 1.50, 1.20 para las ampulas de 5 cc, 10 cc, 15 cc, bacilos, goteros y frascos de 20 cc respectivamente.

Maximizar los beneficios.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Unidades de ampulas de 5cc a producir.

x_2 : Unidades de ampulas de 10cc a producir.

x_3 : Unidades de ampulas de 15cc a producir.

x_4 : Unidades de bacilos a producir .

x_5 : Unidades de goteros a producir.

x_6 : Unidades de frascos de 20cc a producir.

iii) Sistema de restricciones

$$\frac{x_1}{60} + \frac{x_2}{45} + \frac{x_3}{40} \leq 43200$$

$$\frac{x_4}{40} + \frac{x_5}{38} + \frac{x_6}{52} \leq 28800$$

$$\frac{x_1}{5000} + \frac{x_2}{2500} + \frac{x_3}{2000} + \frac{x_4}{1500} + \frac{x_5}{4000} + \frac{x_6}{2000} \leq 2400$$

$$\frac{x_1}{2000} + \frac{x_2}{1200} + \frac{x_3}{1000} + \frac{x_4}{1800} + \frac{x_5}{1600} + \frac{x_6}{2000} \leq 12000$$

$$x_1 \leq 120000$$

$$x_2 \leq 250000$$

$$x_3 \leq 50000$$

$$x_4 \leq 100000$$

$$x_5 \leq 50000$$

$$x_6 \leq 100000$$

$$x_j \geq 0 \text{ Dado } j = 1, \dots, 6.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 0.0125x_1 + 0.0175x_2 + 0.02x_3 + 0.015x_4 + 0.015x_5$$

Nota: Identifique cada una de las restricciones.

10- Se hace un pedido a una papelería de 800 rollos de papel de 30 pulgadas de ancho, 500 rollos de 45 pulgadas de ancho y 1 000 de 56 pulgadas de ancho.

Si la papelería tiene rollos de 108 pulgadas de ancho. ¿Cómo deben cortarse los rollos para surtir el pedido con el mínimo de desperdicios de papel?

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

Nota: Es este un problema de corte (son necesarias las combinaciones de corte)

Combinaciones posibles

Desperdicios

$x_1 :$	$3(30)$	$= 90$	18 pulg.
$x_2 :$	$2(45)$	$= 90$	18 pulg.
$x_3 :$	$2(30) + 1(45)$	$= 105$	3 pulg.
$x_4 :$	$1(45) + 1(56)$	$= 101$	7 pulg.
$x_5 :$	$1(30) + 1(56)$	$= 86$	22 pulg.

ii) Sistema de restricciones

$3x_1 + 2x_3 + x_5 = 800$	Rollos de papel disponibles de 30 pulgadas de ancho.
$2x_2 + x_3 + x_4 = 500$	Rollos de papel disponibles de 45 pulgadas de ancho.
$x_4 + x_5 = 1000$	Rollos de papel disponibles de 56 pulgadas de ancho.

iii) Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 18x_1 + 18x_2 + 3x_3 + 7x_4 + 22x_5$$

11- La sección avícola de la empresa agropecuaria de Las Tunas necesita conocer para sus planes futuros de producción de aves al más bajo costo posible el tipo de pienso o alimento balanceado que deberá dar a su ganado avícola.

La sub-sección de estudios dietéticos informa que en los actuales momentos los productos que pueden conseguirse para la elaboración del pienso son los siguientes: Cáscara de arroz, maíz, harina de pescado, harina de soya y cebada.

La propia sección dietética informa que cualquier combinación de alimentación deberá contener un 22% de proteína y un 16% de grasas, estas cantidades serán las mínimas que permiten garantizar un adecuado crecimiento de las aves. A continuación se detallan los porcentajes que contienen de proteína y grasa cada uno de los productos enumerados, así como el costo por quintal de cada uno:

El departamento económico de la empresa solicita su cooperación brindando la anterior información. A fin de que usted le asesore la mejor combinación, completando los requerimientos mínimos que se planteen permita el menor costo posible.

Producto	Proteína	grasa	Costo/quintal
Cáscara de arroz	25%	10%	2.40
Maíz	18%	20%	2.80
Harina de Pescado	40%	5%	3.60
Harina de soya	30%	40%	4.40
Cebada	26%	32%	4.00

Planteamiento del modelo (Problema de dieta)

i) Definición de las variables

- x_1 : % de cáscara de arroz que debe contener el alimento.
 x_2 : % de maíz que debe contener el alimento.
 x_3 : % de harina de pescado que debe contener el alimento.
 x_4 : % de harina de soya que debe contener el alimento.
 x_5 : % de cebada que debe contener el alimento.

ii) Sistema de restricciones

$0.25x_1 + 0.18x_2 + 0.40x_3 + 0.30x_4 + 0.26x_5 \geq 0.22$ Por ciento de proteína en el alimento.

$0.10x_1 + 0.20x_2 + 0.05x_3 + 0.40x_4 + 0.32x_5 \geq 0.16$ Por ciento de grasas en el alimento.

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$ Frecuencia total

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, \dots, 5$

iii) Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 2.4x_1 + 2.8x_2 + 3.6x_3 + 4.4x_4 + 4x_5$$

12- En la granja avícola hay en cierto momento 1 000 gallinas y 3 200 huevos. Durante un período cualquiera una gallina puede ser dedicada a empollar 4 huevos o poner 6 huevos.

El administrador de la granja desea usar las gallinas y los huevos durante un sólo período y venderlos todos al final del período.

Si los huevos se venden a 0.06 y las gallinas a 0.85. ¿Cómo podría emplear las gallinas en el período para maximizar su ingreso?

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Gallinas ha empollar.

x_2 : Gallinas a poner.

ii) Sistema de restricciones

$x_1 + x_2 = 1000$ Total de gallinas disponibles.

$4x_1 \leq 3200$ Total de huevos disponibles.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 0.85x_1 + 0.85x_2 + (0.85)(4x_1) + (0.06)(3200 - 4x_1) + (0.06)(6x_2)$$

13- Supongamos que se cuenta con dos alimentos, pan y queso, cada uno de ellos contiene calorías y proteínas en diversas proporciones:

- Un Kg. de pan contiene 2 000 calorías y 50 grs. de proteínas.
- Un Kg. de queso contiene 4 000 calorías y 200 grs. de proteína.

Supongamos que una dieta normal requiere cuando menos 6 000 calorías y 200 grs. de proteína diariamente.

Por lo tanto si el Kg. de pan cuesta 0.06 cts y 0.21 el queso. ¿Qué cantidades de pan y queso debemos comprar para satisfacer los requerimientos de la dieta normal, gastando la menos cantidad de dinero?

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Unidades de pan a comprar.

x_2 : Unidades de queso a comprar.

ii) Sistema de restricciones

$2000x_1 + 4000x_2 \geq 6000$ Calorías disponible en el pan y el queso.

$50x_1 + 200x_2 \geq 200$ Proteínas disponibles en el pan y en el queso.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 0.06x_1 + 0.21x_2$$

14- La empresa de transporte dispone de \$400 000.00 para la compra de nuevos equipos, y está considerando tres tipos de vehículos.

El vehículo A puede transportar 10 ton y se espera que promedie 35 millas por hora, su costo es de \$8 000.00.

El vehículo B tiene una capacidad de 20 ton y se espera que promedie 30 millas por hora, su costo es de \$13 000.00.

El vehículo C es un modelo modificado del B, tiene su sitio para que duerma el chofer, lo cual reduce su capacidad a 18 ton y eleva su costo a \$15 000.00.

El vehículo A requiere una tripulación de un hombre por turno y si se opera durante dos turnos por día puede trabajar un promedio de 18 horas por día.

Los vehículos B y C requieren una tripulación de 2 hombres por turno c/uno, pero mientras que B puede trabajar 18 horas por día en dos turnos, C puede promediar a 21 horas diarias en dos turnos.

La empresa dispone de 150 chóferes al día y tendrá muchas dificultades para obtener tripulaciones adicionales. Las facilidades de mantenimiento son tales que el número total de vehículos no puede exceder de 30.

