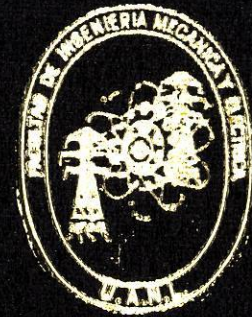


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA**



**SOLUCION A MODELOS DE OPTIMIZACION
CON APLICACIONES DE COMPUTADORA
PARA LA TOMA DE DECISIONES**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS**

PRESENTA

MAURICIO GUADALUPE VILLARREAL VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

MARZO DE 1996

1957
74
1



1080064413

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



SOLUCION A MODELOS DE OPTIMIZACION
CON APLICACIONES DE COMPUTADORA
PARA LA TOMA DE DECISIONES

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS

PRESENTA

MAURICIO GUADALUPE VILLARREAL VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

MARZO DE 1996

7
757
.74
V5



Banco de la República
Central
Maestra Sotomayor

[Handwritten signature]



UANL
FONDO
TECNOLÓGICO LICENCIATURA

A Dios:

**Por haberme dado la vida y la
capacidad para terminar
la carrera.**

A mis padres:

Por haberme apoyado siempre y por darme la mejor herencia que uno puede recibir. El estudio.

A mi hermana:

Por brindarme su ayuda y por darme siempre los mejores consejos.

A mis maestros:

Especialmente al Ing. Arnulfo
Treviño Cubero por su amistad
y apoyo durante toda mi carrera.

A mis amigos:

Por darme la mano en los
momentos mas difíciles
de mi vida.

A mi novia:

**Por estar conmigo en las buenas y en
las malas y por motivarme a seguir
siempre adelante.**

(TQM)

INDICE

Introducción	1
Programación Lineal	2
Programación Entera	4
Método Transporte	6
Método de Asignación	7
Cadenas de Markov	9
QSB	10
Pantalla Principal	11
Programación Lineal aplicando QSB	12
Programación Entera aplicando QSB	18
Método de Transporte aplicando QSB	24
Método de Asignación aplicando QSB	30
Cadenas de Markov aplicando QSB	36
Bibliografía	42

INTRODUCCIÓN

La investigación de operaciones se define actualmente como la utilización de un método planeado y de un grupo interdisciplinario a fin de representar las relaciones funcionales complejas como modelos matemáticos para proporcionar una base cuantitativa en la toma de decisiones y descubrir nuevos problemas para su análisis cuantitativo.

La investigación de operaciones es un instrumento de la administración diseñado para aumentar la efectividad de las decisiones tomadas en base a la investigación, en lugar de tomar una resolución mediante el uso de criterios, experiencias o la intuición de los administradores.

La lista de teorías, técnicas, modelos y métodos que se han asociado con la investigación de operaciones ha aumentado con el paso del tiempo, pero esto no quiere decir que sea completa. Para evaluar cualquier decisión o acción de la empresa desde el punto de vista del aumento de los ingresos o de la disminución de los costos, es necesario identificar todas las reacciones recíprocas significativas y evaluar su efecto combinado en la empresa total.

Los métodos que presentaremos son los siguientes:

Programación Lineal
Programación Lineal Entera
Problemas de Transporte
Problemas de Asignación
Cadenas de Markov.

Asimismo, veremos estos métodos bajo la aplicación del paquete QSB (Quantitative Systems for Business) mediante la solución de un ejemplo por tema.

PROGRAMACIÓN LINEAL

La administración de una empresa cuenta con hombres, dinero, máquinas y materiales cuyo suministro es limitado. Por lo cual la empresa debe encontrar la mejor asignación de tales recursos con el fin de aumentar al máximo las ganancias. Sin embargo, la ejecución de esa tarea comprende innumerables problemas por lo que es necesario la utilización de un método cuantitativo como la programación lineal.

La programación lineal puede definirse como una técnica matemática para determinar la asignación óptima de los recursos limitados de una empresa y así obtener la máxima utilidad.

Para resolver problemas de programación lineal pueden utilizarse los siguientes métodos:

- Método gráfico
- Método algebraico
- Método simplex

Método Gráfico

Hay que hacer notar que el método gráfico solo puede utilizarse cuando no hay mas de tres variables debido a que no podemos dibujar mas de tres dimensiones.

Existen cuatro pasos básicos en el método gráfico; el primero es establecer la función objetivo de nuestro problema y sus restricciones o requerimientos. Esto mediante el empleo de ecuaciones o desigualdades matemáticas. Las desigualdades juegan un papel muy importante en el método gráfico. Las especificaciones pueden exigir que se satisfagan ciertos requerimientos máximos o mínimos, en cuyo caso no puede usarse el signo de igualdad y habrá de utilizar desigualdades para indicar las áreas aceptables dentro de las restricciones.

Al expresar desigualdades dentro de un problema de programación lineal abarcamos un amplio campo de posibilidades.

1er. Paso.- Consiste en expresar la información del problema de manera matemática. La primera ecuación se llama "Función Objetivo" , la cual muestra la relación de lo producido con la contribución . Las ecuaciones o desigualdades siguientes expresan las restricciones que se tienen en la empresa, ya sea lo relacionado a tiempo, cantidades, capacidad, etc.

2o Paso.- En seguida, hay que graficar las desigualdades de restricción. La forma de hacerlo es localizando sus puntos terminales, esto se hace de la siguiente manera. Se da valor cero a una variable que interviene en la desigualdad, para que de esa manera se despeje la variable restante y así encontrar su valor. Al haber encontrado el valor de las variables se traza una línea recta uniendo los dos puntos y definiendo el área para esa restricción. Cuando se hayan graficado todas las restricciones se podrá sombrear el área de solución factible formada por las mismas.

