UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRACTICA	Introducción al programa WINQSB	2

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará un panorama general del manejo y uso del software WINQSB para el análisis de resultados de un modelo de programación lineal continuo.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): identificar los elementos básicos en el manejo y uso del software WINQSB para el planteamiento de problemas por medio de la programación lineal continua (PLc).

3.- TEORÍA: Introducción al programa WinQSB

WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. Entre ellos destacaremos los siguientes:

1.- Linear programming (LP) and integer linear programming (ILP): este módulo incluye los programas necesarios para resolver el problema de programación lineal gráficamente o utilizando el algoritmo del Simplex; también permite resolver los problemas de programación lineal entera utilizando el procedimiento de Ramificación y Acotación (Branch&Bound).

2.- Linear goal programming (GP) and integer linear goal programming (IGP): resuelve modelos de programación multiobjetivo con restricciones lineales.

3.- Quadratic programming (QP) and integer quadratic programming (IQP): resuelve el problema de programación cuadrática, es decir, problemas con función objetivo cuadrática y restricciones lineales. Utiliza un método Simplex adaptado. Los modelos de IQP los resuelve utilizando algoritmos de ramificación y acotación.

3.- Network modeling (NET): incluye programas específicos para resolver el problema del transbordo, el problema del transporte, el de asignación, el problema del camino más corto, flujo máximo, árbol generador, y problema del agente viajero.
4.- Nonlinear programming (NLP): permite resolver problemas no lineales irrestringidos utilizando métodos de búsqueda lineal, y problemas no lineales con restricciones utilizando el método SUMT (función objetivo con penalizaciones sobre el incumplimiento de las restricciones).
5.- PERT/CPM: módulo de gestión de proyectos en los que hay que realizar varias actividades con relaciones de precedencia.

A cada uno de estos módulos se accede directamente desde la entrada a WinQSB en el menú principal, seleccionando respectivamente las siguientes opciones del menú:

a. **Linear and Integer Programming**
b. **Goal Programming**
c. **Quadratic Programming**
d. **Network Modeling**
e. **Nonlinear Programming**
f. **PERT_CPM**

WinQSB utiliza los mecanismos típicos de la interface de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc. Por lo tanto el manejo del programa es similar a cualquier otro que utilice el entorno Windows.
Al acceder a cualquiera de los módulos se abre una ventana en la que debemos elegir entre crear un nuevo problema (**File > New Problem**) o leer uno ya creado (**File > Load Problem**). Las extensiones de los ficheros con los modelos las pone el programa por default, por lo tanto solamente debemos preocuparnos del nombre, que no deberá tener más de 8 caracteres.
Todos los módulos del programa tienen en común los siguientes menús desplegables:
a. **File:** incluye las opciones típicas de este tipo de menús en Windows, es decir, permite crear y salvar ficheros con nuevos problemas, leer otros ya existentes o imprimirlos.
b. **Edit:** incluye las utilidades típicas para editar problemas, copiar, pegar, cortar o deshacer cambios. También permite cambiar los nombres de los problemas, las variables, y las restricciones. Facilita la eliminación o adición de variables y/o restricciones, y permite cambiar el sentido de la optimización.
c. **Format:** incluye las opciones necesarias para cambiar la apariencia de las ventanas, colores, fuentes, alineación, anchura de celdas, etc.
d. **Solve and Analyze:** esta opción incluye al menos dos comandos, uno para resolver el problema y otro para resolverlo siguiendo los pasos del algoritmo.
e. **Results:** incluye las opciones para ver las soluciones del problema y realizar si procede distintos análisis de la misma.
f. **Utilities:** este menú permite acceder a una calculadora, a un reloj y a un editor de gráficas sencillas.

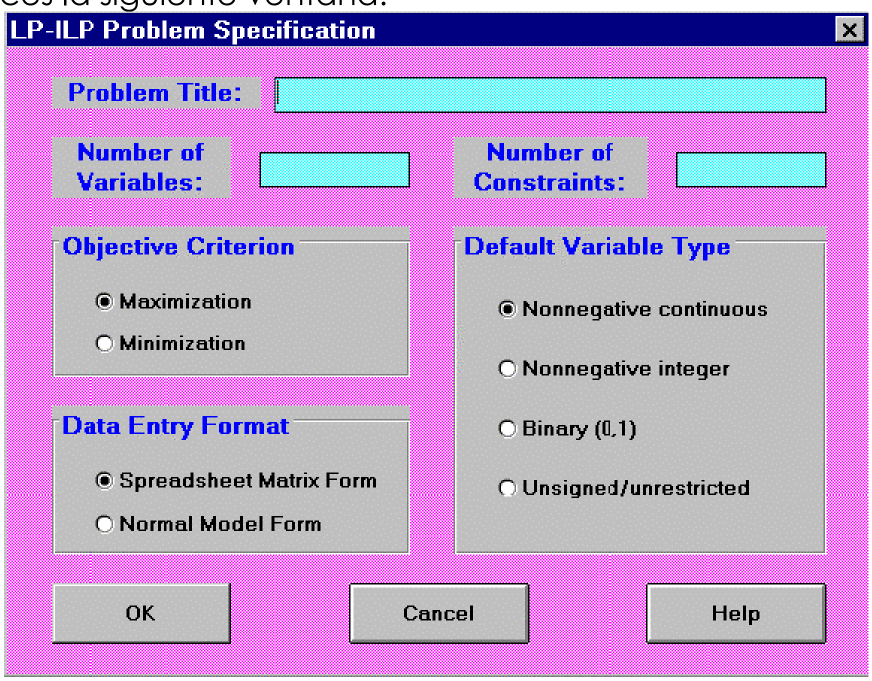
g. **Window:** permite navegar por las distintas ventanas que van apareciendo al operar con el programa.
h. **WinQSB:** incluye las opciones necesarias para acceder a otro módulo del programa.
i. **Help:** permite acceder a la ayuda on-line sobre la utilización del programa o las técnicas utilizadas para resolver los distintos modelos. Proporciona información sobre cada una de las ventanas en la que nos encontremos.

<u>Módulo: Linear Programming and Integer Linear Programming</u>

1.- introducir el problema
Para acceder a este módulo y crear nuestro propio modelo debemos seguir la siguiente secuencia:

WinQSB > Linear and Integer Programming > File > New Problem

Aparecerá entonces la siguiente ventana:



En la que debemos indicar:

Problem Title: representa el nombre del problema
Number of Variables: representa el número de variables
Number of Constraints: representa el número de restricciones (sin contar las de no negatividad)
Objective Criterion: representa si el problema es de maximizar o minimizar

Data Entry Format: representa el formato de los datos de entrada, que puede ser:

Spreadsheet Matrix Form.- representa formato de hoja de cálculo, solo se introducen los coeficientes

Normal Model Form.- se introduce el problema completo en la forma habitual

Default Variable Type: el tipo de variables, podemos elegir entre:

Nonnegative Continuous (x >= 0)

Nonnegative Integer (x >= 0 y entera)

Binary (x, 0 o 1)

Unsigned/unrestricted (x no restringida)

A continuación podemos introducir los datos del modelo. Para poner cotas a las variables debemos utilizar el formato ">= 15, <=20", teniendo en cuenta que el infinito se indica utilizando la letra M.

2.- resolución del problema y obtención de resultados

Una vez introducido el modelo podemos resolverlo utilizando cualquiera de las tres opciones siguientes:

<u>Solve and Analyze > Solve the Problem:</u> proporciona un informe completo sobre la solución del problema resumido en la siguiente tabla:

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
X1	18.0000	50.0000	900.0000	0	basic	40.0000	90.0000
X2	48.0000	60.0000	2,880.0000	0	basic	33.3333	75.0000
Objective	Function	(Max) =	3,780.0000				
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
C1	180.0000	<=	180.0000	0	16.0000	100.0000	225.0000
C2	150.0000	<=	150.0000	0	6.0000	120.0000	270.0000

Como podemos observar la información contenida en la tabla es la siguiente:

Decision Variable representa el nombre de las variables

Solution Value Valor de las variables en la solución óptima

Unit Cost or Profit (c(j)) Coeficiente de la variable en la función objetivo

Total Contribution Contribución total de la variable a la función objetivo, $c_j x_j$

Reduced Cost - Costo reducido, $-(z_j - c_j)$

Basis Status Indica si la variable es o no básica

Allowable Min c(j) Mínimo valor de c_j sin que cambie la base óptima

Allowable Max c(j) Máximo valor para c_j sin que cambie la base óptima

Objective Function Valor de la función objetivo

Constraint Nombre de la restricción
Left Hand Side Valor del término de la derecha
Direction Signo para la restricción (<=, >= o =)
Right Hand Side Valor de la restricción en la solución óptima
Slack or Surplus Valor de la variable de holgura
Shadow Price Valor de la variable dual asociada a la restricción
Allowable Min RHS Mínimo valor para b_i sin que cambie la base óptima
Allowable Max RHS Máximo valor para b_i sin que cambie la base óptima

Solve and Analyze > Solve and Display Steps: permite resolver el problema paso a paso, muestra la tabla del Simplex indicando en la última columna el **ratio** para elegir la variable que deja de ser básica. Obsérvese que la última fila corresponde a la ecuación de la función objetivo y que los costos reducidos aparecen cambiados de signo.

		X1	X2	Slack_C1	Slack_C2		
Basis	C(j)	50,0000	60,0000	0	0	R. H. S.	Ratio
Slack_C1	0	2,0000	3,0000	1,0000	0	180,0000	60,0000
Slack_C2	0	3,0000	2,0000	0	1,0000	150,0000	75,0000
	C(j)-Z(j)	50,0000	60,0000	0	0	0	

En esta ventana aparece un menú en el que la opción **Simplex Iteration** nos permite realizar las siguientes acciones:
Next Iteration Realizar la siguiente iteración
Choose Entering Variable Elegir la nueva variable básica
Go to the Last Tableau Ver la tabla óptima
Nonstop to Finish Resolver el problema y dar un informe global
Solve and Analyze > Graphic Method: Resuelve problemas de dos variables gráficamente, debemos elegir qué variable representar en cada eje.
Solve and Analyze > Perform Parametric Analysis: esta opción realiza el análisis paramétrico del modelo. Es decir, indica cómo cambia la función objetivo cuando el vector de costos o el RHS se perturba paramétricamente, $z = c+\mu c'$ o $RHS = b+\mu b'$. El informe de resultados final tiene el siguiente formato:

Range	From µ (Vector)	To µ (Vector)	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	0	40,0000	3.780,0000	4.500,0000	18,0000	X2	Slack_C1
2	40,0000	M	4.500,0000	M	50,0000		
3	0	-10,0000	3.780,0000	3.600,0000	18,0000	X1	Slack_C2
4	-10,0000	-M	3.600,0000	3.600,0000	0		

Como vemos, además de indicar cómo cambia el valor de la función según varía el parámetro **µ**, también se indica la pendiente del cambio en cada tramo **(Slope)**, y cada vez que se produce un cambio de base, la variable que deja de ser básica **(Leaving Variable)** y la nueva variable básica **(Entering Variable)**.

Desde la opción **Results > Graphic Parametric Analysis** podemos representar gráficamente el análisis paramétrico.

a. **Solve and Analyze > Alternative Solutions:** proporciona soluciones óptimas alternativas si es que las hay.
b. **Format > Switch to Dual Form:** proporciona el problema dual del modelo que hemos introducido.