La empresa quiere que usted la asesore en el planteamiento del problema que resuelva ¿Cuántos vehículos de cada tipo deberán comprarse, si se desea hacer máxima su capacidad por día?

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Cantidad de vehículos del tipo A a comprarse.

x_2 : Cantidad de vehículos del tipo B a comprarse.

x_3 : Cantidad de vehículos del tipo C a comprarse.

ii) Sistema de restricciones

$8000x_1 + 13000x_2 + 15000x_3 \leq 400000$ Pesos disponibles para la compra.

$2x_1 + 4x_2 + 4x_3 \leq 150$ Cantidad de chóferes disponibles.

$x_1 + x_2 + x_3 \leq 30$ Disponibilidad de vehículos.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2, 3$.

Tipo de vehículo	T	Millas	h/días
A	10	35	18
B	20	30	18
C	18	30	21

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = (10)(35)(18)x_1 + (20)(30)(18)x_2 + (18)(30)(21)x_3$$

15- Cierta animal debe consumir diariamente cuando menos:

0.4 kgs de componente A

0.6kgs de componente B

2 kgs de componente C

1.7 kgs de componente D

El alimento M cuesta \$10.00 el kg y el alimento N cuesta \$4.00 el kg.

¿Qué cantidad de alimento M y N se debe utilizar diariamente por cabeza de ganado para realizar la alimentación adecuada y menos costosa?

Las componentes por kg están dadas en la tabla que sigue, además se han agregado en la tabla las cantidades previstas a ingerir diariamente por cada animal.

	M	N	Cant. Prevista
A	0.1	0	0.4
B	0	0.1	0.6
C	0.1	0.2	2
D	0.2	0.1	1.7

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Cantidad de alimento M a utilizar diariamente.

x_2 : Cantidad de alimento N a utilizar diariamente.

ii) Sistema de restricciones

$0.1x_1 \geq 0.4$ Kilogramos consumidos diariamente del componente A.

$0.1x_2 \geq 0.6$ Kilogramos consumidos diariamente del componente B.

$0.1x_1 + 0.2x_2 \geq 2$ Kilogramos consumidos diariamente del componente C.

$0.2x_1 + 0.1x_2 \geq 1.7$ Kilogramos consumidos diariamente del componente D.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 10x_1 + 4x_2$$

16- Una fábrica elabora dos tipos de cinto de piel, A y B. El cinto tipo A es de mejor calidad que el de tipo B. La utilidad del de tipo A es de \$0.40 y la del tipo B es de \$0.30. Cada cinto del tipo A requiere el doble de tiempo para su confección que los del tipo B, la fábrica podría elaborar 1000 cintos diarios.

La oferta de piel es suficiente solo para 800 cintos diarios combinando A y B.

Los cintos del tipo A requieren una hebilla especial de las cuáles sólo se pueden obtener 400 diarias y los cintos del tipo B requieren de una hebilla de las cuales se disponen 700.

Se desea maximizar la producción bruta.

Planteamiento del modelo

i) Definición de las variables

x_1 : Unidades de cintos a producir del tipo A.

x_2 : Unidades de cintos a producir del tipo B.

ii) Sistema de restricciones

$2x_1 + x_2 \leq 1000$ Capacidad de producción diaria .

$x_1 + x_2 \leq 800$ Capacidad de producción diaria por concepto de piel.

$x_1 \leq 400$ Unidades de hebillas especiales para los cintos tipo A.

$x_2 \leq 700$ Unidades de hebillas para los cintos del tipo B.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 0.40x_1 + 0.30x_2$$

2.1.6 Problemas propuestos

17- Un fabricante de muebles desea determinar cuántas mesas, sillas, escritorios, y libreros deberá fabricar con el objetivo de optimizar sus recursos disponibles. Su programa de ventas de acuerdo con pedidos anteriores implica la necesidad de producir al menos 40 mesas, 130 sillas y 30 escritorios y no más de 10 libreros. En estos productos se utilizan necesariamente dos tipos diferentes de madera contándose con

1500 pie^3 de madera del primer tipo y 250 pie^3 del segundo tipo. Respecto al primer tipo de madera cada artículo requiere de 5, 1, 9, 12 pie^3 de madera respectivamente. Con respecto al segundo tipo de madera, cada pie^3 de madera del tipo 2 permite producir dos mesas ó 3 sillas ó 4 escritorios ó un librero. Una mesa requiere 3 horas hombres para ser fabricada, una silla dos horas hombres, un escritorio 10 horas hombres y un librero 8 horas hombres.

Para realizar el trabajo total se cuenta con 800 horas hombres disponibles.

El fabricante obtiene una utilidad de \$12 por mesa, \$5 por silla y \$15 por escritorio y \$10 por librero.

17.1 Plantee el modelo de tal forma que se maximice la ganancia.

18- La empresa de confecciones textiles se dedica a producir dos productos fundamentales para el consumo social, para la producción de estos productos la fábrica dispone del consumo de tres materias primas fundamentales. Por cada unidad producida del producto 1 se consumen 3m^3 , 6m^3 y 9m^3 de materia prima respectivamente, por cada m^3 de materia prima del tipo 1 se elabora cuatro unidades del producto 2. Por cada unidad producida del producto 2 se necesitan 0.25m^3 , 2m^3 y 5m^3 de materia prima respectivamente.

Para la elaboración de los productos la Entidad cuenta con 1000m^3 , 2500m^3 y 2000m^3 de telas respectivamente. La capacidad de almacenaje de los productos 1 y 2 es de 100t y 300t respectivamente. Para la elaboración de dichos productos se cuenta con 1200 horas hombres y por cada hora hombre se fabrican 40 unidades del producto A y 60 unidades del producto B. La producción del producto A se espera que constituya el 60% de la producción de B. Se espera obtener una utilidad de \$10.00 por cada unidad del producto A y

\$ 15.00 por cada unidad del producto B.

18.1 Plantee el modelo de tal forma que se maximice la ganancia.

19- El poligráfico de Las Tunas se dedica a la producción de libretas y de libros para los ministerios de Educación y el de educación superior, para la conformación de estos productos depende fundamentalmente de dos materias primas fundamentales. Se espera de acuerdo al comportamiento de la demanda de los dos últimos años que la producción de libretas para los dos ministerios sea a lo sumo 1000000 y 750000 respectivamente. La entidad cuenta con un almacén el cuál tiene capacidad para almacenar 100000 libretas y 300000 libros. Se cuenta con una tonelada de la materia prima A y con 2 toneladas de la materia B, para producir una unidad de libreta con destino a Educación superior se insumen 0.05 t de materia prima A y 0.10 para producir un libro, para el ministerio de educación cada libreta producida necesita 0.03t y cada libro 0.07 de materia prima A. Por cada libreta y libro para educación superior se insumen 0.02t y 0.05t de materia prima B respectivamente.

Por cada unidad producida de libreta y libro para el Ministerio de Educación se necesitan 0.04t y 0.03t respectivamente. Se cuenta con 500 horas hombres para la

producción de libros y 800 horas hombres para la producción de libretas. Por cada hora hombre se elaboran 100libretas para educación superior y 200 para Educación. Por cada hora hombre se elaboran 50 libros para educación superior y 250 para Educación. Se obtendrán utilidades por valor de \$12 por unidad de libreta y \$15.00 por unidad de libros.

19.1 Plantee el modelo de tal forma que se maximice la ganancia.

20- El combinado Lácteo de Puerto Padre se dedica a la elaboración de leche fresca y Yogurt, para la elaboración de los mismos se necesitan dos tipos de materia prima: Nacional e importada. Se cuenta con un total de 100000 libras de materia prima nacional y 300000 libras de materia prima importada, por cada unidad de leche fresca se necesitan 1.5 libras de materia prima nacional y 0.4 libras de materia prima importada, por cada unidad de yogurt se necesitan 0.7 libras de materia prima nacional y 1.2 libras de materia prima importada. Se espera de acuerdo a la demanda del municipio que se produzcan 20000 litros de leche y 12000 litros de yogurt. Este proceso industrial pasa por dos máquinas por lo que la cantidad de horas máquinas previstas para A es de 400 horas y para la B 600horas , por cada litro de leche producido se insumen 0.05 horas en la máquina A y 0.12 horas en la máquina B . Por cada horas en la maquina A y B se procesan 25 litros y 30 litros de yogurt respectivamente. Se espera que los costos para la entidad sean por cada unidad producida de leche de \$ 0.15 y de yogurt \$0.75.