3er. Paso.- Consiste en trazar la función objetivo. Se multiplican los valores de las variables que interviene en la función objetivo y se iguala la ecuación a ese resultado. Se pasa a encontrar el valor de cada variable del mismo modo que el paso anterior. Una vez teniendo los valores de cada variable se localizan los puntos y se unen mediante una línea recta. Ahora se traza una línea paralela a la de la función objetivo haciendo que toque el punto mas distante del área de solución factible. Ese punto representara la combinación mas provechosa o de mayor utilidad.

4o. Paso.- Consiste en la solución simultánea de las ecuaciones de las líneas que se cruzan en un punto determinado y determinar valores de cada variable; estos se sustituyen en la función objetivo y se obtiene el valor de Z.

Método Algebraico

Para la utilización del método algebraico es necesario convertir las desigualdades en ecuaciones, esto añadiendo una variable de holgura a cada ecuación para que absorba la cantidad que sobra en la ecuación. Las variables de holgura no tienen valor porque no generan ganancias o pérdidas.

El primer paso es plantear las ecuaciones. El segundo paso es examinar la ecuación de contribución para ver si se pueden mejorar las ganancias. Cuando se comparan el método gráfico y el algebraico, se encuentra una decidida ventaja en este último debido a que permite la solución de un problema que tiene mas de tres variables.

Método Simplex

Casi todos los problemas de mezcla de producción llegan, por ejemplo, a un tamaño de una docena de productos y el mismo número de departamentos, lo que hace impracticable la solución algebraica. Un procedimiento para la solución de esos problemas tan complicados es el método simplex de programación lineal. El proceso de cálculo que emplea es un proceso interactivo, es decir, que se usa sucesivamente la misma rutina básica de cálculo.

Una característica básica del método simplex es que la ultima solución produce una contribución tan grande o mayor que la solución previa en un problema de maximización, lo que da la seguridad de llegar finalmente a la respuesta optima, el método simplex utiliza el álgebra de matrices, formando la inversa de una matriz para resolver una serie de ecuaciones simultáneas.

PROGRAMACIÓN ENTERA

La programación lineal entera es igual a la programación lineal a excepción de que las variables que aparezcan en la solución final deben ser números enteros y positivos (0,1,2,...). Al tratar el método simplex encontramos soluciones que eran óptimas y que podían tomar valores tanto enteros como fraccionarios, pero puede advertirse que en algunos casos las soluciones fraccionarias no podrían ser admisibles, por alguna razón física.

La utilidad de la técnica de programación en enteros resultó evidente ya que existen muchos recursos indivisibles tales como maquinaria, equipo, la asignación de trabajadores a máquinas. etc.

En un problema de programación en enteros no es conveniente redondear las soluciones no enteras en enteras en los problemas que comprenden recursos indivisibles, aunque el redondeamiento sea pequeño con respecto a los valores de las variables de que se trate, ya que el redondear puede dar como resultado soluciones muy alejadas de la solución óptima en enteros. Por lo tanto es conveniente usar alguno de los métodos siguientes:

- Método Gráfico.
- Método de ramificar y acotar (Branch and Bound).
- Método Gomory.

Método Gráfico.- Procedimiento

1. Se grafican las restricciones originales, y si la solución óptima es entera deténgase si no continúe.
2. Los puntos enteros más cercanos a los límites de la solución y dentro de ella se unen teniendo cuidado que todos los puntos (a excepción del vértice) de la nueva región se puedan expresar como una combinación convexa de dos de ellos.
3. Se trabaja con la nueva región normalmente encontrando la solución en enteros donde nos de la máxima utilidad.

Método de Ramificar y Acotar.- Procedimiento

1. Resuelva el problema por medio del método gráfico, si la solución es entera deténgase si no prosiga.
2. Escoja arbitrariamente una variable X_j cuyo resultado en el primer paso sea fraccionario.

3. Resuelva un par de nuevos valores similares al problema anterior solo que ahora el valor de la variable será igualado al valor entero inmediato superior e inferior. Por ejemplo si el valor de $X = 3.4$, ahora X será igual a 4 y 3.
4. De los problemas lineales del paso 3 iniciaremos el análisis solo en aquellos problemas cuya solución entera o fraccional sea mejor a cualquiera de las soluciones enteras conocidas.
5. Seleccione aquel problema lineal que tenga el máximo valor de la función objetivo. Si las variables tienen valor entero se ha conseguido la solución óptima, si no regrese al segundo paso.

MÉTODO DE TRANSPORTE

Toda fábrica o empresa industrial tiene actividades económicas, como velar por la inversión adecuada del capital de trabajo, la distribución óptima de los recursos humanos, la distribución del producto terminado, etc. con la finalidad de obtener utilidades convenientes a sus intereses.

Los métodos de transporte son un caso particular de la programación lineal que pudiendo resolverse por el método simplex regular, poseen métodos alternativos y sencillos de solución. El modelo busca la minimización del costo de transportar una mercancía desde un número de orígenes a varios destinos, o bien maximizar utilidades.

Como su nombre lo indica el método de transporte es particularmente aplicable a problemas que requieran el movimiento de objetos o bienes de un lugar a otro. El problema de asignación implícito en la decisión de que fábrica debe abastecer a tal o cual bodega es típico, y la frecuencia de este tipo de problemas ha conducido al amplio empleo del modelo de transporte.

Dentro de este método tenemos dos aplicaciones

- a) Modelos de asignación (distribución)
- b) Modelos de transbordo

Para resolver el problema de distribución son necesarias dos etapas:

1a. Hacer una distribución inicial por alguno de los siguientes métodos:

- a) Esquina noroeste
- b) Costo menor
- c) Costo mutuamente preferido
- d) Voguel

2a. Optimizar la distribución inicial por alguno de los siguientes métodos:

- a) Paso del arroyo
- b) Método modi

NOTA: Para efectuar cualquiera de los métodos de distribución inicial es necesario igualar la oferta y demanda valiéndonos de filas o columnas ficticias.