4.- PROCEDIMIENTO: Aquí se evaluará y dará seguimiento en base a varios ejemplos que introducirán en el laboratorio al software para su aprendizaje.
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal.

B).- **MATERIAL**: los materiales seria el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: se llevará acabo en base a lo explicado en la parte 3.- TEORÍA, además se agrega en anexos una link para bajar un manual completo del manejo del software WINQSB.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: no aplica.

5.- RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software WINQSB para los posteriores problemas a resolver.

6.- CONCLUSIONES: no aplica

7.- BIBLIOGRAFÍA:

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

8.- ANEXOS:

http://www.eumed.net/libros/2006c/216/index.htm

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRACTICA	Planteamiento de modelos de Programación Lineal Continua	3

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y la estructura para el planteamiento de diferentes tipos de modelos de PLc, así como las etapas básicas para su desarrollo. Se analizan los modelos y se ve su factibilidad de una posible solución en la computadora.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de analizar, plantear y modelar matemáticamente diferentes tipos de modelos de PLc, esto para identificar las características principales de cada tipo de modelo de PL.

3.- TEORÍA:
La PL es considerada como la técnica de la Investigación de Operaciones utilizada para resolver problemas de asignación se recursos. Desde el punto de vista primo, la PL es una herramienta cuantitativa para resolver problemas de programación de actividades. Desde el punto de vista dual (que es el más utilizado), es una técnica cuantitativa para resolver problemas de asignación de recursos.
Por lo tanto, si la programación de actividades y la asignación de recursos son los términos claves que definen el alcance de la PL, es preciso identificar lo siguiente:

a) <u>*Programación de actividades*</u> es determinar el nivel y el tiempo de un conjunto de actividades interdependientes para llevar un sistema de estado actual hacia un objetivo especifico.

b) <u>*Asignar recursos*</u> consiste en la distribución de un conjunto de recursos disponibles escasos, entre las actividades interdependientes que compiten por ellos, para alcanzar un objetivo preestablecido.

La PL pretende encontrar mediante el uso de funciones lineales, un programa optimo de actividades interdependientes a realizar tomando en consideración el límite de recursos disponibles para efectuarlas.

Se define modelo dentro de PL como una representación general del problema dentro de la investigación de operaciones, de igual forma se definieron en clases las características y la clasificación de dichos modelos según su funcionalidad, su estructura, su referencia en el tiempo, su generalidad, etcétera.
En el caso de la programación lineal, los modelos presentan una estructura general, la cual se basa en el tipo de problema que se desea tratar. En nuestro caso un problema de programación lineal se define como el problema en que la función objetivo y todas las restricciones son lineales y todas las variables son continuas. Básicamente existen dos tipos de problemas:

a) Problemas en los que se desea maximizar la utilización o generación de recursos; por ejemplo maximizar utilidades, maximizar la producción de unidades terminadas, etcétera.
b) Problemas en los que se desea minimizar los costos de la producción o prestación de un servicio.

La representación matemática de este tipo de problemas es la siguiente:

Minimizar $Z = \sum^{n}_{i=1} (C_i)\, X_i$

Sujeta a las restricciones

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \leq b_2$$
$$\vdots$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \leq b_m$$
$$X_i \geq 0 \text{ donde } i = 1,2,3,4,\ldots n$$

Maximizar $Z = \sum^{n}_{i=1} (r_i - c_i)\, X_i$

Sujeta a las restricciones

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \leq b_2$$
$$\vdots$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \leq b_m$$
$$X_i \geq 0 \text{ donde } i = 1,2,3,4,\ldots n$$

Nomenclatura para un modelo de Programación Lineal (PL).
Z = Representa la función objetivo del problema.
x_i = Representa las variables de decisión i, (para i = 1, 2, ..., n).
c_i = Representa el costo unitario de producción del producto i, (para i = 1, 2, ..., n).
r_i = Representa el ingreso unitario de la venta del producto i, (para i = 1, 2, ..., n).
b_k = Representa la cantidad de recurso k, (para k = 1, 2,..., m) disponibles.

a_{ik}= Representa la cantidad del recurso k, k= 1,2,…,m, que consume una unidad del producto i, donde i = 1, 2, …, n.

4.- PROCEDIMIENTO: Aquí se evaluará el análisis que se planteo en la parte de introducción, donde se le dará seguimiento con los procedimientos para el planteamiento de modelos de PLc.
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office, hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: se plantean problemas o casos de estudio para su análisis y solución.

Problema 1. Problema de Carmac Company, fabrica carros compactos y subcompactos. La producción de cada carro requiere una cierta cantidad de materia prima y mano de obra, como se específica en la siguiente tabla:

Tipos de Carros	Materia Prima (libras)	Mano de Obra (horas)
Compactos	200	18
Subcompactos	150	20
Costo Unitario	10	70
Total disponible	80000	9000

La división de comercialización ha estimado que a lo más 1500 compactos pueden venderse a $10,000 cada uno y que a lo más 200 subcompactos pueden venderse a $8,000 cada uno. Como Vicepresidente de programación, formule un modelo de PL para determinar la cantidad a fabricar de cada tipo de carro para maximizar la ganancia total y minimizar los costos de producción (Materia prima y mano de obra).

Problema 2. La Fresh Food Faros, Inc., tiene 50 acres de tierra en la cual plantar cualquier cantidad de maíz, soya, lechuga, algodón y brócoli. La siguiente tabla muestra la información relevante perteneciente a la producción, el costo de plantación, el precio de venta esperado y los requerimientos de agua para cada cultivo. Para la próxima temporada, hay 100 000 litros de agua disponible y la compañía ha contratado vender al menos 5120 kilogramos de maíz. Formule un programa lineal continuo para determinar una estrategia de plantación óptima para la compañía que maximice sus ganancias y minimice sus costos.

Cultivo	Producción (kg/acre)	Costo ($/kg)	Precio de venta ($/kg)	Agua requerida (lts/kg)
Maíz	640	1.00	1.70	8.75
Frijoles de soya	500	0.50	1.30	5.00
Lechuga	400	0.40	1.00	2.25
Algodón	300	0.25	1.00	4.25
Brócoli	350	0.60	1.30	3.50

Problema 3. Luxris Electronics manufactura dos productos que se pueden producir en dos líneas distintas de producción. Ambos productos tienen costos de producción más bajos cuando se producen en la más moderna de las dos líneas. Sin embargo, la línea de producción más moderna no tiene capacidad para manejar la producción total. Como resultado, parte de la producción debe efectuarse en la línea de producción más antigua. Los datos siguientes muestran los requerimientos totales de producción, la capacidad de las líneas de producción y los costos de producción.

Producto	**Línea moderna**	**Línea antigua**	**Requerimientos mínimos de producción**
1	$3.00	$5.00	500 unidades
2	$2.50	$4.00	700 unidades
Capacidad de línea	800	600	

Formule un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para tomar la decisión de asignación de la producción. ¿Cuál es la decisión recomendada y cual es el costo total?

Problema 4. La administración de Carson Stapler Manufacturing Company pronostica para el trimestre que viene una demanda de 5000 unidades para su modelo Sure Hola. Esta engrapadora se ensambla a partir de tres componentes principales: la base, el cartucho de grapas y la manija. Hasta ahora Carson ha fabricado los tres componentes. Sin embargo, el pronóstico de 5000 unidades es un nuevo volumen máximo de venta y la empresa quizás no tenga suficiente capacidad de producción para la fabricación de todos los componentes. La administración está pensando contratar una empresa maquiladora local para producir por lo menos una parte de los componentes. Los requisitos de tiempos de producción por unidad son como sigue:

Departamento	Tiempo de producción (horas)			Tiempo disponible (horas)
	Base	Cartucho	Manija	
A	0.03	0.02	0.05	800
B	0.04	0.02	0.04	600
C	0.02	0.03	0.01	500

Note que cada componente fabricado de Carson ocupa tiempo de producción en cada uno de los tres departamentos.

Después de tomar en consideración los gastos generales, las materias primas y los costos por mano de obra de la empresa, el departamento de contabilidad ha llegado al costo unitario de manufactura de cada componente. Estos datos, junto con las cotizaciones de la empresa maquiladora de los precios de compra, son como sigue:

Componente	Costo de manufactura	Costo de adquisición
Base	0.75	0.95
Cartucho	0.40	0.55
Manija	1.10	1.40

a). Determine por medio de un modelo de programación lineal cuál sería la decisión de fabricar o comprar para Carson, que haga que pueda cumplir con la demanda de 5000 unidades a un costo total mínimo. De cada componente,
b). ¿Cuántas unidades deberán ser fabricadas y cuántas deberán ser adquiridas?
c). ¿Qué departamento están limitando el volumen de fabricación?

Problema 5. La Hickory desk company, un fabricante de muebles de oficina, produce dos tipos de escritorios: ejecutivos y secretariales. La compañía tiene dos plantas en las que fabrica los escritorios. La planta 1, que es una planta antigua, opera con doble turno 80 horas por semana. La planta 2 es una planta más nueva y no opera a su capacidad total. Sin embargo, y dado que los ingenieros planean operar la segunda planta con base en un turno doble como el de la planta 1, se han encontrado operadores para que trabajen los dos turnos. En estos momentos, cada turno de la planta 2 trabaja 25 horas por semana. No se paga ninguna prima adicional a los trabajadores del segundo turno. Los tiempos de producción (en horas por unidad) son: en la planta 1 los escritorios ejecutivos necesitan siete horas y los secretariales cuatro y en la planta 2 los ejecutivos necesitan seis y los secretariales 5. Los costos estándar (en dólares por unidad) son: en la planta 1 los escritorios ejecutivos salen en $250 y los secretariales $200, en la planta 2 los escritorios ejecutivos salen en $260 y los secretariales $180. La compañía ha competido con éxito en el pasado asignando un precio de venta de $350 dólares a los escritorios. Sin embargo, parece que la compañía tendrá que reducir el precio de venta de los escritorios secretariales a $275 dólares con objeto de estar en posición competitiva. La compañía ha estado experimentando excesos de costos en las últimas ocho a diez semanas; por tanto, los ingenieros han fijado una restricción presupuestaría semanal sobre los costos de producción. El presupuesto semanal para la producción total de escritorios ejecutivos es $2000 dólares, en tanto que el presupuesto para los escritorios secretariales es $2200. A los ingenieros les gustaría determinar cuál es el número de cada clase de escritorios que deben fabricarse en cada planta con el objeto de maximizar las utilidades. Utilice el método simplex para la solución.

Problema 6. La Uncle Glenn Brown de Elks, Nevada, fabrica tres variedades de whiskey. Los principales elementos relacionados con la venta del whiskey son maíz, azúcar y tiempo de entrega. En la tabla 1 se muestra la información necesaria para plantear esto como un problema de PL. Utilícese esta información para plantear un modelo de PL. Utilice el método simplex para la solución.

Tabla 1

Recurso	Marca			Cantidad disponible
	Idazo Moon	Montana Madness	Old stumpwater	
Maíz (bushels/galón)	5	3	1	1000 bushels
Azucar (libras/galón)	4	2	2	1000 libras
Tiempo de entrega (hrs./galón)	1	2	2	400 horas
Utilidad ($/galón)	$20	$15.5	$10	

Problema 7. La AHM Corporation tiene una pequeña planta en la que fabrica dos productos. Con propósitos de planteamiento identificaremos a los productos como χ_1 y χ_2. Las contribuciones a las utilidades para los productos (determinadas por el departamento de contabilidad) son $10 y $12 dólares, respectivamente. Los productos pasan a través de tres departamentos de producción en la planta. El tiempo requerido para fabricar cada producto y el tiempo total disponible en los respectivos departamentos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.