20.1 Plantee el modelo de tal forma que se minimice el costo.

21-Considerando que la empresa “Pedro Valdés” dedicada a la producción de confecciones femeninas.

Plantee las restricciones del modelo lineal que permita elaborar el plan de producción de forma tal que se maximice la ganancia, teniendo en cuenta las siguientes restricciones:

- i) Se cuenta con una disponibilidad máxima de 10 000m de tela y cada metro de tela permite elaborar 1.5 blusas de mujer ó 1.2 sayas de mujer ó 2 blusas de niñas ó 0.8 pantalones ó 1.3 overoles.
- ii) Por razones organizativas la empresa elabora 2 blusas de niña por cada blusa de mujer.
- iii) La demanda de los overoles es a lo sumo 1 500, mientras que de las demás confecciones el mercado absorbe todas las que se produzcan.
- iv) La ganancia por cada blusa de mujer es de \$10.00, por cada saya de mujer \$12.00, por cada saya de mujer \$ 15.00, por cada pantalones \$25.00 y por cada overol \$20.00.

21.1 Plantee el modelo de tal forma que se maximice la ganancia.

22- Considere que el establecimiento X perteneciente a la unión de empresas del MINAL desea establecer su plan de producción de forma tal que se minimicen los costos.

Además se debe tener en cuenta las siguientes limitaciones, por lo que a usted se le pide plantear las restricciones que permitan lograr el objetivo trazado por el establecimiento.

- i) Debe utilizar su fuerza de trabajo en un mínimo de 1 420 horas hombres y cada hora

hombre permite elaborar 10 latas de compotas ó 8 latas de conserva de vegetales ó 10 latas de puré de tomate ó 6 latas de frutas en conserva.

ii) Cuenta con un almacén en el que pueden almacenarse 1 000 latas de compota ó 500 latas de conserva de vegetales ó 100 latas de puré de tomate ó 500 latas de frutas en conserva o las correspondientes combinaciones.

iii) Las demandas para las compotas y el puré de tomate debe ser satisfecha en un mínimo de 10 000 y 20 000 latas respectivamente.

iv) Por cada lata de conserva de vegetales debe producir 3 latas de frutas en conserva.

v) Por cada compota el costo de producción es de \$0.10, por cada lata de conserva de vegetales es de \$0.15, por cada lata de puré de tomate es de \$0.30 y por cada conserva de frutas \$0.25.

22.1 Plantee el modelo de tal forma que se minimice el costo.

23- Una fábrica de autos y camiones consta de los departamentos siguientes:

I- Armado de motores.

II- Estampado de planchas metálicas.

III- Montaje de autos.

IV- Montaje de camiones.

El Dpto. I puede armar 33 300 motores de autos ó 17 600 motores de camiones o las correspondientes combinaciones de motores entre ambos vehículos siempre y cuando no se excedan la capacidad.

El Dpto. II puede estampar 25 000 planchas de autos ó 30 000 planchas de camiones o las correspondientes combinaciones entre ellas.

El Dpto. III puede montar hasta 22 500 autos y el Dpto. IV hasta 15 000 camiones.

Cada auto deja una utilidad de \$300.00 y cada camión de \$250.00.

¿Qué cantidad de autos y camiones deben producirse para obtener el máximo de utilidades?

24.- Una fábrica dedicada a la producción de los artículos A, B, C y D desea establecer su plan de producción para el próximo semestre.

Estos artículos son procesados por dos departamentos. En el Dpto. I se dispone de una capacidad mínima de 1000 horas y en una hora se pueden procesar 3 unidades de A ó 3.5 de B ó 5 de C ó 4.5 de D o las combinaciones correspondientes.

La disponibilidad máxima en el Dpto. II es de 500 horas y cada artículo insume 20, 30, 45 y 50 minutos respectivamente.

La demanda del artículo A debe ser satisfecha en un mínimo de 10 000 unidades y si la producción nacional no alcanza se puede cubrir con importaciones, lo que representa un gasto de \$20.00 por unidad.

Los costos por unidad son los siguientes:

Artículos	Costo
A	\$ 5.00
B	4.50
C	3.50
D	7.00

La fábrica cuenta con un almacén en el cual pueden almacenarse 30 000 unidades de A ó 20 000 de B ó 40 000 de C ó 70 000 de D o las correspondientes combinaciones.

Se pide plantear el modelo lineal que minimice los costos.

25-De acuerdo a las características que posee la empresa “Mártires de Barbados”, dedicada a la producción de artículos varios, defina las variables del modelo lineal que permita elaborar el plan de producción. La empresa elabora 4 artículos denominados A, B, C y D respectivamente, tanto para la producción nacional como para la exportación. Los productos A y B se elaboran en dos de los establecimientos con rendimientos diferentes y los productos C y D se elaboran solo en un establecimiento.

26-La fábrica Hermanos Almeijeiras produce 3 tipos de productos A, B y C con el objetivo de satisfacer la demanda de la población, así como las necesidades del comercio exterior (CE).

El producto A puede ser producido en 2 equipos cuyas productividades son distintas. El costo por unidad para el producto A elaborado en el equipo I es de \$3.50, pero cuando este se produce en el equipo II su costo se incrementa en un 5%. Su producción solo es destinada para satisfacer la demanda de la población a un precio de \$100.00 por lotes de 100 unidades.

El producto B es producido con dos materias primas diferentes. El producto B que es producido con materia prima I tiene un costo por unidad de \$2.75 y el producido con materia prima II tiene un costo de \$3.00. Esta producción puede ser destinada tanto para satisfacer las necesidades de la población como para el CE a un precio por unidad de \$12.00 y \$14.00 respectivamente.

La producción de C puede ser destinada tanto para satisfacer la demanda de la población como para el CE a un precio por unidad de \$14.00 y \$16.00 respectivamente. Su costo de producción es de \$5.00 por unidad. Se pide:

- 1) Definir las variables de decisión.
- 2) Definir la función objetivo que permita maximizar la ganancia.

27- La empresa productora de artículos para el hogar elabora 3 tipos de artículos A, B y C, los cuales pueden ser elaborados con materia prima nacional o importada.

Para los artículos elaborados con materia prima nacional se dispone de un máximo de 4000 kg y cada artículo insume 5, 8 y 6 kg respectivamente. Se tiene una disponibilidad máxima de materia prima de importación de 2 800 kg y con 1 kg pueden elaborarse 2

unidades del artículo A ó 4 del B ó 5 del C o las correspondientes combinaciones.

La demanda del artículo A debe ser satisfecha en al menos 358 artículos y por cada unidad producida del artículo B deben elaborarse 10 del A.

Existe un único almacén que puede almacenar hasta 600 unidades de A ó 500 de B ó 400 de C o las correspondientes combinaciones.

Plantee el modelo matemático que maximice el nivel de producción.

28- El director de la fábrica D desea determinar cuál debe ser su plan de producción óptimo diario, mediante un modelo matemático, contando para ello con la siguiente información:

- La fábrica procesa 3 variedades de conserva que denomina A, B y C, siendo parte de la última destinada a la exportación y otra parte al consumo nacional.
- La materia prima principal es el Jurel, del que se dispone diariamente de 8 ton, conociéndose según las normas técnicas que cada lata de conserva A debe contener 4 kg, cada lata de conserva B 5kg y cada lata de conserva C 7 kg.
- Para llenar las latas se tienen dos máquinas que laboran dos turnos de 8 horas cada una, pudiendo cada máquina llenar 90 latas en una hora sin importar la variedad que sea.
- En caso de producir la variedad C ha de ser en cantidades no mayores al millar de latas ni inferiores a las 450 latas.
- Para equilibrar el plan de producción es necesario garantizar que por lata de la variedad C que se produzca para la exportación se deben producir 4 latas para el consumo nacional.
- Los costos y el precio de cada lata, según la variedad y el destino se ofrecen en la siguiente tabla:

Variedad	Precio de venta por lata (\$)	Costo por lata (\$)
A	0.90	0.40
B	0.80	0.55
C Nac.	1.10	0.70
D exp.	1.30	0.70

Plantee el modelo matemático que maximice las utilidades.