METODO DE ASIGNACION

Las ventajas que ofrece el cálculo del método de transporte han sido mejoradas aun mas por medio del desarrollo de casos especiales que permiten soluciones todavía mas simples. Uno de los casos mas comunes es el denominado "problema de asignacion". El problema de las asignaciones es un caso especial del método de transporte, el cual necesita que exista una matriz cuadrada en donde cada una de las restricciones de las necesidades sean iguales a la unidad, es decir, la oferta disponible en cada "fuente" (trabajo) debe ser 1, así como la demanda requerida en cada "destino" (máquina) debe valer también 1.

Un problema típico es el de asignar actividades a maquinas y que cada actividad se asigne a una maquina. Considérese la situación de asignar "m" trabajos (o trabajadores) a "n" maquinas. Un trabajo $i(=1,2,..m)$ cuando se asigna a la máquina $j(=1,2,..,n)$ incurre en un costo C_{ij} . El objetivo es el de asignar los trabajos a las máquinas (un trabajo por máquina) al menor costo total.

Para resolver problemas se asignará pueden usarse los métodos

- Método de la esquina noroeste
- Método del costo menor
- Método Vogel

Método de la Esquina Noroeste

En este método, la única condición que tiene es que tanto el valor total de la oferta como el de la demanda sean iguales. En caso de que falten empresas que demanden o que ofrezcan mercancía se agregara una columna o renglón, según sea el caso, la cual tendrá será una empresa imaginaria y tendrá la cantidad necesaria para satisfacer la condición anterior. La manera como se realiza este proceso consiste en asignar a la esquina noroeste la máxima cantidad posible (de oferta o demanda) sucesivamente hasta cubrir la demanda. El costo total de transporte se obtiene acumulando la multiplicación de la cantidad que se haya asignado en cada casilla por el costo de transporte por unidad de dicha casilla.

Método Costo Menor

El primer paso es el de asignar lo máximo posible en la casilla de menor costo de la primera columna, si no se cubre la demanda asignar en la casilla de costo inmediato superior y así sucesivamente hasta cubrir la demanda. Después se asigna a la siguiente columna, con los pasos anteriormente mencionados, y así a cada columna hasta terminar. El costo total de transporte se obtiene de las misma manera que en el método de la esquina noroeste.

METODO VOGUEL

Aquí también se tiene la misma condición que se ha tenido en los dos métodos anteriores y también se agregan columnas o renglones ficticios para igualar ya sea la oferta o la demanda. El proceso del método Vogel consiste en que para cada columna y cada renglón se van a tomar de todas las casillas que lo forman, las dos que tengan el costo de transporte por unidad mas bajo. Teniendo cuales son los costos mas bajos se va a calcular la diferencia entre los dos y la cantidad que resulte va a ser la cantidad representativa de ese renglón o de esa columna. Una vez que se hayan calculado todas las cantidades representativas de los renglones y de las columnas se va a tomar la que cuente con el valor nominal mas alto. En el caso de que haya sido una columna, se va a tratar de satisfacer toda su demanda acomodándola en la casilla que tenga el menor costo, en caso de que con esa asignación no se satisfaga, se le asignara a la de menor costo siguiente y así sucesivamente hasta satisfacer toda la demanda. Cuando ya haya quedado totalmente asignado todo el renglón o la columna, según sea el caso, se vuelve a calcular de nuevo el valor representativo a los renglones y columnas restantes y se vuelve a iniciar el proceso tomando la que tenga el mayor valor y tratando de satisfacer ya sea su demanda o su oferta

CADENAS DE MARKOV

El análisis de Markov es una forma de analizar el movimiento actual de una variable a fin de pronosticar el movimiento futuro de la misma. Este método se utiliza como un instrumento de mercadotecnia para examinar y pronosticar el comportamiento de los clientes desde el punto de vista de su lealtad a una marca y de sus formas de cambio a otras marcas. También se utiliza en contabilidad, ingeniería del producto, etc.

Para aquellos clientes que cambian de marca, es necesario mostrar las pérdidas y ganancias entre las marcas, a fin de completar la matriz de probabilidades de transición. Una matriz de transición debe satisfacer las siguientes condiciones:

1. Cada elemento debe ser una probabilidad, o sea de que debe tener un valor entre 0 y 1. Eso refleja el hecho de que es imposible tener una probabilidad negativa o un número de probabilidad mayor que 1.
2. Cada columna debe sumar exactamente 1.

El análisis de Markov se divide en ordenes. Primer orden, segundo orden, etc. Dicho orden depende del número de periodos anteriores en que se basan los datos para el estudio. Para ejemplificar resolveremos un ejercicio.

QSB

Quantitative Systems for Business

Versión 3.0
by

Yih-Long Chang and
Robert S. Sullivan

Copyright (C) Prentice-Hall Inc., 1986, 1987
SRUN20.EXE Versión 2.0 Copyright (C) IBM Corp., 1985

Press any key to continúe.

Para entrar al paquete QSB se deberá teclear "QSB"; enseguida aparecerá una pantalla de bienvenida y usted deberá de oprimir la tecla ↵ (Enter). Al hacer esto aparece otra pantalla en la cual se señalan las licencias del paquete, a continuación se debe de oprimir la tecla ↵ (Enter) de nuevo para que aparezca la pantalla del menú principal del sistema QSB.

Welcome to QSB (Quantitative Systems for Business)!
You may choose from following management science decision support systems:

Code No.	Program	Code No.	Program
⇒ 1	-- Linear programming	9	-- Inventory theory
2	-- Integer linear programing	A	-- Queuing theory
3	-- Ttransshipment problem	B	-- Queuing system simulation
4	-- Assigment problem	C	-- Decision probability theory
5	-- Network modeling	D	-- Markov process
6	-- Project scheduling -- CPM	E	-- Time series forecasting
7	-- Project scheduling -- PERT	F	-- Specify printer / display adapter
8	-- Dynamic programming	G	-- Exit from QSB

**** QSB (I) : Programs 1 to 5, QSB (II) : Programs 6 to E ****

Press the up or down key to locate the desired option. The press ENTER

En la pantalla del menú principal se muestran las diferentes opciones o tipos de problemas que se pueden resolver con este paquete; se muestra la opción para configurar impresoras así como la opción para salir del paquete.