Departamento	Horas/hombre de tiempo de producción por producto		Total de horas/hombre disponibles por mes
	χ_1	χ_2	
1	2.0	3.0	1500
2	3.0	2.0	1500
3	1.0	1.0	600

Los ingenieros de la AHM desean determinar la mezcla de producción óptima de los dos productos χ_1 y χ_2 que maximicen las utilidades.

a). Identifique la función objetivo y las restricciones para el problema.
b). Encuentre la solución óptima para el problema utilizando el método gráfico.
c). ¿Existe algo extraño en algunas de las restricciones?

Problema 8. Un fabricante manufactura tres componentes para su venta a empresas de refrigeración. Los componentes se fabrican utilizando dos máquinas: un conformador y un esmeril. A continuación aparecen los tiempos (minutos) requeridos en cada máquina.

Componente	Conformador	Esmeril
1	6	4
2	4	5
3	4	2

La conformadora esta disponible durante 120 horas y el esmeril durante 110. No es posible vender más de 200 unidades del componente 3, pero se pueden vender hasta 1000 unidades de cada uno de los demás componentes. De hecho, la empresa ya tiene pedidos por 600 unidades del componente 1 que debe satisfacer. Las contribuciones a la utilidad de los componentes 1,2 y 3 son de $6, $6 y $9, respectivamente.

a. Formule y resuelva en función de las cantidades de producción recomendadas.
b. ¿Cuáles son los rangos de optimalidad para las contribuciones a la utilidad de los tres componentes? Interprete estos rangos para la administración de la empresa.
c. ¿Cuáles son los rangos de factibilidad de los lados derechos? Interprete estos rangos para la administración de la empresa.
d. Si se tuviera más tiempo disponible en el esmeril, ¿cuánto valdría?
e. Si reduciendo el precio de ventas en 4 dólares se pueden vender mas unidades del componente 3, ¿debería la empresa reducir dicho precio?

Problema 9. El Clark Country Sheriff's Department programa los oficiales de policía en turnos de 8 horas. La hora de inicio de los turnos son 8:00 a.m., medio día, 4:00 p.m., 8:00 p.m., media noche y 4:00 a.m. Un oficial que inicie un turno en alguna de estas horas trabaja durante las siguientes 8 horas. Durante las operaciones normales de la semana, el número de oficiales necesarios varía dependiendo de la hora del día. Los lineamientos de personal del departamento requieren que se tenga el número mínimo siguiente de oficiales en servicio como se muestra en la tabla de abajo. Determine el número de oficiales de policía que deberán programarse para iniciar los turnos de 8 horas en cada uno de estos horarios (8:00 a.m., medio día, 4:00 p.m., 8:00 p.m., media noche y 4:00 a.m.), a fin de minimizar el total de oficiales requeridos. (Sugerencia: haga que X1 = numero de oficiales que empiezan a trabajar a las 8:00 a.m., X2 = numero de oficiales que empiezan a trabajar a medio día, y así sucesivamente).

Hora del dia	Mínimo de oficiales en servicio
8:00 am - Medio dia	5
Medio dia - 4:00 pm	6
4:00 pm - 8:00 pm	10
8:00 pm - Media noche	7
Media noche - 4:00 am	4
4:00 am - 8:00 am	6

Problema 10. Problema de Florida Citrus, Inc., procesa jugo de naranja y lo transforma en concentrado congelado en tres plantas localizadas en Tampa, Miami y Jacksonville. De cualquiera de los dos huertos ubicados cerca de Orlando y Gainesville se pueden enviar libras de naranjas hacia cualquier planta. El huerto que está cerca de Orlando tiene 20,000 libras de naranjas y el huerto cercano a Gainesville tiene 12,000 libras de naranjas. La planta de tampa requiere al menos 8000 libras de naranjas para cumplir con la producción. Las plantas de Miami y Jacksonville requieren cada una al menos 11,000 libras de naranjas. Dado el costo de embarque, el objetivo es determinar como embarcar estas naranjas desde los dos huertos a las tres plantas procesadoras para minimizar sus costos.

	Costo por embarque ($/ton.) A		
Desde	Tampa	Miami	Jacksonville
Orlando	50	75	60
Gainesville	60	90	45

Problema 11. La división de Investigación y Desarrollo de SONY, Electonics Desing And Manufacturing. Ha desarrollado tres nuevos productos posibles. Sin embargo para evitar una diversificación excesiva de la línea de productos de la compañía, la administración ha impuesto la siguiente restricción:
Requerimiento 1: de los tres nuevos productos posibles, deben escogerse a lo más dos para producción. Se dispone de dos plantas que pueden producir los productos elegidos por razones administrativas, la administración impuso una segunda restricción a este respecto.
Requerimiento 2: solo una de las dos plantas debe asignarse para la producción de los nuevos productos.
El costo unitario de producción de cada producto sería en esencia el mismo en las dos plantas. Pero por diferencias en las instalaciones de producción, el número de horas de producción por unidad de cada producto puede diferir entre ellas, como se muestra en la siguiente tabla:

Conceptos	Tiempo de producción por c/unidad			Horas Disponibles por Semana
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	
Planta 1	3	4	2	30
Planta 2	4	6	2	40
Ganancia 0unitaria	5	7	3	(miles de dólares)
Ventas potenciales	7	5	9	(uds. x semana)

El objetivo es seleccionar los productos, la planta y la producción de los productos elegidos de manera que se maximice la ganancia total.

Problema 12. La EZ Company fabrica tres productos de última moda, a los cuales el departamento de mercadotecnia ha denominado Mad, Mud, Mod. Estos tres productos se fabrican a partir de tres ingredientes los cuales, por razones de seguridad, se han designado con nombres en codigo que son Alpha, Baker y Charlie. Las libras de cada ingrediente que se requieren para fabricar una libra de producto final se muestran en tabla 2. La empresa cuenta respectivamente con 400, 800 y 1000 libras de los ingredientes Alpha, Baker y Charlie. Bajo las condiciones actuales del mercado, las contribuciones a las utilidades para los productos son $18 para Mad, $10 para Mud y $12 para Mod. Plantee un problema de PL para determinar la cantidad de cada uno de los productos de última moda que deben fabricarse.

Tabla 2.

Producto	*Ingrediente*		
	Alpha	*Baker*	*Charlie*
Mad	4	7	8
Mud	3	9	7
Mod	2	2	12

Problema 13. Kelson Sporting Equipment fabrica dos modelos de guantes de béisbol: uno normal y una manopla de catcher. La empresa tiene disponibles 900 hrs. de tiempo de producción en su departamento de corte y costura, 300 horas disponibles en su departamento de terminado y 100 horas disponibles en su departamento de embarque. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a la utilidad de cada uno de los productos son los que se muestran en la tabla de abajo. Suponga que la empresa esta interesada en maximizar la contribución total a la utilidad.

a. ¿Cuál es el modelo de programación para este problema?
b. Encuentre la solución óptima. ¿Cuántos guantes de cada modelo deberá fabricar Kelson?

c. ¿Cuál es la contribución total a la utilidad que puede ganar Kelson con las cantidades de producción arriba citadas?\
d. ¿Cuántas horas de tiempo de producción serán programadas en cada departamento?
e. ¿Cuál es e tiempo libre de cada departamento?

Modelo	**TIEMPO DE PRODUCCION (Hrs)**			***Utilidad/Guante***
	Corte y costura	***Terminado***	***Empaque y embarque***	
Guante normal	1	1\2	1\8	$5
Manopla de catcher	3\2	1\3	1\4	#8

Problema 14. Como práctica adicional en la formulación e interpretación de la solución de computadora para programas lineales que implican mas de 2 variables de decisión. Bluegrass Farms, ubicado en Lexington, Kentucky, ha estado experimentando con una dieta para sus caballos de carreras. Los componentes alimentarios disponibles para la dieta son un producto estándar para caballos, un producto de avena enriquecida y un nuevo aditivo alimentario de vitaminas y minerales. Los valores nutritivos en unidades por libra y los costos para los tres componentes se resumen en la tabla 8.3; por ejemplo, cada libra de componente estándar tiene 0.8 unidades del ingrediente A, 1 unidad del ingrediente B y 0.1 unidades del ingrediente C. Los requerimientos dietéticos mínimos diarios para cada caballo son 3 unidades del ingrediente B, 6 unidades del ingrediente B y 4 unidades del ingrediente C. Además, para controlar el peso de los caballos, la alimentación diaria total para un caballo no debe excederse de 6 libras. A Bluegrass Farms le gustaría determinar la mezcla de costo mínimo que satisfará los requerimientos dietéticos diarios.

Componente Alimentario	Estándar	Avena Enriquecida	Aditivo
Ingediente A	0.8	0.2	0.0
Ingrediente B	1.0	1.5	3.0
Ingrediente C	0.1	0.6	2.0
Costo por libra	$0.25	$0.50	$3.00

Problema 15. Una compañía tiene 3 plantas que fabrican carriolas para bebe que deben enviarse a 4 centros de distribución .las plantas 1,2 y 3, producen 12,17 y 11 cargas mensuales, respectivamente. Cada centro de distribución necesita recibir 10 cargas al

mes. La distancia desde cada planta a los respectivos centros de distribución es la siguiente.

		Centro de distribución/distancia			
		1	2	3	4
	1	800 millas	1300 millas	400 millas	700 millas
planta	2	1100 millas	1400 millas	600 millas	1000 millas
	3	600 millas	1200 millas	800 millas	900 millas

El costo del flete por embarque es de $100 mas $0.50/milla. ¿Cuántas cargas deben de mandarse desde cada planta a cada centro de distribución para minimizar el costo total de transporte?

a) formule este problema como un problema de transporte mediante la construcción de la tabla de parámetros apropiada.
b) Dibuje la representación de red de este problema.
c) Obtenga una solución óptima.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema. (Aclarando que solo se evalúa el planteamiento del modelo)

5.- RESULTADOS: los resultados se presentarán en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES:
Las conclusiones y recomendaciones se emitirán en un reporte de Word en base a los resultados obtenidos en la parte de cálculos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio. (Aclarando que solo se evalúa el planteamiento del modelo)

7.- BIBLIOGRAFÍA:

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
3	NOMBRE DE LA PRACTICA	Método gráfico	4

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLc, mediante el método de solución gráfica.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante los métodos de solución gráfica para la mejora en la toma de decisiones en el sector productivo.

