Ingeniería en Sistemas de Información

INVESTIGACIÓN OPERATIVA

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Cátedra: Mg. Ing. Ricardo D. CARLEVARI

Ayte.: Ing. Andrea ZUMINO

1. PROGRAMACIÓN LINEAL. FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN GRÁFICA

1.1 En un taller metalúrgico se fabrican dos tipos de piezas A y B, que deben seguir los siguientes procesos:

1. Estampado en hojas metálicas
2. Soldado
3. Pintado

Los insumos de equipos son los siguientes, para la realización de cada una de las operaciones (expresados en segundos por pieza):

Operación	Pieza A	Pieza B	Tiempo disponible (seg./semana)
Estampado de c/parte	6	16	48.000
Soldado	12	6	42.000
Pintado	9	9	36.000

La utilidad unitaria es de $ 4 para la pieza A y $ 3 para la pieza B. Se desea establecer el programa semanal de producción que maximice la utilidad del taller con respecto a las piezas consideradas.

R: *x1 = 3000; x2 = 1000; Z = 15000*

1.2 Un fabricante de bombones entrega sus productos en cajas de un kilogramo, en dos variedades, A y B. La caja tipo A, contiene 300 gramos de bombones de licor, 500 gramos de bombones de nuez, y 200 gramos de bombones de fruta. La caja tipo B contiene 400 gramos, 200 gramos y 400 gramos de cada tipo de bombón respectivamente. La utilidad por cada caja de tipo A es de $120, y por cada caja de tipo B es de $90.
El fabricante dispone de 100 kilogramos de bombones de licor, 120 kilogramos de bombones de nuez, y 100 kilogramos de bombones de fruta.
Se pide definir la cantidad de cajas de cada tipo que debe armar en esta situación, para que su beneficio sea máximo.

R: *x1 = 200; x2 = 100; Z = 33000*

1.3 Una empresa produce concreto usando los ingredientes A y B. Cada kilo de ingrediente A cuesta $ 60 y contiene 4 unidades de arena fina, 3 unidades de arena gruesa y 5 unidades de piedrecillas. Cada kilo de ingrediente B cuesta $ 100 y contiene 3 unidades de arena fina, 6 unidades de arena gruesa y 2 unidades de piedrecillas. Cada saco de concreto debe contener por lo menos 12 unidades de arena fina, 12 unidades de arena gruesa y 10 unidades de piedrecillas. Formule un modelo de programación lineal que permita minimizar los costos y resuélvalo gráficamente.

R: *x1 = 2.4; x2 = 0.8; Z = 224*

1.4 Una empresa ha ganado una licitación para pintar sendas peatonales de cruce de calles. Las bases exigen que en cada cruce la luminosidad tenga por lo menos 300 lúmenes. Adicionalmente, la reflexión nocturna debe ser de un mínimo de 250 luxes. Para preparar la pintura, se dispone de dos concentrados de pintura: N y L. Cada gramo de concentrado de N entrega un lúmen y tres luxes. En cambio el concentrado de L aporta solo un lumen por gramo. El kilogramo de N cuesta $ 450 y el de L $ 120. Formule un modelo de P.L. que permita determinar la mezcla de M y N que minimice los costos y resuélvalo gráficamente.

R: *x1=83,33; x2= 216,67; Z=63500*

1.5 Se desea definir las cantidades a fabricar de dos productos A y B, cuyo procedimiento se realiza en dos centros de máquinas. Se conocen los datos referentes a los tiempos de procesos y disponibilidades en cada uno de los centros. Se sabe además que debe cumplirse con un pedido mínimo de 50 unidades de A. Al mismo tiempo, la producción de B debe ser por lo menos cuatro veces superior a la producción de A.

Se conocen los márgenes brutos de beneficio de cada producto, y se desea optimizar el beneficio total.

		A	**B**	**Disponibilidad (hs/mes)**
Tiempos unitarios (hs/u)	**Máquina 1**	1	0.4	200
	Máquina 2	0.5	1	200
Margen bruto unitario ($/u)		12	8	

Plantear y resolver el problema a fin de optimizar el margen total.