Para seleccionar la opción que sea de nuestro interés basta con teclear el número o letra deseado o bien posicionarnos con las teclas ↑ ↓ en la opción deseada y oprimir "Enter".

En nuestro caso de estudio particular las opciones a manejar serán las siguientes:

- Opción # 1 Programación Lineal.
- Opción # 2 Programación Lineal Entera.
- Opción # 3 Problemas de Transporte.
- Opción # 4 Problemas de Asignación.
- Opción D Cadenas de Markov.

PROGRAMACION LINEAL

Welcome to your linear Programming (LP) Decision Support System!
The options available for LP are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 -----	Overview of LP Decision Support System
2 -----	Enter new problem
3 -----	Read existing problem from disk(ette)
4 -----	Show input data
5 -----	Solve problem
6 -----	Salve problem on disk(ette)
7 -----	Modify problem
8 -----	Sjow final solution
9 -----	Return to the program menu
0 -----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

Al seleccionar la opción número 1 del menú principal se despliega la pantalla de programación lineal (parte superior), en la cual contamos con las siguientes opciones:

- Opción 1. Breve introducción acerca de la Programación Lineal.
- Opción 2. Crear o dar de alta un problema.
- Opción 3. Lee un problema existente en el diskette.
- Opción 4. Muestra los datos de entrada del problema.
- Opción 5. Da solución al problema.
- Opción 6. Graba el problema en el diskette.
- Opción 7. Modifica los datos del problema.
- Opción 8. Muestra la solución final.
- Opción 9. Regresa al menú principal.
- Opción 0. Sale del paquete QSB.

Si tecleamos el número 2 o bajamos con la tecla J, hacia la opción 2 y oprimimos la tecla ↵ (Enter) entramos a la opción para crear el problema de Programación Lineal que queremos resolver, a continuación nos pedirá el nombre con el que queremos identificar nuestro problema y una vez asignado el nombre oprimimos la tecla ↵ (Enter). En esta ocasión nombraremos a nuestro problema "LINEAL", y mostraremos el procedimiento para la solución de un problema de programación lineal así como las pantallas que se despliegan al realizar el ejercicio.

PROBLEMA A RESOLVER

Cierta compañía puede producir dos tipos de materiales, un material con grado "A", el cual nos proporciona una utilidad de 3 pesos por unidad y un material grado "B", que genera una utilidad de 5 pesos por unidad. Cada unidad de "A" requiere de dos horas de maquinado y de una hora de acabado. Cada unidad de "B" requiere una hora de maquinado y tres horas de acabado.

Si hay disponibles 200 horas de capacidad de maquinado y 300 horas de capacidad de acabado al mes.

¿Que cantidad de unidades de material grado "A" y cuantas unidades de material grado "B" deben producirse para maximizar las utilidades mensuales.

¿Cual es la utilidad mensual?

$$Z(\max) = 3A + 5B$$

Restricciones:

$$2A + 1B \leq 200$$

$$1A + 3B \leq 300$$

LP Model Entry for LINEAL

Please observe the following conventions when entering a problem:

- (1) 100, 100.0, +100, +100.0, 1E2, and 1.0E+2 are the same.
- (2) -123, -1.23E2, and -1.23E+2 are the same.
- (3) >=, >, =>, and · are the same; <=, <, =<, and μ are the same.
- (4) After you enter your data, press the ENTER key.
- (5) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the correct position.
- (6) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR.
- (7) When entering the problem, press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next page.

Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion? (Enter 1 or 2) <1 >
How many variables are there in your problem? (Enter number μ 500) <2 >
How many constraints are there in your problem? (Enter number μ 500) <2 >
How many '·' constraints are there in your problem? (Enter number μ 500) <0 >
Do you want to use the default variable names (X1,X2,...,Xn) (Y/N)? <N >
Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.

Al haber tecleado el nombre con el que vamos a identificar nuestro problema aparecerá una pantalla de dialogo en donde se tendrá que responder a las preguntas que aparecen a mitad de la pantalla (a continuación se les proporcionan esas preguntas traducidas al español).

Quieres maximizar? teclea No. 1 o ,Quieres minimizar? Teclee No. 2

Cuántas variables diferentes tiene tu problema?(hasta 500) Teclee el número y luego ↵ "Enter"

Cuántas restricciones tiene el problema?(hasta 500) teclee el número y luego ↵ "Enter"

Cuántas restricciones 2 hay en el problema? teclee el número y enseguida ↵ "Enter"

Quieres usar, por default, las variables X1, X2,...Xn? teclee "y"(si) o "n"(no) y enseguida ↵ "Enter"

Después de teclear toda la información se presiona la barra espaciadora si los datos son los correctos, en caso contrario oprima . "Enter" para que pueda cambiar el (los) dato(s) equivocado(s). Para hacer estos cambios solo hay que mover el cursor hacia arriba o abajo y teclear el valor correcto, al final oprima ↵ "Enter"


```

k 3 _____ A    5 _____ B
bject to
  2 _____ A    1 _____ B    <= 200 _____
  1 _____ A    3 _____ B    <= 300 _____
    
```

Esc -- Previous page, / -- Next page.