3.- TEORÍA: El método gráfico soluciona problemas de PL por medio de la representación geométrica del objetivo, las restricciones estructurales y las condiciones técnicas. En esta representación geométrica, los ejes coordenados pueden asociarse ya sea con variables o con las restricciones tecnológicas del problema.
Cuando los ejes cartesianos están relacionados con las variables (actividades) del problema, el proceso se conoce como método Gráfico en Actividades. Cuando de forma alternativa las restricciones tecnológicas (recursos) se identifican con los ejes coordenados, el método se denomina, Gráfico en Recursos.
Un problema de PL con **m** restricciones y **n** variables (las condiciones técnicas no se incluyen en la dimensión del problema) se dice que posee una dimensión de (m x n). Entonces, geométricamente hablando, el método gráfico se limita ha resolver problemas de una dimensión (m x 3), como máximo y el método gráfico en recursos a problemas de máximo (3 x n). El método gráfico en sus dos versiones no representa una buena alternativa de solución a problemas de PL reales, ya que uno de tamaño mediano tendría una dimensión de, por lo menos, (10 x 20). Sin embargo, dada su naturaleza geométrica y su poco formalismo matemático, brinda al lector un beneficio didáctico. Resumiendo, el método gráfico se utiliza para la solución de problemas de PL, representando geométricamente a las restricciones, condiciones técnicas y el objetivo. El modelo se

puede resolver en forma gráfica si sólo tiene dos variables. Para modelos con tres o más variables, el método gráfico es impráctico o imposible.

Ventajas y Desventajas del Método Gráfico.

Básicamente, la mayor ventaja que representa, (como se mencionaba en el párrafo anterior) es de origen didáctico. Cuando se inicia con el estudio de los modelos de soluciones, resulta muy conveniente la representación de la información que este método proporciona, lo que permite observar con claridad la interacción de las variables y la función objetivo, así como la solución optima. El método gráfico es una oportunidad valiosa e interesante para involucrar al investigador de operaciones, clara y objetivamente, en los fundamentos matemáticos de los métodos analíticos de solución a problemas de PL.

Por otra parte, la desventaja que presenta, obviamente es que en problemas reales de PL se maneja un número mucho mayor de variables y restricciones, que las que este método permite, lo cual automáticamente lo deja fuera de consideración, sin embargo recordemos que el método simplex toma de base la estructura que proporciona el método gráfico.

Pasos para planteamiento y desarrollo del Método Gráfico.

Los pasos necesarios para realizar el método son los siguientes:
1. graficar las soluciones factibles, o el espacio de soluciones (factible), que satisfagan todas las restricciones en forma simultánea.
2. Las restricciones de no negatividad Xi>= 0 confían todos los valores posibles.
3. El espacio encerrado por las restricciones restantes se determinan sustituyendo en primer término <= por (=) para cada restricción, con lo cual se produce la ecuación de una línea recta.
4. trazar cada línea recta en el plano y la región en cual se encuentra cada restricción cuando se considera la desigualdad lo indica la dirección de la flecha situada sobre la línea recta asociada.
5. Cada punto contenido o situado en la frontera del espacio de soluciones satisfacen todas las restricciones y por consiguiente, representa un punto factible.
6. Aunque hay un número infinito de puntos factibles en el espacio de soluciones, la solución óptima puede determinarse al observar la dirección en la cual aumenta la función objetivo.
7. Las líneas paralelas que representan la función objetivo se trazan mediante la asignación de valores arbitrarios a fin de determinar la pendiente y la dirección en la cual crece o decrece el valor de la función objetivo.

El último paso consiste en la conclusión analítica de la solución obtenida, es decir la interpretación de la solución. Ahora bien, aquí es importante señalar que existen dos variantes del método gráfico: el método gráfico en actividades y el método gráfico en recursos. Estos métodos concluyen de forma distinta la solución del problema. A continuación veremos estos a detalle.

Clasificación del Método Gráfico

Cuando los ejes son relacionados con las variables del problema, el método es llamado método gráfico en actividad. Cuando se relacionan las restricciones tecnológicas se denomina método gráfico en recursos. Dibujar un sistema de coordenadas cartesianas en el que cada variable de decisión esté representada por un eje, con la escala de medida adecuada a su variable asociada. A continuación describiremos cada uno de estos métodos.

Método Gráfico en Actividades
Esta versión del método grafico asocia una variable a cada eje coordenado y luego realiza tres pasos básicos:

I. Representa geométricamente las restricciones estructurales y las condiciones técnicas
II. Representa geométricamente a la función objetivo
III. Identifica gráficamente a la solución optima

4.- PROCEDIMIENTO:
Aquí se evaluará el análisis que se planteo en la parte de introducción, donde se le dará seguimiento con los procedimientos para la solución de los problemas por el método gráfico.
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **PROBLEMA 1:** RMC, es una pequeña empresa que fabrica una variedad de producto basados en sustancias químicas. En un proceso de producción particular, se emplean tres materias primas para producir dos productos: un aditivo para combustible y una base para solvente. El aditivo para combustible se vende a compañías petroleras y se usa en la producción de gasolina y combustibles relacionados. La base para solvente se vende a una variedad de empresas químicas y se emplea en productos de limpieza en el hogar e industriales. Las tres materias primas se mezclan para fabricar el aditivo para combustible y la base para el solvente, tal como se indica en la tabla 1. Esta nos muestra que una tonelada de aditivo para combustible es una mezcla de 0.4 toneladas del material 1 y 0.6 toneladas del material 3. Una tonelada de la base para solvente es una mezcla de 0.5 toneladas del material 1, 0.2 toneladas del material 2 y 0.3 toneladas del material 3. La producción de RMC esta restringida por una disponibilidad limitada de las tres materias primas. Para el periodo de producción actual, RMC tiene disponibles las siguientes cantidades de cada materia prima.

Tabla 1. Requerimientos de Materiales por Tonelada para el Problema de RMC

	PRODUCTO	
Material	Aditivo para Combustible	Base Para Solvente
1	0.4	0.5
2		0.2
3	0.6	0.3

Material	Cantidad Disponible para la Producción
1	21 toneladas
2	5 toneladas
3	22 toneladas

Debido a los desechos y a la naturaleza del proceso de producción, los materiales que no se lleguen a usar en una corrida de producción no se pueden almacenar para las subsiguientes, son inútiles y deben desecharse.
El departamento de contabilidad analizó las cifras de producción, asigno todos los costos revelantes y llego a precios que para ambos productos, producirán una contribución a la utilidad de $40 por cada tonelada de aditivo para combustible producida y $30 por cada tonelada producida de base para solvente. Ahora usaremos la programación lineal continua para modelar este problema; determinar la cantidad de aditivo para combustible y la cantidad de base para solvente por producir a fin de maximizar la contribución a la ganancia total.

PROBLEMA 2: M&D Chemicals produce dos productos que se venden como materia prima para empresas fabricantes de jabones para baño, detergentes para lavandería y otros productos de jabón. Apoyándose en un análisis de los niveles actuales de inventario y de la demanda potencial para el mes siguiente, la administración de M&D ha especificado que la producción total de los productos 1 y 2 combinados debe ser por lo menos 350 galones. Además, debe cumplirse con un pedido de un cliente de importancia de 125 galones del producto 1. El tiempo de proceso del producto 1 requiere dos horas por galón, y del producto 2 requiere de una hora, para el mes siguiente, hay disponibles 600 horas de tiempo de proceso. Los costos de producción son 2 dólares por galón del producto 1 y 3 dólares del producto 2.

a. Determine las cantidades de producción que significan los requisitos especificados al costo mínimo.

b. ¿Cuál es el costo total de producto?
c. Identifique la cantidad de cualquier producción excedente

PROBLEMA 3: Resuelva el siguiente problema lineal empleando el procedimiento de solución gráfica.

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	5	5		
C1	1		<=	100
C2		1	<=	80
C3	2	4	<=	400
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

PROBLEMA 4: Considere el siguiente problema de programación lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	3		
C1	2	4	<=	12
C2	6	4	<=	24
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Encuentre la solución óptima usando el procedimiento de solución gráfica.
b) Si la función objetivo se cambia a 2x1 + 6x2 ¿cuál será la solución óptima?
c) ¿Cuántos puntos extremos hay? ¿Cuáles son los valores de X1 y X2 en cada punto extremo?

PROBLEMA 5: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	1	2		
C1	1		<=	5
C2		1	<=	4
C3	2	2	<=	12
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Muestre la región factible.
b) ¿Cuáles son los puntos extremos de la región factible?
c) Encuentre la solución óptima usando el procedimiento gráfico.

PROBLEMA 6: Par es un pequeño fabricante de equipo y accesorios para golf cuyo distribuidor lo convenció de que existe un Mercado tanto para la bolsa de golf de precio mediano, conocida como modelo estándar, como para una bolsa de golf de precio elevado, conocida como modelo deluxe. El distribuidor tiene tanta confianza en el mercado que si Par puede fabricar las bolsas a un precio competitivo, el distribuidor esta de acuerdo en adquirir todas las bolsas que Par pueda fabricar en los siguientes tres meses. Un análisis cuidadoso de los requerimientos de fabricación dio como resultado la tabla siguiente, que muestra las necesidades de tiempo de producción para las cuatro operaciones de manufactura requeridas y la estimación por parte del departamento de contabilidad de la contribución a la utilidad por bolsa.

Producto	**Tiempo de producción (horas)**				***Utilidad por bolsa***
	Corte y teñido	*Costura*	*Terminado*	*Inspección y empaque*	
Estándar	7 \ 10	1 \ 2	1	1 \ 10	$10
Deluxe	1	5 \ 6	2 \ 3	1 \ 4	$9

El director de manufactura estima que durante los siguientes tres meses estarán disponibles 630 horas de tiempo de corte y teñido, 600 de tiempo de costura, 708 horas de tiempo de terminado y 135 horas de tiempo de inspección y empaque para la producción de las bolsas de golf.

a. Si la empresa desea maximizar la contribución total a la utilidad, ¿Cuántas bolsas de cada modelo deberá fabricar?
b. ¿Qué contribución a la utilidad puede obtener Par de estas cantidades de producción?
c. ¿Cuántas horas de producción se programaran para cada operación?
d. ¿Cual es el tiempo de holgura de cada operación?

PROBLEMA 7: Suponga que la administración de Par se encuentra con la siguiente situación:

a. El departamento de contabilidad revisa su estimación de contribución a la utilidad para la bolsa deluxe a 18 dólares por bolsa.
b. Aparece disponible una nueva materia prima de bajo costo para la bolsa estándar, y la contribución a la utilidad por bolsa estándar puede incrementar a 20 dólares por bolsa. (Suponga que la contribución a la utilidad de la bolsa deluxe es el valor original de nueve dólares).
c. Se puede obtener nuevo equipo de costura que incrementaría la capacidad de la operación de costura a 750 hrs. (Suponga que 10X1 + 9X2 es la función objetivo apropiada).

d. Si cada una de estas situaciones se encuentra o evalúa por separado, ¿Cuál seria la solución óptima y la contribución total a la utilidad?

PROBLEMA 8: Remítase a la región factible para la empresa Par del problema 6.

a) Elabore una función objetivo que haga que el punto extremo sea (0,540) el punto extremo óptimo.
b) ¿Cuál es la solución óptima para la función objetivo que seleccionó en el inciso a?
c) ¿Cuales son los valores de las variables de holgura asociadas con esta solución?