R: *Incompatible*

1.6 Es necesario alimentar racionalmente un rebaño de cabezas de ganado. La alimentación debe contener imprescindiblemente cuatro componentes nutritivos: A, B, C y D.
Se encuentran disponibles en el comercio dos alimentos: M y N, cuyas propiedades son las siguientes:

- Un kilogramo de alimento M contiene 100 gramos de A, 100 gramos de C y 200 gramos de D.
- Un kilogramo de alimento N contiene 100 gramos de B, 200 gramos de C y 100 gramos de D.

Cada animal debe consumir por día, como mínimo, 400 gramos de A, 600 gramos de B, 2000 gramos de C y 1700 gramos de D.
El alimento M cuesta $ 10 el kilogramo y el alimento N, $ 4 el kilogramo.
¿Qué cantidad de alimentos M y N debe suministrarse a cada animal diariamente para que la ración sea la más económica?

R: *x1 = 4; x2 = 9; Z = 76*

1.7 Una empresa automotriz está equipada para producir automóviles y camiones. Su planta fabril está organizada en cuatro departamentos: Estampado, Montaje de motores, Línea de montaje de automóviles y Línea de montaje de camiones.

La capacidad de producción de cada departamento está limitada de la siguiente forma:

- Estampado: 25.000 automóviles o 35.000 camiones por año.
- Montaje de motores: 33.333 automóviles o 16.667 camiones por año.
- Línea de montaje de automóviles: 22.500 unidades por año.
- Línea de montaje de camiones: 15.000 unidades por año.

Por otra parte, se desea producir como mínimo 12.000 automóviles y 8.000 camiones por año, estimándose asimismo en 18.000 unidades la cantidad demandada máxima anual de automóviles.
El margen de beneficios es de \$ 15.000 por automóvil y \$ 12.500 por camión.
Se desea conocer el plan de producción que haga máximo el margen total de beneficios.

R: *x1 = 17333; x2 = 8000; Z = 360000000*

1.8 Un inversionista dispone de un máximo de \$150.000 para invertir el próximo año. Le sugieren dos tipos de inversiones: plazo fijo y bonos. El plazo fijo tiene un rendimiento anual del 10% y los bonos del 15%. La cantidad mínima a invertir en plazo fijo es de \$30.000 y la cantidad máxima a invertir en bonos es de \$90.000.

Además, la inversión en plazo fijo no debe ser superior al doble de la inversión en bonos. Se pide:

a) Definir variables y tipo de las mismas.

b) Armar un modelo de Programación lineal que permita determinar la distribución de la inversión para obtener el máximo interés anual?

c) Resolver gráficamente y expresar el resultado obtenido

d) Si la restricción de mínimo del plazo fijo se redujera a \$20.000: ¿cambia la solución óptima hallada? Justificar la respuesta gráficamente.

2. PROGRAMACIÓN LINEAL. FORMULACIONES COMPLEJAS

2.1 Un fraccionador de whisky importa el licor en tres distintas graduaciones A, B y C. Mediante la mezcla de estos licores, de acuerdo con sus fórmulas, se obtienen los whiskys de calidades comercializables Escocés, Kilt y Tartán.

Las citadas fórmulas especifican las siguientes relaciones entre los elementos a mezclar.

MARCA	ESPECIFICACION	Precio de Venta ($/litro)
Escocés	No menos del 60 % de A No más del 20 % de C	6,80
Kilt	No menos del 15 % de A No más del 60 % de C	5,70
Tartán	No más del 50 % de C	4,50

Se conocen asimismo las disponibilidades y precios de los licores A, B y C que se indican en el siguiente cuadro.

TIPO	LITROS DISPONIBLES	PRECIO DE COSTOS ($/LITRO)
A	2.000	7,00
B	2.500	5,00
C	1.200	4,00

Se desea definir la composición de cada marca para maximizar el beneficio total.

2.2 Existen siete tipos de píldoras vitamínicas que contienen, cada una de ellas, una cierta proporción de vitaminas de tres tipos diferentes. La siguiente tabla da los valores de unidades de cada vitamina por píldora.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
V1	5	0	2	0	3	1	2
V2	3	1	5	0	2	0	1
V3	1	0	3	1	2	0	6
Costo($/unid.)	4	1	5	0,6	3,5	0,7	4

Se desea hallar una combinación de píldoras que proporcione exactamente 100 unidades de V1, 80 unidades de V2 y entre 120 y 160 unidades de V3. ¿Cuál es la combinación que cumple estas restricciones en la forma más económica?