Si tecleo la barra espaciadora aparecerá en la pantalla el "esqueleto" del problema. Para llenar los datos solo teclee la cantidad correspondiente en cada espacio en blanco (campo) y oprima la tecla ., "Enter" para que pase al siguiente espacio (campo). Como las restricciones pueden ser > o < el cursor se detendrá en ese espacio. Si quiere cambiar el símbolo que aparece, teclee primero el > o < y después =, si esta correcto oprima ↵ "Enter". Cuando ya tengamos todos los datos correctos, presionamos la barra espaciadora mas una tecla cualesquiera para continuar y aparece la pantalla del menú de programación lineal donde seleccionaremos la opción número 5 para solucionar el problema. Al hacer esto nos desplegara la pantalla de soluciones, donde podemos escoger entre resolver y desplegar la tabla inicial, la tabla final, la inicial y la final, todas las tablas, por el método gráfico, y la mas practica, resolver sin desplegar ninguna tabla. Tomando la opción 5 de este menú (solución sin despliegue de tablas) nos informa que encontró la solución final y pasaremos a otras opciones, como son: mandar la solución final a un archivo ASCII, imprimir la solución final o desplegarla en la pantalla, la cual es la que elegimos y nos despliega la siguiente pantalla.

Summarized Results from LINEAL			Page : 1		
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 A	+ 60.000000	0	4 S1	0	+ .80000001
2 B	+ 80.000000	0	5 S2	0	+ 1.4000000
Minimum value of the .OBJ = 580			Inters. = 2		

Press any key to continue.

En esta pantalla se muestran los valores de las variables que forman la solución óptima y el valor de la función objetivo. Presionando cualquier tecla regresamos al menú principal.

PROGRAMACION

ENTERA

Welcome to your Integer linear Programming (LP) Decision Support System!
The options available for ILP are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 ----	Overview of ILP Decision Support System
2 ----	Enter new problem
3 ----	Read existing problem from disk(ette)
4 ----	Show input data
5 ----	Solve problem
6 ----	Salve problem on disk(ette)
7 ----	Modify problem
8 ----	Sjow final solution
9 ----	Return to the program menu
0 ----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

Tomando la opción número 2 del menú principal entramos a la pantalla de Programación lineal Entera, la cual se muestra arriba. Las opciones que maneja son las mismas que Programación Lineal , solamente que aquí no se toman en cuenta valores fraccionarios. Las opciones son las siguientes:

- Opción 1 .- Breve introducción acerca de la Programación Lineal.
- Opción 2 .- Crear o dar de alta un nuevo programa.
- Opción 3 .- Lee un programa existente en el diskette.
- Opción 4 .- Muestra los datos de entrada del problema.
- Opción 5 .- Da solución al problema.
- Opción 6 .- Graba el problema en el diskette.
- Opción 7 .- Modifica los datos del problema.
- Opción 8 .- Muestra la solución final.
- Opción 9 .- Regresa al menú principal.
- Opción 0 .- Sale del paquete QSB.

El siguiente paso es elegir la opción deseada; en nuestro caso, es la opción 2 para dar de alta un nuevo problema. Nombraremos al problema "ProgEntera".

PROBLEMA A RESOLVER

La pastelería "Rosy" tiene demanda de 2 tipos de pasteles y desea obtener la combinación óptima de producción para lograr la máxima utilidad posible, ya que recibe una utilidad de \$0.98 dólar por el pastel de vainilla y \$1.00 dólar por el pastel de chocolate. Tiene las siguientes restricciones:

- Cuenta con 33.6 kg de harina para pastel, el pastel de vainilla utiliza 4.8 kg y el de chocolate 7 kg.
- Y por otro lado solo se tienen 5.5 ml de vainilla y se lleva 1 ml por pastel de vainilla.

$$Z(\max) = 0.98 X_1 + 1 X_2$$

Restricciones:

$$4.8 X_1 + 7 X_2 \leq 33.6$$

$$1 X_1 + 0 X_2 \leq 5.5$$

ILP Model Entry for ProgEntera

Please observe the following conventions when entering a problem:

- (1) 100, 100.0, +100, +100.0, 1E2, and 1.0E+2 are the same.
- (2) -123, -1.23E2, and -1.23E+2 are the same.
- (3) \geq , $>$, $=>$, and \cdot are the same; \leq , $<$, $=<$, and μ are the same.
- (4) After you enter your data, press the ENTER key.
- (5) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the correct position.
- (6) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR.
- (7) When entering the problem, press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next page.

```
Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion? (Enter 1 or 2)      <1 >
How many variables are there in your problem? (Enter number  $\mu$  500 )        <2 >
How many constraints are there in your problem? (Enter number  $\mu$  500 )      <2 >
How many '.' constraints are there in your problem? (Enter number  $\mu$  500 ) <1 >
Do you want to use the default variable names (X1,X2,...,Xn) (Y/N)?      <y >
Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.
```

Al haber tecleado el nombre con el que vamos a identificar nuestro problema aparecerá una pantalla de dialogo en donde se tendrá que responder a las preguntas que aparecen a la mitad de la pantalla (a continuación se muestran esas preguntas traducidas al español.

Quieres maximizar? Teclea No. 1 ó Quieres minimizar? Teclea No. 2
Cuantas variables existen en tu problema? (hasta 500) Teclee el número y "Enter"
Cuantas restricciones hay en tu problema (hasta 500) Teclee el número y "Enter"
Cuantas restricciones \geq hay en el problema? Teclee el número y "Enter"
Quieres usar por Default, las variables X1, X2,.....Xn? Teclee "Y/N" Enter

Después de esto pasaremos a la pantalla en la que daremos de alta los datos del problema.

```

x .98_____X1 1_____X2
bject to
) 4.8_____X1 7_____X2  μ 33.6_____
) 1_____X1 0_____X2  μ 5.5_____
    
```

Esc -- Previous page, / -- Next page.

En esta pantalla alineamos los datos del problema, es decir, la función objetivo y las restricciones. La forma de hacerlo es la misma de Programación Lineal; nos colocamos en el campo y tecleamos el valor correspondiente. Para movernos de campo "Enter" y para corregir algún valor es con la barra espaciadora. También podemos cambiar el signo de restricciones, aunque hayamos dado la información en la pantalla de entrada de datos. Terminando de dar los datos oprimimos la barra espaciadora para continuar.