PROBLEMA 9: Embassy Motorcycles (EM) fabrica dos motocicletas ligeras diseñadas para un manejo fácil y seguro. El modelo EZ-Rider tiene un motor nuevo y un perfil bajo que la hace fácil de equilibrar. El modelo Lady-Sport es un poco más grande, usa un motor más tradicional y esta diseñada de manera mas específica para atraer a las mujeres. Embassy produce los motores para ambos modelos en su planta de Des Moines, Iowa. Cada motor EZ-Raider requiere 6 hrs. de manufactura y cada motor Lady-Sport requiere 3 hrs. de manufactura. La planta de Des Moines tiene 2100 hrs. de manufactura de motores disponibles para el siguiente periodo de producción. El proveedor de cuadros de motocicletas de Embassy puede surtir tantos marcos de la EZ-Raider como sea necesario. Sin embargo, el cuadro de la Lady-Sport es más complejo y el proveedor solo puede proporcionar hasta 280 cuadros Lady-Sport para el siguiente periodo de producción. El ensamble y prueba finales requieren 2 hrs. para cada unidad de la EZ-Raider y 2.5 hrs. para cada unidad de la Lady-Sport. Se dispone de un máximo de 1000 hrs. de tiempo de ensamble y prueba para el siguiente periodo de producción. El departamento de contabilidad de la compañía proyecta una contribución a la ganancia de $2400 para cada EZ-Raider producida y $1800 para cada Lady-Sport producida.

a) Formule un modelo de programación lineal que pueda usarse para determinar la cantidad de unidades de cada modelo que deberían producirse para maximizar la contribución total a la utilidad.
b) Resuelva gráficamente el problema. ¿Cuál es la solución óptima?
c) ¿Cuáles restricciones no tienen holgura?

PROBLEMA 10: Kelson Sporting Equipment fabrica dos modelos de guantes de béisbol: uno normal y una manopla de catcher. La empresa tiene disponibles 900 hrs. de tiempo de producción en su departamento de corte y costura, 300 horas disponibles en su departamento de terminado y 100 horas disponibles en su departamento de embarque. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a la utilidad de cada uno de los productos son los que se muestran en la tabla de abajo. Suponga que la empresa esta interesada en maximizar la contribución total a la utilidad.

a. ¿Cuál es el modelo de programación para este problema?
b. Encuentre la solución óptima. ¿Cuántos guantes de cada modelo deberá fabricar Kelson?

c. ¿Cuál es la contribución total a la utilidad que puede ganar Kelson con las cantidades de producción arriba citadas?
d. ¿Cuántas horas de tiempo de producción serán programadas en cada departamento?
e. ¿Cuál es e tiempo libre de cada departamento?

Modelo	**TIEMPO DE PRODUCCION (Hrs)**			***Utilidad/Guante***
	Corte y costura	***Terminado***	***Empaque y embarque***	
Guante normal	1	1\2	1\8	$5
Manopla de catcher	3\2	1\3	1\4	$8

PROBLEMA 11: Expedition Outfitters fabrica ropa especial para excursionismo, esqui y alpinismo. La administración de la empresa ha decidido iniciar la producción de dos nuevas chamarras, diseñadas para uso en climas extremadamente fríos, los nombres seleccionados para los dos modelos son Mount Everest y Rocky Mountain. La planta de fabricación tiene disponibles 120 hrs de tiempo de corte y 120 horas de tiempo de costura para la producción de estas dos chamarras. Cada Mount Everest requiere de 30 minutos de tiempo de corte y de 15 minutos de tiempo de costura. El costo de mano de obra y materia prima es de 150 dólares para cada Mountain Everest y de 50 dólares por cada Rocky mountain. Los precios al menudeo a través del catalogo por correo de la empresa son de 250 dólares para Mountain Everest y de 200 dólares para la Rocky Mountain. Dado que la administración cree que la Mount Everest es un abrigo único que mejorará la imagen de la empresa, ha decidido que por lo menos 20% de la producción total debe corresponder a este modelo. Suponiendo que Expedition Outfitters pueda vender tantas chamarras de este tipo como pueda producir, ¿cuántas unidades de cada modelo deberá fabricar para maximizar la contribución total a la utilidad?

PROBLEMA 12: Southern Oil Company produce dos grados de gasolina: regular y Premium. Las contribuciones a la ganancia son $0.30 por galón para la regular y $0.50 por galón para la Premium. Cada galón de gasolina regular contiene 0.3 galones de petróleo crudo grado A y cada galón de gasolina Premium contiene 0.6 galones de petróleo crudo grado A. para el siguiente periodo de producción, Southern tiene 18,000 galones de petróleo crudo grado A disponibles. La refinería empleada para la producir las gasolinas tiene una capacidad de producción de 50,000 galones para el siguiente periodo de producción. Los distribuidores de Southern Oil han indicando que la demanda de gasolina Premium para el siguiente periodo de producción será cuando mucho de 20,000 galones.

a) formule un modelo de programación lineal que pueda usarse para determinar la cantidad de galones de gasolina regular y la cantidad de galones de gasolina Premium que deberían producirse para maximizar la contribución a la ganancia total.

b) ¿Cuál es la solución optima?
c) ¿Cuáles son los valores e interpretaciones de las variables de holgura?
d) ¿Cuáles son las restricciones que confinan la solución?

PROBLEMA 13: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	2		
C1	1	1	<=	10
C2	3	1	<=	24
C3	1	2	<=	16
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la solución óptima.
b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A cambia de 3 a 5 ¿varia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.
c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A permanece en 3. pero el coeficiente de la función objetivo para B cambia de 2 a 4, ¿varia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

PROBLEMA 14: Considere el programa lineal anterior (problema 13). El valor de la solución óptima es 27. Suponga que el lado derecho para la restricción 1 se incrementa de 10 a 11.

a) Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

PROBLEMA 15: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	8	12		
C1	1	3	>=	9
C2	2	2	>=	10
C3	6	2	>=	18
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la solución óptima.
b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 cambia de 8 a 6. ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 permanece en 8, pero el coeficiente de la función objetivo para X2 cambia de 12 a 6, ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

PROBLEMA 16: Considere el programa lineal en el problema 15. El valor de la solución óptima es 48. Suponga que el lado derecho para la restricción 1 se incrementa de 9 a 10.

a) use el procedimiento de la solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

PROBLEMA 17: Remítase al problema de Kelson Sporting Equipment. (Problema pendiente)
X1 = cantidad de guantes regulares
X2 = cantidad de guantes para catcher
Podemos formular el problema de la siguiente manera:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	5	8		
C1	1	1.5	<=	900
C2	.5	.333	<=	300
C3	.125	.25	<=	100
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) ¿Cuál es la solución óptima y cual es el valor de la contribución a la ganancia total?
b) ¿Qué restricciones son utilizadas con una eficiencia del 100%?
c) Si pudiera programarse tiempo extra en uno de los departamentos, ¿Dónde recomendaría hacerlo?

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso estudiado.

6.- CONCLUSIONES:
Las conclusiones y recomendaciones se emitirán en un reporte de Word en base a los resultados obtenidos en la parte de cálculos, los cuales ayudaran a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
4	NOMBRE DE LA PRACTICA	Método Simplex: método de la gran "M" y bifásico	4

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLc, mediante el método simplex en base a sus diferentes lógicas matemáticas y algoritmos (método de la gran "M" y bifásico).

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante los métodos de solución matricial para la mejora en la toma de decisiones en el sector productivo.

3.- TEORÍA: El método Simplex, introducido en su forma original por Spendley; Hext y Himsworth, en 1962, no se basa en planeamientos factoriales y por eso requiere pocos experimentos para moverse, desplazándose en la dirección del óptimo. La aplicación del método Simplex en Química Analítica fue efectuada por la primera vez en 1969. El método Simplex original, a lo largo de estos años, a sufrido modificaciones que obligaron a la distinción del mismo dentro de las estrategias de optimización, así el método Simplex original pasó a ser llamado de Método Simplex Básico.

En teoría de optimización matemática, el algoritmo simplex de George Dantzig es una técnica popular para dar soluciones numéricas del problema de la PL. Podríamos definir al Método Simplex como un procedimiento iterativo que permite tender progresivamente hacia la solución óptima. Es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar y probar soluciones situadas en los vértices de optimalidad.

El método requiere que las restricciones sean ecuaciones en lugar de inecuaciones, lo cual se logra añadiendo variables de holgura a cada inecuación del modelo, variables que nunca pueden ser negativas y tienen coeficiente 0 en la función. El método del Simplex se basa en la siguiente propiedad: si la función objetivo, f, no toma su valor máximo en el vértice A, entonces hay una arista que parte de A, a lo largo de la cual f aumenta. Deberá tenerse en cuenta que el método del Simplex sólo trabaja para restricciones que tengan un tipo de desigualdad "≤" y coeficientes independientes mayores o iguales a 0, y habrá que estandarizar las mismas para el algoritmo. En caso de que después de éste proceso, aparezcan (o no varíen) restricciones del tipo "≥" o "=" habrá que emplear otros métodos, siendo el más común el método de las Dos Fases.

El procedimiento más común para resolver un modelo de Programación Lineal, y en el cual esta basado la mayoría de software existente sobre Investigación de Operaciones, es el método simplex. French (1986) resume el procedimiento del método simplex de la siguiente manera:
Paso 1. Introducir las variables de holgura y exceso para convertir las desigualdades en ecuaciones.
Paso 2. Encontrar una solución inicial factible. Esto es que la tabla inicial contenga variables que tomen valor. Como para que una variable tome valor debe tener en su columna un 1 y las demás componentes 0, en la tabla inicial la soluciones serán las variables de holgura.
Paso 3. Tomar el valor más negativo en la función objetivo. Esto dará la columna pivote y la variable correspondiente a esta columna será una nueva variable básica.
Paso 4. En cada renglón de las restricciones dividir la cantidad que aparece en la ultima columna (valor de b) entre el numero que aparece en la columna pivote. Escoger el renglón con el resultado de la división más pequeño y será el renglón pivote. La intersección entre columna y renglón pivote es el elemento pivote.
Paso 5. Dividir el renglón entre el valor del elemento pivote. Utilizando el renglón resultante de la división anterior, convertir las otras componentes de la columna pivote en cero. Regresar al paso 2.

Los cinco pasos anteriores muestran, a groso modo, la lógica del método simplex. Si el lector esta familiarizado con el tema no tendrá problema alguno para comprender este procedimiento, de cualquier manera se recomienda utilizar algunos de los libros que aparecen en la bibliografía (principalmente Taha, 1998). Aunque el procedimiento es muy sencillo, en la actualidad no es necesario realizar cálculos a mano, ya que este mismo proceso utiliza cualquier software comercial de Investigación de Operaciones.

4.- PROCEDIMIENTO:
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1.** Problema de Carmac Company, fabrica carros compactos y subcompactos. La producción de cada carro requiere una cierta cantidad de materia prima y mano de obra, como se específica en la siguiente tabla:

Tipos de Carros	Materia Prima (libras)	Mano de Obra (horas)
Compactos	200	18
Subcompactos	150	20
Costo Unitario	10	70
Total disponible	80000	9000

La división de comercialización ha estimado que a lo más 1500 compactos pueden venderse a $10,000 cada uno y que a lo más 200 subcompactos pueden venderse a $8,000 cada uno. Como Vicepresidente de programación, formule un modelo de PL para determinar la cantidad a fabricar de cada tipo de carro para maximizar la ganancia total y minimizar los costos de producción (Materia prima y mano de obra) por el método simplex.