29- La empresa procesadora de frutas Habana, elabora pulpa de piña, mango y plátano con el objetivo de satisfacer la demanda de la población y el COMEX.

La materia prima (frutas) no solo es adquirida a Acopio sino también mediante compras a los pequeños agricultores, siendo notablemente diferentes los precios de adquisición según fuente.

Para el presente año debe considerarse que el plátano y el mango suministrado por Acopio serán comprados a un precio de \$100.00 y \$200.00, la ton de fruta correspondiente, mientras que cuando son compradas a los pequeños agricultores

éstos se incrementan en un 50%.

La piña solo será comprada a Acopio a un precio de \$300.00 la tonelada.

A continuación se muestran los precios a los que la empresa comercializa su producción:

Producto	Comercio Minorista (\$/kg)	Comercio Exterior (\$/kg)
Pulpa de plátano	0.25	-
Pulpa de mango	0.30	0.80
Pulpa de piña	0.45	1.50

Nota: Considere despreciable el costo de procesamiento y que 1 kg de fruta=1 kg de pulpa.

Defina las variables de decisión y la función objetivo que maximice las utilidades.

30-El taller H-3 perteneciente a la industria básica se dedica a la producción de 4 tipos de piezas de repuesto que denotaremos I, II, III y IV y se desea programar sus producciones mensuales de forma tal que minimice sus costos teniendo en cuenta las siguientes limitaciones:

El proceso productivo de piezas está sujeto a tres operaciones en los departamentos de Fresado, Taladrado y Ensamblado. A continuación se muestran los tiempos de operación de cada pieza así como la capacidad productiva en horas de los Dpto.

Dptos	I	II	III	IV	Cap. en horas del Dpto.
Fresado	6	5	6.5	7	300
Taladrado	4	3.5	3.5	5	320
Ensamblaje	7	7.8	8	7.5	330

Las piezas III y IV deben ser recubierta por un compuesto químico de protección cuyo insumo por pieza es de 0.04 y 0.03 litros respectivamente. Este compuesto químico se obtiene a partir de 2 materias primas restrictivas denotadas MP-1 y MP-2. Los insumos de MP-1 y MP-2 por litro de producto químico se muestran en la tabla siguiente:

	MP- 1	MP-2
Para la pieza III	0.65	0.35
Para la pieza IV	0.60	0.40

Las disponibilidades son de 9 y 11 litros de MP-1 y MP-2 respectivamente.

De la pieza I deben elaborarse como mínimo 25 y de la pieza II como máximo 30.

El taller cuenta con un almacén para almacenar la producción de las piezas, que permite almacenar 50 piezas I ó 100 piezas II ó 40 piezas III ó 25 piezas IV o las correspondientes combinaciones.

Los costos por pieza de cada tipo son: \$1.80 para la pieza I; \$2.50 para la pieza II; \$1.68 para la III y \$1.75 para la IV.

30.1 Se pide construir el modelo lineal.

31- La Corporación Súchel. S.A está planeando su programa de producción para fin de año: en particular, quiere saber cuántos juguetes "clásicos" y cuántos "de moda" debe producir. Un clásico lleva 10 horas de tiempo de moldeo más 6 horas de tiempo de máquina, mientras que uno de moda ocupa 5 horas de tiempo de moldeo y 7 horas de maquinado. La contribución de un clásico es de \$8.00 y la de uno de moda es de \$6.00. Con 40 horas de tiempo de moldeo y 32 horas de tiempo de máquina disponibles, ¿cuántos clásicos y cuántos de moda deben fabricar para maximizar la contribución total?

32- El ICRT está planeando una campaña de anuncios con un presupuesto de \$2 500.00. Está considerando dos medios: anuncios de 100.00 en el radio o comerciales de \$200.00 en televisión. Cada anuncio en el radio llega a una audiencia de 12 000 personas; cada comercial en televisión lo ven 20 000 personas. El ICRT quiere maximizar la audiencia total, pero también está preocupada por dos grupos específicos dentro de esa audiencia: mujeres entre 21 y 35 años y hombres mayores de 40. Quiere llegar por lo menos a 10 000 de estas mujeres y 800 de los hombres. Los medios de difusión han proporcionado los siguientes datos:

	Divulgación por anuncio	
	Mujeres (21-35)	Hombres (más de 40)
Radio	2 000	1 500
TV	4 000	5 000

¿Cómo debe el ICRT gastar el presupuesto de la campaña?

33- Un fabricante de camisas está tratando de decidir cuántas camisas debe producir durante el mes próximo. Pueden hacerse siete estilos. Los estilos varían en las horas de mano de obra que requieren, en la contribución en la ganancia y en las ventas potenciales que el departamento de comercialización estima. Los datos se dan en la siguiente tabla:

Estilo	Horas-Hombre	Ventas Máximas	Contribución
1	0.5	3 000	\$1.00
2	1.0	1 000	2.00
3	0.25	5 000	1.00
4	1.5	2 000	1.50
5	0.7	1 500	1.25
6	0.9	1 500	1.10
7	1.2	1 600	1.20

Se dispone de un total de 7 500 horas de mano de obra.

El fabricante pretende maximizar la contribución total en la ganancia.

34- La empresa de productos alimenticios de Las Tunas se dedica a la producción de tres tipos de dulces diferentes, para la realización de los mismos se necesitan tres ingredientes y estos se hacen en diferentes proporciones. Los ingredientes son: Harina, Azúcar y chocolate. Se cuenta con 1200 kgs de Harina, 1500 kgs de Azúcar y 600 kgs de chocolate para la elaboración diaria de los distintos dulces. El dulce 1 está constituido por un 30% de chocolate, El dulce 2 tiene un 40% de harina y el dulce 3 tiene un 35% de azúcar. Se desea minimizar los costos de cada uno de estos ingredientes, el costo por cada unidad de ingrediente comprada para los distintos tipos de dulces es el siguiente: el costo de la harina es de \$0.23, 0.32, 0.45 respectivamente, el del azúcar \$ 0.15, 0.18 ,0.21 y el del chocolate \$0.45, 0.60 y 0.52.

34.1 Modele el problema de programación lineal.

35- La empresa de gastronomía del municipio Jesús Menéndez se dedica a la producción de productos alimenticios, para ello espera producir tres tipos de mantecados diferentes de acuerdo a distintos tamaños, Estos reelaboran con azúcar, harina y un saborizante. La entidad cuenta 1200 libras de saborizante, 5000 libras de harina y 2700 libras de azúcar. El mantecado tipo 1 cuenta con un 12% de saborizante, el mantecado 2 cuenta con un 40% de harina y el mantecado 3 cuenta con 35% de azúcar. Los costos por unidad de ingredientes son los siguientes: por cada libra de saborizante se gastan \$0.12, 0.17 y 0.32 respectivamente, cada libra de azúcar tiene un costo de \$0.30 ,0.35 y 0.41 respectivamente, la libra harina es comprada por valor \$ 0.70, 0.68 y 0.82.

36.1 Modele el problema de programación lineal.

36- La industria pesquera del municipio de Colombia elabora tres tipos de enlatado de sardinas para la exportación los ingredientes son puré de tomate. Aceite de soya y sardinas. Se procesan diariamente 5 toneladas de puré y 12 toneladas de sardinas y se tiene disponible 4 toneladas de aceite. La fábrica espera producir 10000 unidades de enlatado 1, 20000 unidades de enlatado 2, y 45000 de enlatado 3. En enlatado 1 tiene un 25% de puré, el enlatado 2 un 30% de aceite y el enlatado 3 un 60% de sardinas. Los costos de cada uno de los ingredientes por unidad es el siguiente:

Cada tonelada de sardina cuesta \$250 ,300 y 320 respectivamente; cada tonelada de puré tiene un valor de \$120, 150 y 270.