Al hacer esto aparece otra pantalla en donde se nos pregunta si todas las variables son enteras. Si respondemos que no nos manda a otra pantalla en donde aparecerán las especificaciones de las variables, donde se representan las variables enteras con la letra (I). En caso de que tuvieran límites, estos se definen en la columna de "Lower Bound" (Límite inferior) o en la de "Upper Bound" (Límite superior). Si la variable puede tomar valores fraccionarios se le denomina con la letra "C" (continua).

Summarized Results from Progenera Page : 1					
Variables No. Names	Solution	Obj. Fnctn. Coefficient	Variables No. Names	Solution	Obj. Fnctn. Coefficient
1 X1	+ 4.0000000	+ .98000002	2 X2	+ 2.0000000	+ 1.0000000
Minimum value of the .OBJ = 5.92 Total Iterations = 17					

Press any key to continue.

Al momento de asignarle las especificaciones de cada variable, regresamos al menú de la opción de programación lineal entera en donde seleccionaremos la opción 5 para solucionar el problema y al hacer esto se desplegara otra pantalla donde nos dará las mismas opciones que en programación lineal, es decir, resolverlo desplegando la primera interacción, cada interacción o ninguna, siendo esta ultima la que vamos a elegir.

La tabla anterior nos muestra el valor entero de las variables así como el valor de la función objetivo.

METODO TRANSPORTE

Welcome to your Transshipment problem (TRP) Decision Support System!
The options available for TRP are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 -----	Overview of TRP Decision Support System
2 -----	Enter new problem
3 -----	Read existing problem from disk(ette)
4 -----	Show input data
5 -----	Solve problem
6 -----	Salve problem on disk(ette)
7 -----	Modify problem
8 -----	Sjow final solution
9 -----	Return to the program menu
0 -----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

Si elegimos la opción número 3 del menú principal entramos a la pantalla de problemas de transporte. Las opciones que maneja son las mismas que se han manejado en los dos temas anteriores, las cuales son las siguientes:

- Opción 1 .- Breve introducción acerca de la problemas de Transporte.
- Opción 2 .- Crear o dar de alta un nuevo programa.
- Opción 3 .- Lee un programa existente en el diskette.
- Opción 4 .- Muestra los datos de entrada del problema.
- Opción 5 .- Da solución al problema.
- Opción 6 .- Graba el problema en el diskette.
- Opción 7 .- Modifica los datos del problema.
- Opción 8 .- Muestra la solución final.
- Opción 9 .- Regresa al menú principal.
- Opción 0 .- Sale del paquete QSB

Al igual que en las dos opciones anteriores seleccionaremos la opción número 2 para dar de alta un nuevo problema; al hacer esto se nos preguntara el nombre que le queremos dar al problema, una vez tecleado presionamos Enter.

PROBLEMA A RESOLVER

La Link Manufacturing Company, de San Luis Missouri, maneja tres fabricas. Actualmente los productos manufacturados se embarcan a tres bodegas diferentes. La localización y capacidades de las bodegas son las siguientes:

BODEGAS	CAPACIDAD
Newark, Nueva Jersey	1200 Unidades
Jacksonville, Florida	800 Unidades
San Diego, California	1000 Unidades

La capacidad de cada fabrica, juntamente con la tarifa unitaria de flete de cada fabrica a cada bodega, son las siguientes:

<u>FABRICA</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>FLETE A</u>	<u>TARIFA POR UNIDAD</u>
1	600 Unidades	Newark	5
		Jacksonville	6
		San Diego	8
2	1000 Unidades	Newark	4
		Jacksonville	7
		San Diego	7
3	1400 Unidades	Newark	6
		Jacksonville	8
		San Diego	6

TRP Model Entry for PROB3

please observe the following conventions when entering a problem:

Respond to the questions which define the general format about the problem. Then enter the names of each node unless using defaults. Then enter the capacities and/or demands of each point. For a transshipment point, enter a positive/negative number for a net supply/demand. Then enter the transportation costs or profits between nodes. A very large positive/negative number or +M/-M could be entered to represent no direct linkage (flow) between two nodes when the fixed format is used. The BACKSPACE BAR can be used to move the cursor back to the position you want to correct data; the Esc key can be pressed to go to the previous page; and the / key to go to the next page when the fixed format is used.

```
Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion? (Enter 1 or 2) <2 >
How many sources are there in your problem? (Enter number  $\mu$  500 ) <3 >
How many destinations are there in your problem? (Enter number  $\mu$  500 ) <3 >
How many transshipment points are there in your problem? ( $\mu$  500 ) <0 >
Do you want to use the default names (S1...Sn,D1...Dn,T1...Tn) (Y/N)? <N >
Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.
```

A continuación aparecerá la pantalla de información principal del problema en la cual se nos hacen las siguientes preguntas:

Quieres maximizar? Teclea No. 1 ó Quieres minimizar? Teclea No. 2
Cuantas proveedores existen en tu problema? (hasta 500) Teclee el número y "Enter"
Cuantas destinos hay en tu problema (hasta 500) Teclee el número y "Enter"
Cuantas puntos de transbordo hay en el problema? Teclee el número y "Enter"
Quieres usar el nombre de las variables predeterminado por el sistema "Y/N"

Una vez que alimentamos la información requerida presionamos la barra espaciadora para continuar. Aparecerá la pantalla donde nos preguntan las capacidades de los proveedores, alimentamos la información y presionamos la barra espaciadora. A continuación aparecerá una nueva pantalla en la cual nos preguntan la demanda de cada una de las bodegas. Una vez terminado de darle los datos nos pregunta si queremos utilizar el formato libre, a lo que sugerimos responder "N" (no) y así utilizar el formato preestablecido por el paquete.