Problema 2. La Fresh Food Faros, Inc., tiene 50 acres de tierra en la cual plantar cualquier cantidad de maíz, soya, lechuga, algodón y brócoli. La siguiente tabla muestra la información relevante perteneciente a la producción, el costo de plantación, el precio de venta esperado y los requerimientos de agua para cada cultivo. Para la próxima temporada, hay 100 000 litros de agua disponible y la compañía ha contratado vender al menos 5120 kilogramos de maíz. Formule un programa lineal continuo para determinar una estrategia de plantación óptima para la compañía que maximice sus ganancias y minimice sus costos por medio del método de la gran "M"

Cultivo	Producción (kg/acre)	Costo ($/kg)	Precio de venta ($/kg)	Agua requerida (lts/kg)
Maíz	640	1.00	1.70	8.75
Frijoles de soya	500	0.50	1.30	5.00
Lechuga	400	0.40	1.00	2.25
Algodón	300	0.25	1.00	4.25
Brócoli	350	0.60	1.30	3.50

Problema 3. Luxris Electronics manufactura dos productos que se pueden producir en dos líneas distintas de producción. Ambos productos tienen costos de producción más bajos cuando se producen en la más moderna de las dos líneas. Sin embargo, la línea de producción más moderna no tiene capacidad para manejar la producción total. Como

resultado, parte de la producción debe efectuarse en la línea de producción más antigua. Los datos siguientes muestran los requerimientos totales de producción, la capacidad de las líneas de producción y los costos de producción.

Producto	Línea moderna	Línea antigua	Requerimientos mínimos de producción
1	$3.00	$5.00	500 unidades
2	$2.50	$4.00	700 unidades
Capacidad de línea	800	600	

Formule un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para tomar la decisión de asignación de la producción. Resuelva este problema por medio del método bifásico para saber ¿Cuál es la decisión recomendada y cual es el costo total?

PROBLEMA 4: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	8	12		
C1	1	3	>=	9
C2	2	2	>=	10
C3	6	2	>=	18
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Use el procedimiento de solución gráfica del método de la gran "M" para encontrar la solución óptima.
b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 cambia de 8 a 6. ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento del método bifásico para encontrar la nueva solución óptima.
c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 permanece en 8, pero el coeficiente de la función objetivo para X2 cambia de 12 a 6, ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.
h) French S., Hartley R. Thomas L.C. y White D.J. (1986). Operational Research Techniques. Edward Arnold Pty Ltd. Australia.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA **FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA**

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
5	NOMBRE DE LA PRACTICA	Método simplex revisado	3

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLc, mediante el método simplex revisado en base a su lógica matemática.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante el método simplex revisado para la mejora en la toma de decisiones en la solución de problemas en el sector productivo.

3.- TEORÍA: El método simplex revisado se basa directamente en la forma matricial del método simplex. Sin embargo, la diferencia es que el método simplex revisado incorpora una mejora clave a la forma matricial. En lugar de que sea necesario invertir la nueva matriz base **B** después de cada iteración, lo cual es muy costoso desde el punto de vista computacional para matrices de gran tamaño, el método simplex revisado utiliza un procedimiento mucho más eficiente que simplemente actualiza $\mathbf{B}^{-1}$ de una iteración a la siguiente.
En particular, después de cualquier iteración, los coeficientes de las *variables de holgura* en todos los renglones excepto del 0 en la tabla simplex actual se hacen igual a $\mathbf{B}^{-1}$, donde **B** es la matriz de base actual. Esta propiedad es válida siempre y cuando el problema que se trata de resolver se ajuste a *nuestra forma estándar*.
La otra propiedad relevante del método simplex es que el paso 3 de una iteración cambia los números de la tabla simplex, incluyendo los números que generan $\mathbf{B}^{-1}$, sólo si se realizan las operaciones algebraicas elementales (tales como dividir una ecuación entre una constante o restar un múltiplo de alguna ecuación de otra ecuación) que sean necesarias para recuperar la forma apropiada a partir de la eliminación gaussiana. Por lo tanto, todo lo que se necesita para actualizar $\mathbf{B}^{-1}$ de una iteración a la siguiente es obtener la nueva $\mathbf{B}^{-1}$ (representada por $\mathbf{B}^{-1}_{nueva}$) a partir de la B-1 vieja (representada por **B**-

$^{1}{}_{vieja}$) realizando las operaciones algebraicas usuales en $\mathbf{B}^{-1}_{vieja}$ que la forma algebraica del método simplex llevaría a cabo en todo el sistema de ecuaciones [excepto en la ecuación (0)] para esta iteración. Por lo tanto, después de definir a la variable básica entrante y a la variable básica saliente de los pasos 1 y 2 de una iteración, el procedimiento consiste en aplicar el paso 3 de una iteración a la porción $\mathbf{B}^{-1}$ de la tabla simplex actual o sistema de ecuaciones.
Para describir este procedimiento formalmente, sea
x_k= variable básica entrante
a_{ik}= coeficiente de x_k en la ecuación (i) actual, para i=1,2,…,m (identificada en el paso 2 de una iteración),
r = número de la ecuación que contiene la variable básica saliente.
Recuerde que el nuevo conjunto de ecuaciones [excluyendo la ecuación (0)] puede obtenerse a partir del conjunto anterior restando a'_{ik}/a'_{rk} veces la ecuación (r) de la ecuación (i), para toda i=1,2,…,m excepto i=r y después dividir la ecuación (r) por a'_{rk}. Por lo tanto, el elemento en el renglón i la columna j de $\mathbf{B}^{-1}$ nueva es:

$$(\boldsymbol{B}^{-1}_{nueva})_{ij} = \begin{matrix} (\boldsymbol{B}^{-1}_{vieja})_{ij} - \frac{a'_{ik}}{a'_{rk}}(\boldsymbol{B}^{-1}_{vieja})_{rj} & \text{si } i \neq r, \\ \frac{1}{a'_{rk}}(\boldsymbol{B}^{-1}_{vieja})_{rj} & \text{si } i = r. \end{matrix}$$

Estas fórmulas pueden expresarse en notación matricial como

$$\mathbf{B}^{-1}_{\text{nueva}} = \mathbf{E}\mathbf{B}^{-1}_{\text{vieja}},$$

Donde la matriz **E** es una matriz identidad excepto que si la columna r-ésima está reemplazada por el vector:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} {}_1 \\ {}_2 \\ \dots \\ {}_m \end{bmatrix}, \qquad \text{donde} \qquad {}_i = \begin{matrix} -\frac{a'_{ik}}{a'_{rk}} & \text{si } i \neq r, \\ \frac{1}{a'_{rk}} & \text{si } i = r. \end{matrix}$$

Así **E**=[$\mathbf{U_1}$, $\mathbf{U_2}$, **…**, $\mathbf{U_{r-1}}$, U_{r+1}, …, U_m], donde los *m* elementos de cada vector columna $\mathbf{U}_i$ son 0 a excepción de un 1 en la i-ésima posición.

4.- PROCEDIMIENTO:
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1.** Problema de Carmac Company, fabrica carros compactos y subcompactos. La producción de cada carro requiere una cierta cantidad de materia prima y mano de obra, como se específica en la siguiente tabla:

Tipos de Carros	Materia Prima (libras)	Mano de Obra (horas)
Compactos	200	18
Subcompactos	150	20
Costo Unitario	10	70
Total disponible	80000	9000

La división de comercialización ha estimado que a lo más 1500 compactos pueden venderse a $10,000 cada uno y que a lo más 200 subcompactos pueden venderse a $8,000 cada uno. Como Vicepresidente de programación, formule un modelo de PL para determinar la cantidad a fabricar de cada tipo de carro para maximizar la ganancia total y minimizar los costos de producción (Materia prima y mano de obra) por el método simplex.

Problema 2. La Fresh Food Faros, Inc., tiene 50 acres de tierra en la cual plantar cualquier cantidad de maíz, soya, lechuga, algodón y brócoli. La siguiente tabla muestra la información relevante perteneciente a la producción, el costo de plantación, el precio de venta esperado y los requerimientos de agua para cada cultivo. Para la próxima temporada, hay 100 000 litros de agua disponible y la compañía ha contratado vender al menos 5120 kilogramos de maíz. Formule un programa lineal continuo para determinar una estrategia de plantación óptima para la compañía que maximice sus ganancias y minimice sus costos por medio del método de la gran "M"

Cultivo	Producción (kg/acre)	Costo ($/kg)	Precio de venta ($/kg)	Agua requerida (lts/kg)
Maíz	640	1.00	1.70	8.75
Frijoles de soya	500	0.50	1.30	5.00
Lechuga	400	0.40	1.00	2.25
Algodón	300	0.25	1.00	4.25
Brócoli	350	0.60	1.30	3.50

Problema 3. Luxris Electronics manufactura dos productos que se pueden producir en dos líneas distintas de producción. Ambos productos tienen costos de producción más bajos cuando se producen en la más moderna de las dos líneas. Sin embargo, la línea de producción más moderna no tiene capacidad para manejar la producción total. Como

resultado, parte de la producción debe efectuarse en la línea de producción más antigua. Los datos siguientes muestran los requerimientos totales de producción, la capacidad de las líneas de producción y los costos de producción.

Producto	Línea moderna	Línea antigua	Requerimientos mínimos de producción
1	\$3.00	\$5.00	500 unidades
2	\$2.50	\$4.00	700 unidades
Capacidad de línea	800	600	

Formule un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para tomar la decisión de asignación de la producción. Resuelva este problema por medio del método bifásico para saber ¿Cuál es la decisión recomendada y cual es el costo total?

PROBLEMA 4: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	8	12		
C1	1	3	>=	9
C2	2	2	>=	10
C3	6	2	>=	18
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Use el procedimiento de solución gráfica del método de la gran "M" para encontrar la solución óptima.
b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 cambia de 8 a 6. ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento del método bifásico para encontrar la nueva solución óptima.
c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para X1 permanece en 8, pero el coeficiente de la función objetivo para X2 cambia de 12 a 6, ¿cambia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentarán en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

a) Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
b) Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
c) Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
d) Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
e) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
f) Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
g) programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
6	NOMBRE DE LA PRACTICA	Análisis Dual –Simplex Dual	4

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará el fundamento y el procedimiento para la solución de diferentes tipos de modelos de PLc, mediante el análisis dual y simplex dual en base a su lógica matemática.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante un análisis dual y simplex dual para la mejora en la toma de decisiones en la solución de problemas en el sector productivo.

3.- TEORÍA: uno de los descubrimientos más importantes durante el desarrollo inicial de la PL fue el concepto de dualidad y sus importantes ramificaciones. Este descubrimiento reveló que, asociado a todo problema de PL, existe otro problema lineal llamado dual. Desde distintos puntos de vista las relaciones entre el problema dual y el original (llamado primal) son muy útiles. Por ejemplo, se verá que, en realidad, la solución óptima del problema dual es la que proporciona los precios sombra de un modelo primal.