2.3 Un taller de tejido de pullovers elabora varios modelos, los que se pueden agrupar desde el punto de vista técnico-económico en tres tipos de prendas diferentes: A, B y C.

El taller posee 2 máquinas: I y II. Los pullovers A solo se pueden fabricar en la máquina I, los C en la II y los B en la I o en la II.

Las dos máquinas trabajan 2 turnos de 8 horas de lunes a viernes.

La materia prima utilizada es lana de dos calidades distintas: M se usa para los A y C, y N para los de tipo B. De la lana M es posible conseguir hasta 20 kg. por semana y de la N hasta 36 Kg. por semana.

Existe un compromiso con un importante distribuidor de entregar 10 pullovers de tipo B por semana. El objetivo del problema es maximizar los beneficios.

No es necesario que las prendas que comienzan a fabricarse en una semana se terminen durante la misma; es decir que pueden quedar pullovers a medio hacer de una semana para la próxima. Los standards de producción, standards de Materia Prima y el beneficio unitario para cada tipo de pullover se dan en el siguiente cuadro:

	Standard Producción (hs/pullover)		**Standard de. Mat Prima (Kg./pull.)**		**Beneficio unitario ($/pull)**
	I	**II**	**M**	**N**	
A	5	-	1.6	-	50
B	6	4	-	1.8	70
C	-	4	1.2	-	80
Disponibilidad semanal	80 hrs.	80 hrs	20 Kg.	36 Kg.	

2.4 Una empresa fabrica tres tipos de neumáticos A, B y C. El A se puede elaborar indistintamente en las máquinas 1, 2 y 3 (único proceso). El B, en cambio, requiere un proceso en la máquina 1 para luego pasar a un segundo proceso en la máquina 2 y, posteriormente, a un tercer proceso en la máquina 3. Finalmente, el C requiere un primer proceso que se puede hacer indistintamente en las máquinas 2 y 3 para luego tener un segundo proceso en la máquina 1. En la tabla adjunta se dan los valores en hs-máquina/neumático para cada uno de los casos señalados y las disponibilidades de hs.- máquina/ mes. Se dan también los precios unitarios de venta y los costos unitarios. Por último, en función de los pronósticos de demanda, se desea que la cantidad de neumáticos tipo B sea, al menos un 30% del total producido. Formular un modelo de P.L. que permita determinar la cantidad de cada tipo de neumático a producir de modo de maximizar los beneficios de la empresa.

	A	**B**	**C**	**Disponibilidad (hs.máq/mes)**
Máq. 1	2	1	4	300
Máq. 2	3	2	1	400
Máq. 3	4	1	3	200
Precio de Venta ($/u)	100	120	150	
Costo ($/u)	60	70	80	

2.5 Cuatro fábricas envían sus productos a igual número de almacenes. Las capacidades de las fábricas y los costos de producción por unidad de producto en cada una de ellas se indican en la tabla siguiente:

Fábrica	Capacidad	Costo ($/unidad)
1	140	60
2	260	72
3	360	48
4	220	60

Los costos de transporte de cada fábrica a cada almacén se tienen en la siguiente tabla, dados en $/u.

Fábrica	Almacenes			
	1	2	3	4
1	28	40	36	38
2	18	28	24	30
3	42	54	52	54
4	36	48	40	46
Requerimientos	180	280	150	200

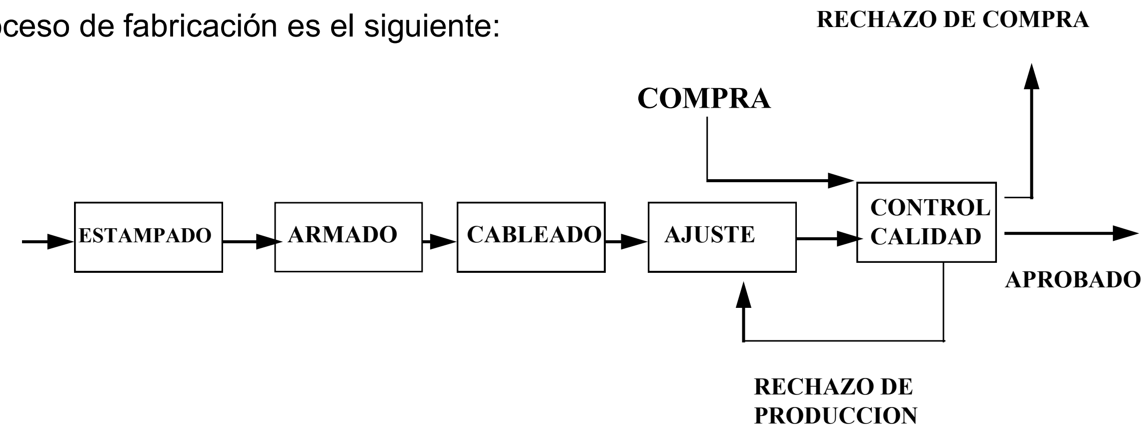
En cada tabla precedente se han indicado, asimismo, las cantidades requeridas por cada almacén, dadas en unidades.