	To		
NEWARK	NEWARK: 5 _____	JACKS: 6 _____	SDIEGO: 8 _____
JACKS	NEWARK: 4 _____	JACKS: 7 _____	SDIEGO: 7 _____
SDIEGO	NEWARK: 6 _____	JACKS: 8 _____	SDIEGO: 6 _____

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

Una vez contestado "N" aparecerá la pantalla anterior en la que nos pregunta cual es el costo de transporte por unidad de cada proveedor a cada bodega. La forma de llenar la tabla es igual que en los dos temas anteriores; colocándonos en el campo y dándole el valor correspondiente, al llenar cada campo presionamos "ENTER" y una vez llenado todos los campos presionamos la barra espaciadora más una tecla cualesquiera para continuar.

Summary results for PROB3 Page : 1									
From	To	Shipment	@ cost	Opp. Ct.	From	To	Shipment	@ cost	Opp. Ct.
1	Newark	0	+5.0000	+1.0000	2	Sdiego	0	+7.0000	+3.0000
1	Jacks	+ 600.00	+6.0000	0	3	Newark	+200.00	+6.0000	0
1	Sdiego	0	+8.0000	+4.0000	3	Jacks	+200.00	+8.0000	0
2	Newark	+ 1000.0	+4.0000	0	3	Sdiego	+1000.0	+6.0000	0
2	Jacks	0	+7.0000	+1.0000					
Minimum value of OBJ = 16400 (multiple sols.) Iterations = 2									

Press any key to continue

Al hacer lo anterior volvemos a la pantalla del menú de problemas de transporte y el siguiente paso es solucionar el problema por medio de la opción número 5. Al seleccionar dicha opción aparece otra pantalla en la cual podemos elegir la forma de solucionarlo. En nuestro caso seleccionaremos la opción en la cual solo se despliega la solución final que es la pantalla que presentamos en la parte superior.

Aquí podemos observar cuantas unidades se van a mandar a determinado proveedor y el costo total mismo que es el mas optimo.

METODO DE ASIGNACION

Welcome to your Assignment Problem (ASMP) Decision Support System!
The options available for ASMP are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 ----	Overview of ASMP Decision Support System
2 ----	Enter new problem
3 ----	Read existing problem from disk(ette)
4 ----	Show input data
5 ----	Solve problem
6 ----	Salve problem on disk(ette)
7 ----	Modify problem
8 ----	Sjow final solution
9 ----	Return to the program menu
0 ----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

Si elegimos la opción número 4 del menú principal, entramos a la pantalla de problemas de asignación. En donde tenemos las mismas opciones que son:

- Opción 1 .- Breve introducción acerca de la problemas de asignación.
- Opción 2 .- Crear o dar de alta un nuevo programa.
- Opción 3 .- Lee un programa existente en el diskette.
- Opción 4 .- Muestra los datos de entrada del problema.
- Opción 5 .- Da solución al problema.
- Opción 6 .- Graba el problema en el diskette.
- Opción 7 .- Modifica los datos del problema.
- Opción 8 .- Muestra la solución final.
- Opción 9 .- Regresa al menú principal.
- Opción 0 .- Sale del paquete QSB.

Para empezar un nuevo problema, es eligiendo la opción número 2, después de ponerle nombre a nuestro problema aparecerá la pantalla para introducir los datos del mismo.

PROBLEMA A RESOLVER

Se desea determinar el costo mínimo para llevar a cabo los siguientes proyectos con las siguientes compañías:

CIA-PROY	1	2	3	4
A	1	4	6	3
B	9	7	10	9
C	4	5	11	7
D	8	7	8	5

ASMP Entry for PROB4

Please observe the following conventions when entering a problem:

- 1) Respond to the questions which seek general information about the problem.
- 2) Then enter object and task names if you don't use default names.
- 3) Then enter cost/profit coefficients for each potential assignment. A very large +/- value or +M/-M could be entered for an impossible assignment.
- 4) After you enter your data, press the ENTER key.
- 5) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the correct position when fixed format is used.
- 6) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR.
- 7) When entering the problem, press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next page.

Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion? (Enter 1 or 2) <2 >

How many objects are there in your problem? (Enter number μ 500) <4 >

How many tasks are there in your problem? (Enter number μ 500) <4 >

Do you want to use the default names (O1, ..., On; T1, ..., Tn) (Y/N)? <N >

Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.

En la pantalla anterior se nos preguntan los datos generales del problema mediante las preguntas siguientes:

Quieres maximizar? Teclea No. 1 ó Quieres minimizar? Teclea No. 2

Cuántas compañías existen en tu problema? (hasta 500) Teclee el número y "Enter"

Cuántos proyectos hay en tu problema (hasta 500) Teclee el número y "Enter"

Quieres usar el nombre de las variables predeterminado por el sistema "Y/N"

Después de haber alimentado los datos presionamos la barra espaciadora, y nos preguntan que si queremos utilizar el formato libre para lo cual, al igual que en el modelo de transporte, le responderemos con una "N", ya que queremos utilizar el formato del paquete.

Subjects	Tasks						
1:	1	2:	4	3:	6	4:	3
1:	9	2:	7	3:	10	4:	9
1:	4	2:	5	3:	11	4:	7
1:	8	2:	7	3:	8	4:	5

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

Después de haber contestado que no deseamos utilizar el formato libre, el paquete nos muestra la tabla anterior, en la cual se nos pide que llenemos los datos del costo de realizar cada proyecto en cada una de las compañías.

La forma de llenar esta tabla es como en los problemas anteriores; nos posicionamos en determinado campo y tecleamos el valor correspondiente. Para movernos entre los campos es mediante la tecla "Enter" y para regresar a determinado campo es con la barra espaciadora.

Después de haber alimentado los datos, presionamos la barra espaciadora, y una tecla cualquiera para regresar al menú de problemas de asignación. Estando en este menú, damos la opción 5 para solucionar el problema y elegimos la opción de solución sin despliegue de tablas además de mostrar la solución final.