4.- PROCEDIMIENTO:
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1:** Considere el siguiente problema de programación lineal y responda las preguntas que se le pide:

a) Encuentre la solución óptima usando el procedimiento del método simplex dual y sus análisis de dualidad.

b) Si la función objetivo se cambia a 2x1 + 6x2 ¿cuál será la solución óptima por método simplex dual?
c) ¿Cuántos puntos extremos hay (análisis por el método gráfico)? ¿Cuáles son los valores de X1 y X2 en cada punto extremo? Analice su dualidad.
d)

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	3		
C1	2	4	<=	12
C2	6	4	<=	24
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

PROBLEMA 2: Suponga que la administración de Par (problema 6 de la práctica 3) se encuentra con la siguiente situación:

a) El departamento de contabilidad revisa su estimación de contribución a la utilidad para la bolsa deluxe a 18 dólares por bolsa, evalúe por el método simplex dual si mejora o no la solución.
b) Aparece disponible una nueva materia prima de bajo costo para la bolsa estándar, y la contribución a la utilidad por bolsa estándar puede incrementar a 20 dólares por bolsa. (Suponga que la contribución a la utilidad de la bolsa deluxe es el valor original de nueve dólares), analice la dualidad del problema.
c) Se puede obtener nuevo equipo de costura que incrementaría la capacidad de la operación de costura a 750 hrs. (Suponga que 10X1 + 9X2 es la función objetivo apropiada). Aplique el método simplex dual para la solución.
d) Si cada una de estas situaciones se encuentra o evalúa por separado, ¿Cuál seria la solución óptima y la contribución total a la utilidad que mejor se adecua a las necesidades de la empresa?

PROBLEMA 3: Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	2		
C1	1	1	<=	10
C2	3	1	<=	24
C3	1	2	<=	16
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) Use el procedimiento del método simplex dual para encontrar la solución óptima.

b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A cambia de 3 a 5 ¿varia la solución óptima? Use el procedimiento del método simplex dual para encontrar la nueva solución óptima.
c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A permanece en 3. pero el coeficiente de la función objetivo para B cambia de 2 a 4, ¿varia la solución óptima? Use el procedimiento del método simplex dual para encontrar la nueva solución óptima.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentarán en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA **FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA**

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
7	NOMBRE DE LA PRACTICA	Análisis de sensibilidad	4

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: Esta práctica presentará la flexibilidad que tiene un problema de PL mediante el análisis de sensibilidad para obtener una mejor solución en diferentes tipos de modelos.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, resolver y analizar los diferentes modelos de PL mediante el análisis de sensibilidad para la mejora en la toma de decisiones en la solución de problemas en el sector productivo.

3.- TEORÍA: El trabajo del equipo de IO apenas comienza una vez que se aplica con éxito el método simplex para identificar una solución óptima para el modelo. Un supuesto de PL es que todos los parámetros del modelo (a_{ik}, b_k y c_i) son constantes conocidas. El análisis de sensibilidad es importante llevarlo a cabo para investigar el efecto que tendría sobre la solución óptima que proporciona el método simplex el hecho de que los parámetros tomen otros valores posibles. En general, habrá algunos parámetros a los que se les pueda asignar cualquier valor razonable sin que afecten la optimalidad de esta solución. Sin embargo, también habrá parámetros con valores probables que lleven a una nueva solución óptima. Esta situación es seria, en particular si la solución original adquiere valores muy inferiores en la función objetivo. O tal vez no factibles.
Por tanto, un objetivo fundamental del análisis de sensibilidad es identificar los parámetros sensibles (es decir, los parámetros cuyos valores no pueden cambiar sin que cambie la solución óptima). Para coeficientes de la función objetivo que no están clasificados como sensibles, también puede resultar de gran utilidad determinar el intervalo de valores del parámetro para el que la solución óptima no cambia. (Este intervalo de valores se le conoce como intervalo permisible para ese coeficiente.) En algunos casos, el cambio de valor de un parámetro en la columna del lado derecho dentro de una restricción funcional puede afectar la factibilidad de la solución básica factible óptima. Para

manejar tales parámetros, es útil determinar el intervalo de valores para el que la solución básica factible óptima (con los valores ajustados de las variables básicas) seguirá siendo factible. (Este intervalo recibe el nombre de intervalo permisible por el lado derecho involucrado). Este rango de valores es también el rango dentro del cual el precio sombra actual de la restricción correspondiente permanece válido.

4.- PROCEDIMIENTO:

A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1:** Considere el siguiente programa lineal:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3	2		
C1	1	1	<=	10
C2	3	1	<=	24
C3	1	2	<=	16
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

a) use el procedimiento de solución gráfica y el método simplex para encontrar la solución óptima.
b) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A cambia de 3 a 5 ¿varia la solución optima? Use el procedimiento de solución gráfica y el método simplex para encontrar la nueva solución óptima.
c) Suponga que el coeficiente de la función objetivo para A permanece en 3. pero el coeficiente de la función objetivo para B cambia de 2 a 4, ¿varia la solución óptima? Use el procedimiento de solución gráfica para encontrar la nueva solución óptima.
d) La solución de la computadora del WINQSB para el programa lineal en el inciso a proporciona la siguiente información para el rango del coeficiente objetivo:

Variable	Limite inferior	Valor actual	Limite superior
A	2	3	6
B	1	2	3

Use la información del rango del coeficiente objetivo para responder los incisos b y c.

e) Analice los incisos b y c en cuanto a sus precios sombra y explique que pasa con ellos.

Problema 2: Modelo de planeación de personal para el banco ScotiabankInverlat. Este banco requiere de 8 a 15 cajeros de servicio, dependiendo de la hora del día. Los cajeros de tiempo completo trabajan ocho horas consecutivas a $15 por hora, comenzando a las 8 a.m. los cajeros de tiempo parcial trabajan cuatro horas consecutivas a $8 por hora, comenzando a las 8 a.m., 10 a.m. o 12 del medio día. Como gerente del departamento de personal, haga una recomendación respecto al número de empleados de tiempo completo y de tiempo parcial requeridos a lo largo del día para minimizar el costo diario total.

Requerimientos del Banco Scotiabankinverlat.

Período	Número mínimo de cajeros
8 – 10 a.m.	8
10 – 12 medio día	10
12 – 2 p.m.	15
2 – 4 p.m.	12

a) Analice y concluya en cuanto a los valores mínimos y máximos de la función objetivo, sus precios sombra (explique que pasa con ellos).
b) Analice y concluya en cuanto a los valores mínimos y máximos del recurso disponible en las restricciones.
c) Analice y concluya si existen holguras y/o faltantes de personal en los turnos de trabajo.

Problema 3. La Fresh Food Faros, Inc., tiene 50 acres de tierra en la cual plantar cualquier cantidad de maíz, soya, lechuga, algodón y brócoli. La siguiente tabla muestra la información relevante perteneciente a la producción, el costo de plantación, el precio de venta esperado y los requerimientos de agua para cada cultivo:

Cultivo	Producción (kg/acre)	Costo ($/kg)	Precio de venta ($/kg)	Agua requerida (lts/kg)
Maíz	640	1.00	1.70	8.75
Frijoles de soya	500	0.50	1.30	5.00
Lechuga	400	0.40	1.00	2.25
Algodón	300	0.25	1.00	4.25
Brócoli	350	0.60	1.30	3.50

Para la próxima temporada, hay 100 000 litros de agua disponible y la compañía ha contratado vender al menos 5120 kilogramos de maíz. Formule un programa lineal continuo para determinar una estrategia de plantación óptima para la compañía, analice sus holguras, precios sombra, los valores mínimos y máximos en la función objetivo, así como, en el recurso disponible en las restricciones.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
8	NOMBRE DE LA PRACTICA	Algoritmos de transporte	4

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: esta práctica presentará el desarrollo y análisis de los algoritmos de transporte por medio de los métodos de la esquina del noroeste, costo mínimo y Voguel para la optimización de los costos de transportes en que se pueden presentar en el sector productivo.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de transporte mediante los algoritmos: esquina del noroeste, costo mínimo y Voguel, esto para la mejora en la toma de decisiones en la solución de problemas del sector productivo.

3.- TEORÍA: MODELOS DE TRANSPORTE Y SUS VARIANTES

El modelo de transporte es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes (es decir, fábricas) hasta sus destinos (bodegas). El objetivo es determinar el programa de transporte que minimice el costo total del transporte y que al mismo tiempo satisfaga los límites de la oferta y la demanda. En el modelo se supone que el costo de transporte es proporcional a la cantidad de unidades transportadas en determinada ruta. En general, se puede ampliar el modelo de transporte a otras áreas de operación, entre otras el control de inventarios, programación de empleos y asignación de personal.

Aunque el modelo de transporte se puede resolver como una programación lineal normal, su estructura especial permite desarrollar un algoritmo de cómputo, basado en el simplex, que usa las relaciones primal-dual para simplificar los cálculos.

1. **Definición del modelo de transporte**

   El problema general se presenta en la red de la fig. 1. Hay *m* fuentes y *n* destinos, cada fuente y cada destino representados por un **nodo**. Los **arcos** representan las rutas que enlazan las fuentes y los destinos. El arco (*i, j*) que une a la fuente *i* con el destino *j* conduce dos clases de información: el costo de transporte c_{ij} por unidad, y la cantidad transportada x_{ij}. La cantidad de frontera en la fuente *i* es a_i y la cantidad de demanda en el destino *j* es b_j. El objetivo del modelo es determinar las incógnitas x_{ij} que minimicen el costo total del transporte, y que al mismo tiempo satisfagan las restricciones de oferta y demanda.

2. **El algoritmo de transporte**

El algoritmo de transporte sigue exactamente los mismos pasos que el modelo símplex. Sin embargo, en lugar de usar la tabla símplex normal, se aprovecha la ventaja de la estructura especial del modelo de transporte para organizar los cálculos en una forma más cómoda.

Se debe agregar que el algoritmo especial de transporte fue desarrollado por primera vez cuando la norma eran los cálculos a mano, y se necesitaban soluciones "con método abreviado". Hoy contamos con poderosos programas de cómputo que pueden resolver un modelo de transporte sólo como fachada en pantalla, pero maneja todos los cálculos necesarios con el método símplex normal. Sin embargo, el algoritmo, además de su importancia histórica, permite tener una perspectiva del uso de las relaciones teóricas primal-dual, para llegar a un resultado práctico, de mejorar los cálculos a mano. El ejercicio es integrante desde el punto de vista teórico.

Para facilitar la presentación de los detalles del algoritmo usaremos el ejemplo numérico que sigue:

Los pasos del algoritmo de transporte son exactamente iguales a los del algoritmo símplex:

Paso 1. Determinar una solución básica factible *de inicio* y seguir con el paso 2.

Paso 2. Usar la condición de optimalidad del método símplex para determinar la *variable de entrada* entre todas las variables no básicas. Si se satisface la condición de optimalidad, detenerse. En caso contrario seguir con el paso 3.

Paso 3. Usar la condición de factibilidad del método símplex para determinar la *variable de entrada* entre todas las variables básicas en ese momento, y determinar la nueva solución básica. Regresar al paso 2.

La estructura especial del modelo de transporte permite asegurar que haya una solución básica no artificial de inicio, obtenida con uno de los tres métodos siguientes:

1. **Método de la esquina noroeste (superior izquierda).**
2. **Método del costo mínimo.**

3. Método de aproximación de Vogel.

Los tres métodos difieren en la "calidad" de la solución básica de inicio que obtienen, en el sentido de que una mejor solución de inicio produce un valor objetivo menor. En general, el método de Vogel produce la mejor solución básica de inicio, y el de la esquina noroeste produce la peor. La compensación es que el método de la esquina noroeste implica el mínimo de cálculos.

Método de la esquina noroeste. El método comienza en la celda (ruta) de la esquina noroeste, o superior izquierda, de la tabla (variable x_{11}).

Paso 1. Asignar todo lo más que se puede a la celda seleccionada y ajustar las cantidades asociadas de oferta y demanda restando la cantidad asignada.