El aceite cuesta a tonelada \$125, 214 y 250 respectivamente.

36.1 Modele el problema de programación lineal.

2.2 Solución gráfica a los problemas de programación Lineal

Para la solución gráfica partiremos de la solución gráfica del sistema de inecuaciones formado por (1,2) y (1,3); una vez hallada la región que constituye la solución del sistema puede ver que la región esta constituida por infinitos puntos y que es una región convexa, es decir que no tiene huecos y por tanto todos sus puntos extremos están en los bordes exteriores de la región.

El resultado más importante de la programación lineal estuvo en demostrar el que el valor de $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ que hace máxima o mínima el valor de la función objetivo que esta precisamente en uno de los puntos extremos de esa región.

¿Cómo hallar entonces la solución posible donde la función objetivo alcance el óptimo?

Una vía seria evaluar todos los puntos extremos en la función objetivo y escoger el que proporcione a Z un mayor valor si estoy buscando un máximo o el menor si estoy buscando un mínimo.

Todo método en busca de la solución de un problema de programación lineal tiene el mismo fundamento; pero unos son mejores que otros, y decimos que un método es mejor que otro si este nos permite movernos más rápido hacia la solución optima, por ejemplo: existe un método mejor que evaluar todos los puntos en z y es: como podemos para cualquier valor fijo de $z = c_1x_1 + c_2x_2$. Representa una recta es decir para cada valor de z obtendré una recta diferente pero cuya pendiente no depende de dicho valor; por tanto todos tienen la misma pendiente lo que significa que todos son paralelos. Si el problema es de máxima debemos encontrar la recta cuyo valor de z es mayor, bastaría con trazar una recta y ver en que sentido crece (z) y trasladar la recta en ese sentido y detenerse en el ultimo punto donde la recta tope la región de solución.

Si el problema fuera de mínimo tendría que determinar al trasladar a z en que sentido ella decrece y trasladarla en ese sentido hasta detenerme en el último punto donde la recta toque la región.

Hallar gráficamente la solución del siguiente problema de programación lineal.

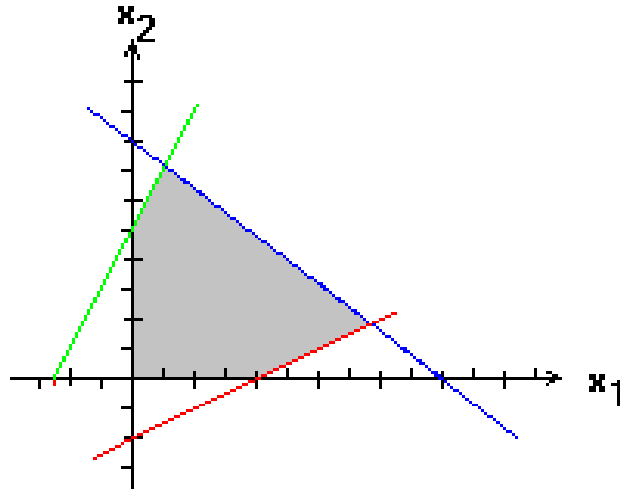
$$2x_1 + x_2 \leq 5$$

$$4x_1 + 5x_2 \leq 40$$

$$x_1 - 2x_2 \leq 4$$

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0$$

Paso 1: Encontrar la región de las soluciones posibles.



Paso2: Encontrar las coordenadas de los puntos extremos: Existen puntos cuyas coordenadas están explícitamente en el gráfico y son los puntos extremos que están sobre los ejes de coordenada en este caso:

(4,0) intercepto de la recta $x_2 = 0$ y $x_1 - 2x_2 = 4$

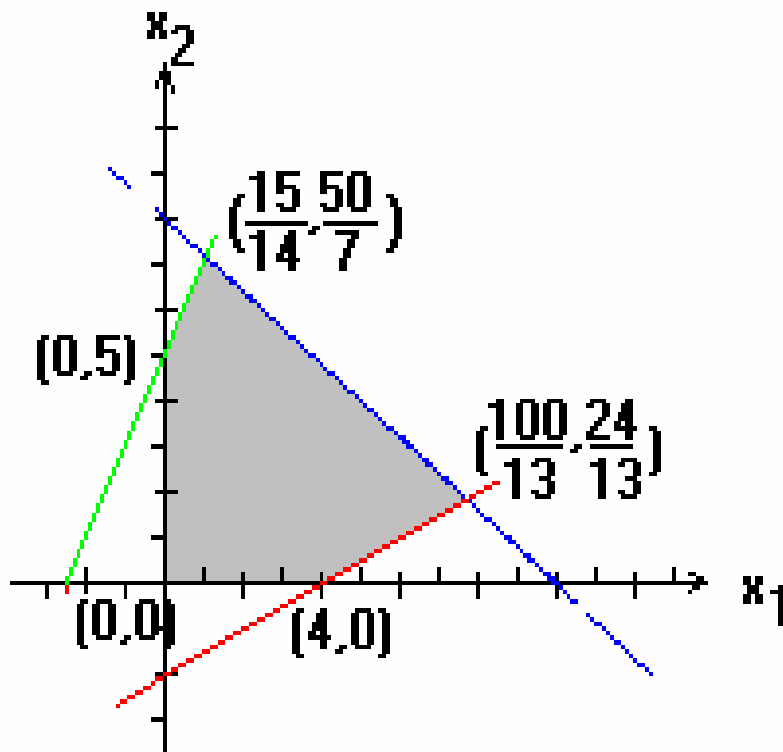
(0,0) intercepto de las rectas $x_1 = 0$ y $x_2 = 0$

(0,5) intercepto de las rectas $x_1 = 0$ y $-2x_1 + x_2 = 5$

Existen otros 2 puntos extremos cuyas coordenadas no se ven a simple vista, que son los que proporcionan el intercepto de las rectas $-2x_1 + x_2 = 5$ y $4x_1 + 5x_2 = 40$, así como el de las rectas $4x_1 + 5x_2 = 40$ y $x_1 - 2x_2 = 4$ como ya sabemos para hallar el punto de intersección de 2 rectas.

Resolvemos el sistema de ecuaciones formados por la solución de estos sistemas de ecuaciones lineales son $\left(\frac{15}{14}, \frac{50}{7}\right)$ y $\left(\frac{100}{7}, \frac{24}{7}\right)$ respectivamente:

Una vez determinados estos puntos señalamos sus coordenadas en el gráfico de la región antes representadas.



Paso 3: Dibujar una de las rectas y determinar en que sentido crece.

Para dibujar una recta damos un valor cualquiera a z , el que más nos guste o simplemente el que nos proporcione los intercepto más cómodos de localizar, por ejemplo, la recta en este caso es $Z = 2x_1 + x_2$. Los valores de z que nos proporcione los intercepto más cómodos son los múltiplo enteros de 2 y 1 tomemos -2 . La recta a trazar será $-2 = 2x_1 + x_2$.

Para determinar en que sentido crece nos movemos hacia la derecha y evaluamos. Si crece en ese sentido para un valor, crecerá siempre en ese sentido y si decrece para un valor decrecerá siempre en ese sentido, como evaluando para $(0,0)$ $z = 2*0+0=0$. Creció el valor de z lo que quiere decir, que si movemos la recta paralela a la que dibujamos, hacia su derecha el valor de z seguirá creciendo. Repitiendo esto continuamente el último punto donde la recta topa la región es en $\left(\frac{100}{14}, \frac{24}{14}\right)$, por tanto, este es el punto

donde la función objetivo alcanza su valor máximo, que será $z = 2 * \frac{100}{14} + \frac{24}{14} = 16$

Como pudiéramos comprobar para 3 variables la solución gráfica seria muy difícil de encontrar y en n dimensiones con $n > 3$ será imposible por tanto tendremos que acudir a otro procedimiento.