Establecer el programa de distribución que minimice el costo total.

3. PROGRAMACIÓN LINEAL. FORMULACIONES COMPLEJAS ADICIONALES

3.1 Una fábrica de automotores cuenta con un taller propio para la producción de los tableros de los vehículos que fábrica, tarea que también puede encomendarse a proveedores. Los tableros comprados pasan también por el mismo sector de Control de Calidad. La fábrica necesita cuatro tipos de tableros: A, B, C y D para los que se cuenta con los datos referentes a sus tiempos de proceso en horas/tablero, tal como se muestra en la tabla siguiente:

El proceso de fabricación es el siguiente:



TABLERO	ESTAMPADO	ARMADO	CABLEADO	AJUSTE	CONTROL DE CALIDAD	
					PRODUCC.	COMPRA
A	0,05	0,10	0,20	0,08	0,02	0,03
B	0,05	0,12	0,25	0,10	0,03	0,05
C	0,05	0,14	0,30	0,06	0,03	0,04
D	0,05	0,18	0,25	0,10	0,03	0,04
DISPONIBILIDAD (HS)	1.200	3.600	5.000	3.000	3.000	

En la tabla se han agregado la disponibilidad en horas de los sectores y el tiempo de Control de Calidad de los tableros comprados. La fábrica necesita exactamente 4.000 tableros A, 3.000 tableros B, 8.000 tableros C y 5.000 tableros D. Los costos de producción y compra son los siguientes, medidos en $.

	A	B	C	D
PRODUCCIÓN	500	600	1.200	1.000
COMPRA	800	750	1.800	800

Un registro estadístico de Control de Calidad indica que el 90 % de los tableros producidos por la fábrica son aprobados, y el resto debe repetir la operación de ajuste y su posterior Control de Calidad. Con respecto a los tableros comprados, es aprobado el 80 % y el resto es devuelto al proveedor, siendo controlado nuevamente al ser reintegrado por el mismo. Para un tablero reajustado, el porcentaje de aprobación es el mismo indicado. Se desea definir las cantidades a producir y comprar de cada tablero para hacer mínimo el costo total de la operación.

3.2 La empresa FIGO vende bolsas con naranjas y cajas de cartón con jugo de naranja. FIGO clasifica las naranjas según una escala desde 1 hasta 10. Actualmente tiene 500 tn de naranjas clase 9 y 800 tn de naranjas clase 6. La calidad media de las naranjas que se venden en bolsas tiene que ser por lo menos 7, y la calidad media de las naranjas que se usan para producir jugo, tiene que ser por lo menos, 8. Cada tn de naranjas que se usa para producir jugo, proporciona un ingreso de $800 y un costo de $300. Cada tn de naranjas vendidas en bolsas, proporciona un ingreso de $500 con un costo de $200. Formular un modelo de P.L. que permita maximizar las ganancias.

3.3 La empresa PETRO produce nafta super y nafta premium mezclando tres componentes distintos. La nafta super se puede vender a $5 por litro y la premium a $6 por litro. Por su parte, las disponibilidades y costos de los componentes son los siguientes:

Componente	**$/litro**	**Disponibilidad**
1	0,70	5.000
2	0,80	10.000
3	0,90	10.000

Las especificaciones para cada nafta son las siguientes:

<u>Nafta super</u>: No más de un 30% del componente 1
Por lo menos un 40% del componente 2
No más de un 20% del componente 3