Summary of Assignments for PROB4 Page : 1					
Object	Task	Cost / Prof.	Object	Task	Cost / Prof.
A	1	1.000	C	2	5.000
B	3	10.00	D	4	5.000
Minimum value of the .OBJ = 21 Total Iterations = 2					

Press any key to continue.

En la tabla que nos muestra la solución final observamos la asignación óptima de cada proyecto a la compañía que debe asignársele, así como el costo total que nos causa dicha asignación.

CADENAS DE MARKOV

Welcome to your Markov Process (MKV) Decision Support System!
The options available for MKV are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 ----	Overview of MKV Decision Support System
2 ----	Enter new problem
3 ----	Read existing problem from disk(ette)
4 ----	Show input data
5 ----	Solve problem
6 ----	Salve problem on disk(ette)
7 ----	Modify problem
8 ----	Sjow final solution
9 ----	Return to the program menu
0 ----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

Por último, si entramos a la opción D del menú principal, estamos entrando al tema de Cadenas de Markov ó Pronósticos. En este tema se tienen también las mismas opciones que son:

Opción 1 .- Breve introducción acerca de Cadenas de Markov.

Opción 2 .- Crear o dar de alta un nuevo programa.

Opción 3 .- Lee un programa existente en el diskette.

Opción 4 .- Muestra los datos de entrada del problema.

Opción 5 .- Da solución al problema.

Opción 6 .- Graba el problema en el diskette.

Opción 7 .- Modifica los datos del problema.

Opción 8 .- Muestra la solución final.

Opción 9 .- Regresa al menú principal.

Opción 0 .- Sale del paquete QSB.

Como ya hemos visto, para entrar tecleamos la opción 2.

PROBLEMA A RESOLVER

Supóngase que hay 3 marcas de automóviles: Ford, VW, Chrysler; y que se hacen encuestas a 1000 consumidores. Los consumidores cambian de marca debido a la publicidad, mejor calidad, precios, promociones especiales, etc. Los siguientes datos son los cambios que hubo durante los dos primeros periodos.

En la primera encuesta la marca Ford tenía 450 clientes, la VW 250 y Chrysler 300.
En la encuesta que se hizo a los mismos clientes 2 años después la marca Ford tenía 305, la VW 335 y la Chrysler 360.

MARCA	No.CLIENTE (1)	GANANCIAS			PERDIDAS			No.CLIENTE (2)
		Ford	VW	Chry	Ford	VW	Chry	
Ford	450	0	50	75	0	135	135	305
VW	250	135	0	75	50	0	75	335
Chrysler	300	135	75	0	75	75	0	360

MKV Data Entry for PROB5

Please observe the following conventions when entering a problem:

- 1) Respond to the questions that seek general information about a problem.
- 2) Then enter the names of states unless using defaults.
- 3) Then enter the initial state probability vector, if known.
- 4) Then enter the transition probability matrix.
- 5) After you enter each data, press the ENTER key.
- 6) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the required position.
- 7) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR.
- 8) When entering a problem, press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next page.

```
How many states are there in your problem? (Enter number  $\mu$  50 )      <3 >
Do you know the initial state probability vector (Y/N) ?                <Y >
Do you want to use the default names of states (S1,...,Sn) (Y/N)?      <N >
```

Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.

Al entrar a dar de alta un nuevo problema, hay que darle también el nombre del problema. Después de esto, las únicas preguntas que nos hacen en esta pantalla son las siguientes:

```
Cuantos estados (compañías) hay en el problema? Mayor de 50
Conoces el vector de participación inicial? Y/N
Quieres usar los nombres predeterminados por el paquete para las variables (S1,...Sn) Y/N
```

Cuando ya hemos contestado estas preguntas, presionando la barra espaciadora es como pasamos a la siguiente pantalla.

Al hacer esto, el paquete nos preguntará el valor del vector de participación de cada compañía. Si le hubiéramos contestado que no lo sabíamos, el paquete hubiera dividido el 100% entre el número de compañías, es decir, en partes iguales. Para continuar presionamos la barra espaciadora.

Enter the Transition Probability Matrix for PROB5 Pg 1

To					
FORD:	.4	VW:	.3	CHRY:	.3
FORD:	.2	VW:	.5	CHRY:	.3
FORD:	.25	VW:	.25	CHRY:	.5

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

Después de alimentarle el vector de participación, el paquete nos pide los datos de la matriz de transición, los cuales se llenen en una tabla como la anterior. En esta matriz se muestra el porcentaje de clientes que retuvo cada compañía en el periodo transcurrido y de los que perdió, cuanto porcentaje se fue con el resto de las compañías. Cada renglón debe sumar 1.

Al terminar de alimentar los datos presionamos la barra espaciadora más una tecla cualesquiera y de esta forma regresamos al menú de Cadenas de Markov, en el cual seleccionaremos la opción número 5 para resolver el problema. Para dar mayor agilidad se puede seleccionar que solucione el problema sin mostrar ninguna tabla, solo la solución final.

Final Iteration -- Total Iterations = 8

FORD: 0.2734 VW: 0.3516 CHRY: 0.3750

Press any key to continue.

En la solución final, se muestra la participación del mercado que tendrán las compañías en el próximo periodo. El número fraccionario multiplicado por cien nos dará el porcentaje de cada compañía.

Presionando la tecla Enter nos mostrara la recurrencia de cada compañía, la cual es el inverso de la participación del mercado.

BIBLIOGRAFIA

- **Investigación de operaciones**
Autor: TAHA
Editorial: Alfaomega

- **Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones.**
Autores: Robert J. Thierauf
Richard A. Grosse
Editorial: LIMUSA

- **Programación Lineal**
Autor: Gass, S.I.
Editorial: CECSA

- **Métodos y modelos de la Investigación de Operaciones**
Autor: Kaufmann, A.
Editorial: CECSA