2.2.1 Ejercicios propuestos

37- Planteamiento del modelo

i) Sistemas de restricciones

$$x_1 + x_2 \geq 1$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$x_2 \leq 4$$

ii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 4x_1 + x_2$$

38. Planteamiento del modelo

i) Sistemas de restricciones

$$-x_1 + 3x_2 \leq 10$$

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1 - x_2 \leq 2$$

$$x_1 + 3x_2 \geq 6$$

ii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = x_1 + 3x_2$$

39- Planteamiento del modelo

i) Sistemas de restricciones

$$-2x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_1 \leq 3$$

$$x_1 + x_2 \leq 3$$

ii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 3x_1 + 2x_2$$

40-Planteamiento del modelo

i) Sistemas de restricciones

$$-2x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$x_1 \leq 4$$

ii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = x_1 + 2x_2$$

2.3 Teoría de la Dualidad (Conversión del primal al dual)

La dualidad en programación lineal, su concepto y significado. Tras formular el problema dual de un problema de programación lineal, se establece la relación matemática entre ambos. Se emplean diversos ejemplos para ilustrar el importante concepto de la dualidad. Dado un problema de programación lineal, denominado problema primal, existe otro problema de programación lineal, denominado problema dual, íntimamente relacionado con el. Se dice que ambos problemas son mutuamente duales. Bajo ciertas hipótesis, los problemas primal y dual dan lugar al mismo valor óptimo de la función objetivo, y por tanto se puede resolver indirectamente el problema primal resolviendo el problema dual. Esto puede suponer una ventaja computacional relevante.

Definición 4.5 (problema dual). Dado el problema de programación lineal

Minimizar

$$Z = \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

Sujeto a

$$\mathbf{Ax} \geq \mathbf{b}$$

$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$ su problema dual es maximizar

$$Z = \mathbf{b}^T \mathbf{y}$$

Sujeto a

$$\mathbf{A}^T \mathbf{y} \leq \mathbf{c}$$

$$\mathbf{y} \geq \mathbf{0}$$

Donde $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_m)^T$ se denominan variables duales.

Se denomina al primer problema primal, y al segundo, su dual. Obsérvese que los mismos elementos (la matriz \mathbf{A} , y los vectores \mathbf{b} y \mathbf{c}) configuran ambos problemas. El problema primal no se ha escrito en forma estándar, sino en una forma que nos permite apreciar la simetría entre ambos problemas, y mostrar así que el dual del dual es el primal.

Nota: La dualidad es una relación simétrica, esto es, si el problema D es el dual del problema P, entonces P es el dual de D. Para comprobar lo anterior, se escribe el problema dual anterior como un problema de minimización con restricciones de la forma \geq . Minimizar.

$$Z = \mathbf{b}^T \mathbf{y}$$

Sujeto a

$$\mathbf{A}^T \mathbf{y} \geq \mathbf{c}$$

$$\mathbf{y} \geq \mathbf{0}$$

Entonces, su dual es maximizar

$$Z = \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

Sujeto a

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$$

$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

Que es equivalente al problema primal original.

Nota: Como puede observarse, cada restricción del problema primal tiene asociada una variable del problema dual; los cocientes de la función objetivo del problema primal son los términos independientes de las restricciones del problema dual y viceversa; y la matriz de restricciones del problema dual es la transpuesta de la matriz de restricciones del problema primal. Además, el problema primal es de minimización y el dual de maximización.

Obtención del problema dual

Un problema de programación lineal, tiene asociado un problema dual que puede formularse según las reglas siguientes:

Regla 1. Una restricción de igualdad en el primal (dual) hace que la correspondiente variable dual (primal) no esté restringida en signo.

Regla 2. Una restricción de desigualdad \geq (\leq) en el primal (dual) da lugar a una variable dual (primal) no negativa.

Regla 3. Una restricción de desigualdad \leq (\geq) en el primal (dual) da lugar a una variable dual (primal) no positiva.

Regla 4. Una variable no negativa primal (dual) da lugar a una restricción de desigualdad \leq (\geq) en el problema dual (primal).

Regla 5. Una variable primal (dual) no positiva da lugar a una restricción de desigualdad \geq (\leq) en el problema dual (primal).

Regla 6. Una variable no restringida en signo del problema primal (dual) da lugar a una restricción de igualdad en el dual (primal).

2.3.1 Ejemplo (problema dual).

El primal del problema de programación lineal minimizar

$$Z = x_1 + x_2 + x_3$$

Sujeto a:

$$2x_1 + x_2 \geq 3$$

$$x_1 + x_3 = 2$$

$$x_3 \geq 0$$

El dual es maximizar:

$$Z = 3y_1 + 2y_2$$

$$2y_1 + y_2 \leq 1$$

$$y_1 \leq 1$$

$$y_2 + y_3 \leq 1$$

Para obtenerlo se aplican las reglas anteriores de la forma siguiente:

Regla 1. Puesto que la segunda restricción del problema primal es de igualdad, la segunda variable dual y_2 no está restringida en signo.

Regla 2. Puesto que la primera restricción del problema primal es de desigualdad \geq , la primera variable dual y_1 es no negativa.

Regla 3. Puesto que la tercera variable primal x_3 está restringida en signo, la tercera restricción dual es de desigualdad \leq .

Regla 4. Puesto que las variables primales primera y segunda x_1 y x_2 no están Restringidas en signo, las restricciones duales primera y segunda son de igualdad.

Aplicando las mismas reglas, se puede obtener el problema primal del dual, lo que se muestra a continuación:

Regla 1. Dado que las restricciones primera y segunda del problema dual son de igualdad, las variables primales primera y segunda x_1 y x_2 no están restringidas en signo.

Regla 2. Dado que la tercera restricción del problema dual es de desigualdad \leq , la tercera variable primal x_3 es no negativa.

Regla 3. Dado que la primera variable dual y_1 está restringida en signo, la primera restricción primal es de desigualdad \geq .

Regla 4. Puesto que la segunda variable dual y_2 no está restringida en signo, la segunda restricción primal es de igualdad.

2.3.2 Ejercicios propuestos

Transforme del primal al dual y defina las variables del dual

41- Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Cantidad de cajas de caramelos a producirse del tipo A

x_2 : Cantidad de cajas de caramelos a producirse del tipo B

ii) Sistemas de restricciones

$x_1 + 2x_2 \leq 720$ Minutos disponibles en la actividad de mezclado.

$5x_1 + 4x_2 \leq 1800$ Minutos disponibles en la actividad de cocinado.

$3x_1 + x_2 \leq 900$ Minutos disponibles en la actividad de empaquetado.

$x_j \geq 0$ Dado $j = 1, 2$.

iii) Función Objetivo

$Máx Z = 40x_1 + 50x_2$

42- Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Unidades de sillas del tipo 1 a fabricar.

x_2 : Unidades de sillas del tipo 2 a fabricar.

x_3 : Unidades de sillas del tipo 3 a fabricar.

x_4 : Unidades de sillas del tipo 4 a fabricar.

iii) Sistemas de restricciones

$$4x_1 + 9x_2 + 7x_3 + 10x_4 \leq 6000 \text{ Pies}^2 \text{ de cedro disponibles.}$$

$$x_1 + x_2 + 3x_3 + 40x_4 \leq 4000 \text{ Pies}^2 \text{ de pleybox disponibles.}$$

$$x_j \geq 0 \text{ Dado } j = 1, 2, 3, 4.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 12x_1 + 20x_2 + 18x_3 + 40x_4$$

43- Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Cantidad de enchufes a producir del tipo A.

x_2 : Cantidad de enchufes a producir del tipo B.

ii) Sistemas de restricciones

$$3x_1 + x_2 \leq 1000 \text{ Unidades de enchufes a producir diariamente.}$$

$$x_1 + x_2 \leq 800 \text{ Abastecimiento disponible de materia prima.}$$

$$x_1 \leq 400 \text{ Aislador de cerámica disponibles para los enchufes del tipo A.}$$

$$x_2 \leq 700 \text{ Aislador de cerámica disponibles para los enchufes del tipo B.}$$

$$x_j \geq 0 \text{ Dado } j = 1, 2.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 0.4x_1 + 0.3x_2$$

44- Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Toneladas de leche condensadas a producir.

x_2 : Toneladas de leche evaporada a producir.