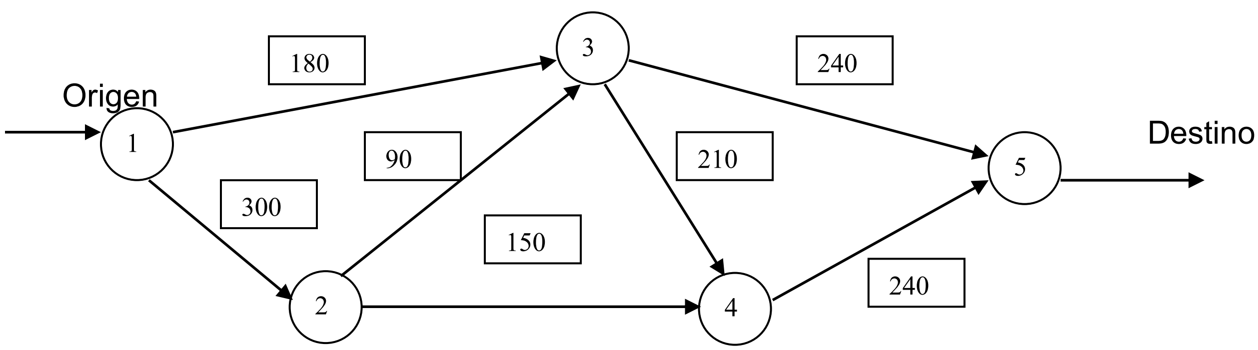
<u>Nafta premium</u>: Por lo menos un 25% del componente 1
No más de un 40% del componente 2
Al menos un 30% del componente 3

La empresa PETRO tiene un compromiso con las estaciones de servicio de fabricar al menos 4.000 litros de nafta super. Formular un modelo de P.L. que permita maximizar los beneficios de PETRO.

3.4 Una empresa distribuidora tiene 5 centros de distribución y distribuye sus productos a 4 almacenes. Las existencias en los centros, las demandas en los almacenes y los costos de transporte desde cada origen a cada destino se detallan en la tabla adjunta. Si se quiere suprimir el centro O2 y repartir la cantidad almacenada en él entre los cuatro centros restantes, determinar cómo debería hacerse ese reparto para minimizar el costo de transporte. Para esto último, tener en cuenta que los costos de transferencia desde el centro 2 a los otros son los siguientes: O2O1: 7, O2O3: 5, O2O4: 3 y O2O5: 6

	D1	D2	D3	D4	Existencia
O1	3	8	9	6	30
O2	9	5	8	5	40
O3	8	4	6	3	20
O4	10	6	8	4	50
O5	8	5	7	5	60
Demanda	50	40	80	30	

3.5 Se debe transportar gas natural desde el centro de producción hasta un destino a través de una red de gasoductos. La red es la siguiente:



Los valores indicados en las flechas indican las restricciones de capacidad de cada gasoducto en miles de m^3 de gas por hora. Determinar el flujo máximo que se puede transportar.

4. RESOLVER POR EL MÉTODO SIMPLEX Y GRÁFICAMENTE LOS SIGUIENTES EJERCICIOS:

4.1

$$\begin{cases} X_1 \leq 3 \\ X_2 \leq 6 \\ 6X_1 + 4X_2 \leq 36 \end{cases}$$

$Z = 8X_1 + 3X_2$ (MAX)

***R :** $X_1=3$; $X_4=1{,}5$; $X_2=4{,}5$; $Z= 37{,}5$*

4.2

$$\begin{cases} -2X_1 + X_2 \leq 2 \\ X_1 - X_2 \leq 2 \\ X_1 + X_2 \leq 5 \end{cases}$$

$Z = 5X_1 + 2X_2$ (MAX)

***R :** x1=3,5; x2=1,5 ; Z= 20,5*

4.3

$$\begin{cases} X_2 \leq 3 \\ 4X_1 + 6X_2 \leq 24 \\ 4X_1 - 3X_2 \leq 12 \end{cases}$$

$Z = 5X_1 + 2X_2$ (MAX)

***R :** x1=4; x2=1,33 ; Z= 22,67*

4.4

$$\begin{cases} 6X_1 + 5X_2 \leq 30 \\ X_2 \geq 1 \\ -2X_1 + 2X_2 \leq 6 \end{cases}$$

$Z = 5X_1 + 8X_2$ (MAX)

***R :** x1=1,3636; x2=4,3636 ; x4=3,3636 ; Z= 41,7272*

RESOLVER POR EL MÉTODO SIMPLEX Y GRÁFICAMENTE LOS SIGUIENTES PROBLEMAS, EXPLICANDO EL TIPO DE SOLUCIÓN OBTENIDA Y COMO SE DETECTA EN LA TABLA FINAL.