Paso 2. Salir del renglón o la columna cuando se alcance oferta o demanda cero, y tacharlo, para indicar que no se pueden hacer más asignaciones a ese renglón o columna. Si un renglón y una columna dan cero al mismo tiempo, *tachar sólo uno* (el renglón o la columna) y dejar una oferta (demanda) cero en el renglón (columna) que no se tachó.

Paso 3. Si queda *exactamente un* renglón o columna sin tachar, detenerse. En caso contrario, avanzar a la celda de la derecha si se acaba de tachar una columna, o a la de abajo si se tachó un renglón. Seguir con el paso 1.

Método del costo mínimo. Este método determina una mejor solución de inicio, porque se concentra en las rutas menos costosas. Se inicia asignando todo lo posible a la celda que tenga el mínimo costo unitario (los empates se rompen en forma arbitraria). A continuación, el renglón o la columna ya satisfechos se tacha, y las cantidades de oferta y demanda se ajustan en consecuencia. Si se satisfacen en forma simultánea un renglón y una columna al mismo tiempo, *sólo se tacha uno* de los dos, igual que en el método de la esquina noroeste. A continuación se busca la celda no tachada con el costo unitario mínimo y se repite el proceso hasta que queda sin tachar exactamente un renglón o una columna.

Método de aproximación de Vogel. Es una desviación mejorada del método del costo mínimo, que en general produce mejores soluciones de inicio.

Paso 1. Determinar para cada renglón (columna) una medida de penalización restando el elemento de costo unitario *mínimo* en el renglón (columna) del elemento con costo unitario *siguiente al mínimo* del mismo renglón (columna).

Paso 2. Identificar el renglón o columna con la mayor penalización. Romper los empaques en forma arbitraria. Asignar todo lo posible a la variable que tenga el mínimo costo unitario del renglón o columna seleccionado. Ajustar la oferta y la demanda y tachar el renglón o la columna ya satisfechos. Si se satisfacen un renglón y una columna en forma simultánea, sólo se tacha uno de los dos y al que queda se le asigna oferta o demanda cero.

Paso 3. a) Si queda sin tachar exactamente un renglón con cero aferta o demanda, detenerse.

b) Si queda sin tachar un renglón (columna) con oferta (demanda) *positiva*, determinar las variables básicas en el renglón (columna) con el método de costo mínimo. Detenerse.
c) Si todos los renglones y columnas que no se tacharon tienen cero oferta y demanda (restante), determinar las variables básicas *cero* por el método del costo mínimo. Detenerse.
d) En cualquier otro caso, seguir en el paso 1.

4.- PROCEDIMIENTO:
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1:** La B & Z Brewing Company fabrica una marca de cerveza muy popular. Para mantener la calidad, la compañía fabrica la cerveza en solo tres plantas, en las que existen disponibles ojos de agua (cerca de Boulder, Colorado; Minneápolis, Minnesota; y Olimpia, Washington). De estas plantas se envía la cerveza por camión a cuatro almacenes de distribución ubicados en la parte occidental de los Estados Unidos de Norteamérica (en San Diego, California; Provo, Utha; Albuquerque, Nuevo México; Lincoln, Nebraska). Debido a los aumentos en los precios de la gasolina y del combustible diesel, el gasto de transporte es un concepto importante de los costos, los administradores han comenzado a realizar un estudio para determinar se es posible reducir los cosos de transporte. Los gerentes de producción de cada una de las tres plantas han estimado la producción mensual esperada para sus respectivas plantas. Se fabricara en total en las tres plantas una cantidad suficiente de cerveza para cargar 300 camiones. Los administradores generales de la B & Z han asignado la producción total a los respectivos almacenes examinando datos de meses anteriores. En la siguiente tabla se presenta la información de oferta (producción) y demanda (asignación), junto con los costos de transporte para cada combinación de oferta – demanda. Debe observarse que las unidades de oferta y demanda se expresan en camiones de cerveza, en tanto que las cifras de costos que aparecen en el cuerpo de la tabla se expresan en dólares por camión. El problema que enfrentan los administradores de la B & Z consiste en determinar la cantidad (es decir, el número de camiones) de cerveza que debe enviarse de cada planta a cada almacén para minimizar los costos totales de transporte. Analice por medio de los algoritmos de transporte cual sería la distribución por cada planta a cada almacén el envío de la cerveza (aun costo mínimo ¿cuál es el mejor?), las eficiencias de las plantas contra los almacenes en cuanto a su capacidad.

Fuente	Almacén de destino 1	2	3	4	Producción (oferta)
Planta 1	464	513	654	867	75
Planta 2	352	416	690	791	125
Planta 3	995	682	388	685	100
Asignación demandada	80	65	70	85	300

Problema 2. Una compañía tiene 3 plantas que fabrican carriolas para bebe que deben enviarse a 4 centros de distribución .las plantas 1,2 y 3, producen 12,17 y 11 cargas mensuales, respectivamente. Cada centro de distribución necesita recibir 10 cargas al mes. La distancia desde cada planta a los respectivos centros de distribución es la siguiente.

	Distancia			
	Centro de distribución			
planta	1	2	3	4
1	800 millas	1300 millas	400 millas	700 millas
2	1100 millas	1400 millas	600 millas	1000 millas
3	600 millas	1200 millas	800 millas	900 millas

El costo del flete por embarque es de $100 mas $0.50/milla. ¿Cuántas cargas deben de mandarse desde cada planta a cada centro de distribución para minimizar el costo total de transporte?

a) formule un problema de transporte mediante la construcción de la tabla de parámetros apropiada.
b) Dibuje la representación de red de este problema.
c) Obtenga una solución óptima, por medio de los algoritmos de transporte aun costo mínimo, ¿cuál es el mejor?, analice las eficiencias.

Problema 3. La corporación bersatech producirá tres productos nuevos. En este momento, 5 de sus plantas tiene exceso de capacidad de producción. El costo unitario respectivo de fabricación del primer producto será de $3,$29,$32,$28,$29 en las plantas 1,2,3,4 y 5 . el costo unitario de fabricación del segundo producto será de $45,$41,$46,$42, y $43 en las plantas respectivas 1,2,3,4, y 5 y para el tercer producto será de $38,$35, y $40 en las plantas respectivas 1,2, y3 , pero las plantas 4 y 5 no pueden fabricar este producto . Los pronosticas de ventas indican que la producción diaria debe de ser de 600, 1000 y 800 unidades de los productos 1,2 y 3 respectivamente. Las plantas 1, 2, 3,4 y 5 tienen capacidad para producir 400, 600, 400, 600, 1000 unidades diarias, sin importar el producto o combinación del productos. Suponga que cualquier planta que tiene capacidad y posibilidad de fabricarlos podrá producir cualquier cantidad de productos y con cualquier combinación.

La administración desea asignar los nuevos productos a las plantas con el mínimo costo total de fabricación.

a) formule un problema de transporte mediante la construcción de la tabla de parámetros apropiada.
b) obtenga una solución óptima para este problema, por medio de los algoritmos de transporte aun costo mínimo, ¿cuál es el mejor?, analice las eficiencias.
c) Dibuje la representación de red de este problema.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

Prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE UNIDAD DE APRENDIZAJE	NOMBRE DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE
Ingeniería Industrial	2007-1	9013	Investigación de Operaciones I

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Investigación de Operaciones I	DURACIÓN (HORAS)
9	NOMBRE DE LA PRACTICA	Algoritmo de asignación	2

Elaboró:	Revisó:
M.C. Jesús Everardo Olguín Tiznado	M.C. Claudia Camargo Wilson y M.I. Yolanda Angélica Báez López

1.- INTRODUCCIÓN: esta práctica presentará el desarrollo y análisis del algoritmo de asignación por medio del método hungaro para la optimización de los recursos humanos, materiales y económicos que se presentan en el sector productivo.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA): el alumno tendrá la habilidad de plantear, analizar y resolver modelos de asignación mediante el método hungaro, esto para la mejora en la toma de decisiones en la solución de problemas del sector productivo.

3.- TEORÍA: Falta anexar teoría.

4.- PROCEDIMIENTO:
A).- **EQUIPO**: el equipo a utilizar será una computadora personal que tenga office: hoja de cálculo y word para los reportes de solución de problemas.

B).- **MATERIAL**: los materiales serian una calculadora y el programa WINQSB.

C).- **DESARROLLO**: **Problema 1.** En entrenador de un equipo de natación debe asignar competidores a la prueba de 200 metros de relevo combinado que ira a las olimpiadas juveniles. Como muchos de sus mejores nadadores son rápidos en más de un estilo, no es fácil decidir cual de ellos asignara a cada uno de los 4 estilos. Los 5 mejores nadadores y sus mejores tiempos (en segundos) en cada estilo son los que se muestran en la siguiente tabla, El entrenador quiere determinar como asignar 4 nadadores a los 4 estilos de nado para minimizar la suma de los mejores tiempos correspondientes.

a) formule este problema como uno de asignación.
b) Obtenga una solución óptima.

Tipo de nado	cart	chris	david	tony	Ken
Dorso	37.7	32.9	33.8	37.0	35.4
Pecho	43.4	33.1	42.2	34.7	41.8
Mariposa	33.3	28.5	38.9	30.4	33.6
Libre	29.2	26.4	29.6	28.5	31.1

Problema 2. El gerente de la línea de producción de una empresa electrónica debe asignar personal a cinco tareas. Existen cinco operadores disponibles para asignarlos. El gerente de línea tiene a su disposición datos de prueba que reflejan una clasificación numérica de productividad para cada uno de los cinco trabajadores en cada uno de los trabajos. Estos datos se obtuvieron a través de un examen de operación y prueba administrado por el departamento de ingeniería industrial. Suponiendo que un operador puede ejecutar un solo trabajo, plantee un modelo que conduzca a la asignación optima de tareas.

Numero de operador	*Numero de trabajo*				
	1	2	3	4	5
1	12	16	24	8	2
2	6	8	20	14	6
3	10	6	16	18	12
4	2	4	2	24	20
5	7	10	6	6	18

Problema 3. Considere el problema de asignación que tiene la siguiente tabla de costos:

	Tarea		
Persona	*1*	2	3
A	5	7	4
B	3	6	5
C	2	3	4

a) La solución optima es A-3, B-1, C-2, con Z=10, utilice la computadora para verificar esta solución óptima.

D).- **CÁLCULOS Y REPORTE**: Los cálculos y el reporte se presentará en Word, con sus respectivos análisis e indicaciones que pide cada problema.

5.- RESULTADOS: los resultados se presentaran en base a los cálculos y el análisis que se genere por cada problema o caso de estudio.

6.- CONCLUSIONES: las conclusiones y recomendaciones se emitirán en base a los resultados y cálculos obtenidos, los cuales ayudarán a mejorar la toma de decisiones en cada caso de estudio.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

- Métodos Cuantitativos para los Negocios, Anderson – Sweeney – Williams, Editorial Pearson Educación.
- Métodos Cuantitativos para la Administración, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Hiller – Lieberman, Editorial Mc Graw – Hill.
- Investigación de Operaciones, Taha, Editorial Alfaomega.
- Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones Vol. 1 y 2, Juan Prawda, Editorial Limusa.
- Investigación de Operaciones, Mathur - Solow, Editorial Pearson Educación.
- programa de simulación WINQSB durante todo el semestre para la solución de los diferentes problemas analizados en clase y/o laboratorio.