ii) Sistemas de restricciones

$$\frac{x_1}{500} + \frac{x_2}{750} \leq 1 \quad \text{Capacidad disponible de leche departamento A.}$$

$$\frac{x_1}{600} + \frac{x_2}{650} \leq 1 \quad \text{Capacidad disponible de leche departamento B.}$$

$$x_2 \leq 550 \quad \text{Capacidad disponible de leche evaporada en Dpto.C}$$

$$x_1 \leq 450 \quad \text{Capacidad disponible de leche condensada en Dpto.D}$$

$$1.1x_1 + x_2 \leq 605 \quad \text{Toneladas de leche fresca disponible.}$$

$$84x_1 + 70x_2 \leq 49000 \quad \text{Kilogramos disponible de Vitamina D}$$

$$373x_1 + 400x_2 \leq 280000 \quad \text{Horas - hombres disponibles.}$$

$$10x_1 + 10x_2 \leq 6500 \quad \text{Litros de petróleo disponibles.}$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{Dado } j = 1, 2.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Máx } Z = 200x_1 + 300x_2$$

45-Planteamiento del modelo

i) Definición de variables

x_1 : Cantidad de alimento M a utilizar diariamente.

x_2 : Cantidad de alimento N a utilizar diariamente.

ii) Sistemas de restricciones

$$0.1x_1 \geq 0.4 \quad \text{Kilogramos consumidos diariamente del componente A.}$$

$$0.1x_2 \geq 0.6 \quad \text{Kilogramos consumidos diariamente del componente B.}$$

$$0.1x_1 + 0.2x_2 \geq 2 \quad \text{Kilogramos consumidos diariamente del componente C.}$$

$$0.2x_1 + 0.1x_2 \geq 1.7 \quad \text{Kilogramos consumidos diariamente del componente D.}$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{Dado } j = 1, 2.$$

iii) Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 10x_1 + 4x_2$$

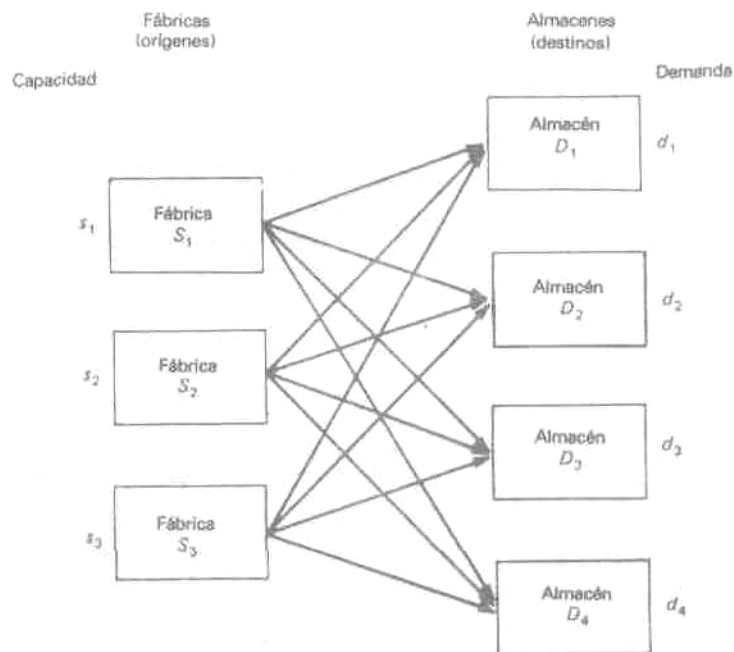
2.4 El problema de transporte

La programación lineal es un campo tan amplio que se extiende a subclases de problemas para los cuales existen métodos de solución especiales. Dos de estas subclases se conocen como problemas de transporte y problemas de asignación. Cualquiera de los métodos generales de solución de PL, como el método símplex o el algebraico, puede servir para resolver estos problemas. Pero se han desarrollado métodos más sencillos que aprovechan ciertas características de los problemas. Entonces, el método del transporte y el método de asignación son sólo técnicas especiales para resolver ciertos tipos de problemas de PL.

El transporte desempeña un papel importante en la economía y en las decisiones administrativas. Con frecuencia la disponibilidad de transporte económico es crítica para la sobrevivencia de una empresa.

Este capítulo no cubre todo el campo del transporte ya que es demasiado extenso. Más bien se hace hincapié en una clase especial de problemas de transporte y en cómo pueden resolverse. Después se verá que estos mismos métodos pueden usarse para resolver problemas que no tienen relación con el transporte.

FIGURA 10-1
Un problema de transporte



282

¿Qué significa problema de transporte? En la figura 10-1 se muestra una situación típica. Supóngase que un fabricante tiene tres plantas que producen el mismo producto. Estas plantas a su vez mandan el producto a cuatro almacenes. Cada planta tiene una capacidad limitada y cada almacén tiene una demanda máxima. Cada planta puede mandar productos a todos los almacenes, pero el costo de transporte varía con las diferentes combinaciones. El problema es determinar la cantidad que cada planta debe mandar a cada almacén con el fin de minimizar el costo total de transporte.

Los problemas de asignación en realidad son un caso especial del problema de transporte. Aquí sólo puede mandarse una unidad de cada origen a cada destino. En efecto, cada origen se "asigna" a un destino. Los problemas pequeños de este tipo pueden resolverse con sólo enumerando todas las posibilidades y escogiendo la menos costosa. En problemas más grandes puede utilizarse el método del transporte o el método de asignación, que todavía es más sencillo.

Ambos tienen amplias aplicaciones en los negocios debido a que, como se verá, tratan directamente con las tareas de organización del trabajo y la distribución de los bienes.

2.4.1 Características de un problema de transporte

La manera más fácil de reconocer un problema de transporte es por su naturaleza o estructura "de-hacia": de un origen hacia un destino, de una fuente hacia un usuario, del presente hacia el futuro, de aquí hacia allá. Al enfrentar este tipo de problemas, la intuición dice que debe haber una manera de obtener una solución. Se conocen las fuentes y los destinos, las capacidades y demandas y los costos de cada trayectoria. Debe haber una combinación óptima que minimice el costo (o maximice la ganancia). La dificultad estriba en el gran número de combinaciones posibles.

Puede formularse un problema de transporte como un problema de PL y aplicarse el método simplex. Si se hiciera, se encontraría que los problemas de transporte tienen características matemáticas únicas. Para visualizar esto, escríbanse las relaciones de PL para el ejemplo de la figura 10-1.

Representa x_{ij} la cantidad que se manda de la fábrica S_i al destino D_j . En forma análoga, C_{ij} es el costo de mandar una unidad de S_i hacia D_j .

El objetivo es minimizar los costos totales de transporte. La función objetivo de PL es, entonces, minimizar la suma de los costos de transporte para las 12 rutas. Las restricciones van de la capacidad limitada de cada planta a la demanda de cada almacén. Esto significa que la cantidad total que se manda desde la fábrica S_1 debe ser igual que su capacidad S_1 . Análogamente, se debe satisfacer la demanda de cada almacén.

¿Qué tiene esto de especial? Nótese los coeficientes en cada restricción; todos son 1 o cero (para las variables que no aparecen). Esto siempre es cierto para un problema de transporte. Otra característica es que si se suman las constantes del lado derecho para los orígenes el total es el mismo que al sumar las de los destinos ($S_1 + S_2 + S_3 + D_1 + D_2 + D_3 + D_4$). Lo que resulta es que, debido a estas características únicas, es posible que haya un método más sencillo de solución, a saber, el método del transporte.

Es necesario examinar otra característica de la formulación de PL. Se tiene un total de siete restricciones: una para cada origen y cada destino. Sin embargo, una de ellas es redundante. Realmente se necesitan sólo seis restricciones. La razón es que se sabe que la cantidad total que se manda desde todas las fábricas debe ser igual que la cantidad total que se recibe en todos los almacenes. Supóngase que se omite la restricción del cuarto almacén. Al resolver el problema se sabe cuánto se mandó de cada fábrica a los tres primeros almacenes y la cantidad total que se mandó desde las fábricas. Se sabrá entonces que la diferencia entre estas dos cantidades se tuvo que mandar al cuarto almacén.

Esto lleva a la regla general de que el número de restricciones independientes siempre será una menos que la suma del número de orígenes y el número de destinos. Recuérdese que para cualquier problema de PL el número de variables en la solución final no puede exceder el número de restricciones independientes. Esta regla es muy importante al resolver problemas con el método del transporte.

2.4.2 Solución de un problema de transporte

El método del transporte en realidad no es un método, sino varios. Sin embargo, existe una estrategia general. Primero, se construye una matriz de transporte y después se encuentra una solución inicial. Esta solución inicial puede ser óptima o no.

La única manera de saberlo es probándolo y existen varias técnicas para hacerlo. Si la solución no es óptima, se revisa y la prueba se repite. En cada iteración la solución estará más cerca del óptimo.

Se examina esta estrategia por partes, una a la vez, comenzando con la matriz de transporte.

2.4.3 Construcción de la matriz de transporte

En la tabla 10-1 se muestra la forma general de una matriz de transporte. A cada origen corresponde un renglón y a cada destino una columna. La capacidad de cada origen se muestra al final del renglón y la demanda de cada destino se escribe abajo de

la columna correspondiente. Estas capacidades y demandas se conocen como condiciones de frontera.

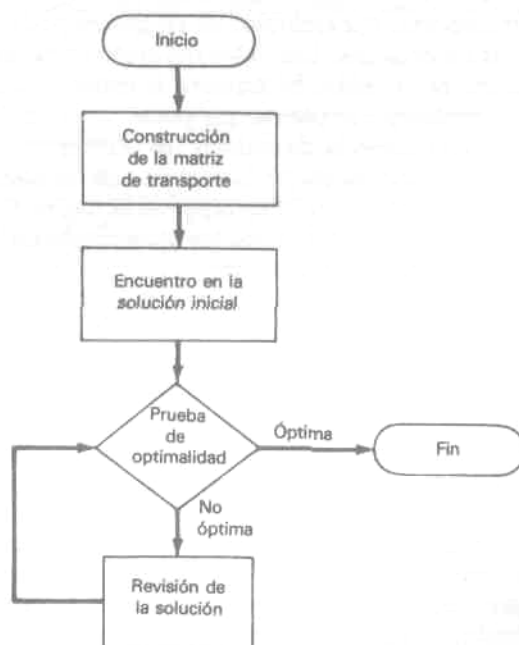


FIGURA 10-2
El método del transporte

285

2.4.4 Ejercicios Propuestos (Problemas de Transporte)

46- Una empresa posee 3 almacenes con las siguientes cantidades de un producto homogéneo:

A: 150 unid, B: 40 unid y C: 80 unid para un total de 270 unid.

Además se conoce de 4 establecimientos que demandan las siguientes cantidades de esos productos:

Establecimiento #1: 90 unid, Establecimiento #2: 70 unid, Establecimiento #3: 50 unid, Establecimiento #4: 60 unid, para un total de 270 unid.

Los costos unitarios de transportar el producto aparecen en la siguiente tabla:

	1	2	3	4
A	27	23	31	69
B	10	45	40	32
C	30	54	35	47

C_{ij} : centavos.

La empresa desea que usted la asesore en la forma de distribuir los productos, es decir seleccionar las cantidades que deben ser transportadas para cada destino o unidad y que el costo de transportación sea mínimo.

47. Una empresa que opera tres fábricas, abastece a cuatro clientes de un producto homogéneo. Para el próximo año la, tabla que sigue muestra las cantidades que habrán de producirse en cada fábrica, las necesidades de los clientes y los costos de transporte de cada fábrica a cada cliente por unidad de embarque. Se desea hallar el plan óptimo

de distribución que minimice el costo de transporte.

	C1	C2	C3	C4	Prod.
F1	7.27	4.23	5.31	8.69	150
F2	6.10	3.45	4.40	7.32	40
F3	8.30	5.54	6.35	9.57	80
Nec	90	70	50	60	270

48. La empresa de línea Mambisa posee 20 barcos de pequeño calado andando en tres puertos del país, teniendo 10 barcos en Ciudad habana, 5 en Santiago de Cuba y 5 en Cienfuegos. Se le comunica que deben situar para transporte de mercancía, 8 barcos en Baracoa, 7 en Guantánamo, 3 en Bahía de Nipe y 2 en la Isla de la Juventud. La Empresa desea distribuir sus naves de forma que el gasto total de combustible sea mínimo.

La tabla de costo por viajes es la siguiente:

	<u>Baracoa</u>	Guantánamo	<u>Nipe</u>	Isla de la Juventud
Ciudad Habana	8	5	10	8
Santiago de Cuba	6	10	9	12
Cienfuegos	10	14	13	2

49. Se quiere darle publicidad a un determinado producto por parte de la radio, la prensa y la TV. Esta publicidad se hace mediante cuatro orígenes hacia cuatro destinos, el número de inscriptores del periódico Granma Internacional es de 35000 y de 30000 al Juventud Rebelde Internacional. El número de oyentes de Radio Habana Cuba es de 20000 y de TV. Cubana Internacional es de 80000.

La demanda de los grupos de mercado es el siguiente: de 17-24 años 40000, de 25-45 años 55000, de 46-65 años 50000, de 65 y más 20000.

Los costos de publicidad del producto por cada 1000 personas están en la siguiente tabla:

Or /Dest	1	2	3	4
1	0.23	0.43	0.75	0.56
2	0.25	0.37	0.43	0.12
3	0.20	0.25	0.10	0.40
4	0.12	0.15	0.55	0.52

a) La empresa desea minimizar los costos de transportación

50. En la siguiente tabla se dan las capacidades de tres fábricas junto a las demandas

de cuatro almacenes y los costos unitarios de transporte. Se quiere minimizar el costo total de transportación de los productos desde las fábricas hasta los almacenes.

	Almacén #1	Almacén #2	Almacén #3	Almacén #4	Capacidad
Fábrica #1	7	3	8	8	100
Fábrica #2	5	5	6	8	200
Fábrica #3	7	4	9	10	300
Demanda	150	150	120	80	

51. La dependencia central del Mincin Las Tunas cuenta con dos almacenes fundamentales para la conservación de la canasta básica para los municipios Manatí, Puerto Padre, Jesús Menéndez y el municipio cabecera. Estos Almacenes cuentan con una capacidad de 1200t y 1500t de productos alimenticios. La demanda de cada municipio es de 500t, 900t, 400t y 900t respectivamente. Los costos unitarios de conservación por unidad de producto son los siguientes: Desde el almacén número uno hasta los diferentes destinos son de \$0.70, 0.75, 0.92 y 0.25 respectivamente. Desde el segundo almacén \$0.68, 0.75, 0.93y 0.30 respectivamente.

51.1 Plantee el modelo matemático que minimice los costos.

52. Se desea minimizar los costos de transportación provenientes del almacén del Central Majibacoa hasta las distintas áreas cañeras, el central cuenta con seis áreas cañeras que demandan diariamente 500Kgs, 600, 800, 600,900 y 700Kgs de alimentos, para ello el almacén tiene capacidad para 10000Kgs diariamente. Los costos unitarios de transportación por unidad de producto alimenticio son de \$0.23, 0.36, 0.45, 0.87, 0.32 y 0.45 respectivamente.

52.1 Plantee el modelo matemático que minimice los costos.

53. La Empresa Vascal perteneciente al municipio Las Tunas posee 3 almacenes centrales y suministran sus productos a la región norte, centro y sur del territorio. Estos almacenes tienen una capacidad de conservación de 1000t, 4000 y 7000t respectivamente, las tres regiones se abastecen de 4000t cada una para suplir sus necesidades básicas .Los costos unitarios de transportación son desde el almacén 1 hasta los distintos destinos de \$1.25, 1.05 y \$ 2.00 respectivamente, desde el almacén 2 hasta los distintos destinos de \$1.30, 1.23 y \$2.05, desde el almacén 3 hasta los distintos destinos de \$1.40, 2.15 y \$ 3.10 respectivamente.

53.1 Plantee el modelo matemático que minimice los costos.