4.5

$$\begin{cases} X1 + X_2 \leq 300 \\ 2{,}5X_1 + 4X_2 \leq 1000 \\ X_2 = 200 \\ X_1 \leq 200 \end{cases}$$

$Z = 6X_1 + 2X_2$ (MAX)

R: *x4=20;x1=80;x2=200;x7=120;Z=880*

4.6

$$\begin{cases} X_2 \leq 3 \\ 4X_1 + 5X_2 \leq 24 \\ 2X_1 + 2X_2 \geq 0 \end{cases}$$

$Z = -2X_1 + 4X_2$ (MAX)

R: *x2=3;x4=9;x5=6;Z=12 Hay una solución degenerada*

4.7

$$\begin{cases} X_1 \leq 6 \\ X_1 + X_2 \leq 8 \\ X_1 + 2X_2 \leq 12 \end{cases}$$

$Z = 4X_1 + 4X_2$ (MAX)

R: *x3=6; x2=8; x5=8; Z=32 Sol. Alternativas*

4.8

$$\begin{cases} 2X_1 + 4X_2 \leq 48 \\ 4X_1 + 2X_2 \leq 60 \\ 3X_1 \leq 45 \end{cases}$$

$Z = 6X_1 + 4X_2$ (MAX)

R: *x5=9;x2=6;x1=12;Z=96 Hay una solución degenerada*

4.9

$$\begin{aligned} -5X_1 + 3X_2 &\geq 5 \\ X_1 + X_2 &\leq 4 \\ 2X_1 + X_2 &\geq 10 \end{aligned}$$

$Z = 2X_1 + X_2$ (MAX)

R : *Incompatible*

4.10

$$\begin{cases} X_2 \geq 2 \\ 4X_1 + 6X_2 \geq 24 \\ 10X_1 - 30X_2 \geq 30 \end{cases}$$

$Z = X_1 + 8X_2$ (MAX)

R: *x4=24;x2=2;x1=9;Z=25 Sin solución (Políg. Abierto)*

4.11

$$\begin{cases} X_1 \geq 2 \\ 2X_1 + X_2 \leq 10 \\ X_1 + 2X_2 \leq 8 \\ X_2 \geq 1 \end{cases}$$

$Z = X_1 - 2X_2$ (MIN)

R: *x1=2;x4=3;x6=2;x2=3; Z=-4*

4.12

$$\begin{cases} X_1 + X_2 \leq 6 \\ 2X_1 + X_2 \leq 1 \\ -X_1 + 2X_2 \geq 8 \end{cases}$$

$Z = 3X_1 + X_2$ (MAX)

R: *Incompatible*

4.13 Plantear y resolver el problema dual correspondiente al ejercicio 4.2.

4.14 Plantear y resolver el problema dual correspondiente al ejercicio 4.9.

4.15 Obtener en forma directa la tabla óptima del problema dual del ejercicio 4.2.

4.16 Idem para los ejercicios 4.7 y 4.8.

4.17 Idem para 4.11.

4.18 Obtener la tabla óptima del problema 4.1 si se incorpora al mismo una nueva variable X_3 con coeficientes: 2, 1, 6 y con $c_3 = 13$.

4.19 Obtener la tabla óptima del problema 4.4 para el funcional:

$$-3X_1 + 2X_2 \text{ (MAX)}$$

4.20 Idem 4.19 para el funcional: $4X_1 + 3X_2$ (MIN)

4.21 Obtener la tabla óptima del problema 4.4 para los siguientes términos independientes 30, 2, 6.

4.22 Idem 4.21 para 30, 5, 6.

4.23 Obtener la tabla óptima del problema 4.4 si se incorpora la siguiente restricción adicional:

$$4\,X_1 + 2\,X_2 \leq 8$$

4.24 Resolver los problemas 4.1 a 4.23 utilizando el programa LINDO.

5. ANÁLISIS PARAMÉTRICO DE LOS PROBLEMAS DE PROGRAMACIÓN LINEAL

5.1 En el problema 1.1 la primera y la última tabla de su resolución por el Método Simplex son:

Primera tabla:

			4	3	0	0	0
Ck	Xk	Bk	A1	A2	A3	A4	A5
0	X3	48.000	6	16	1	0	0
0	X4	42.000	12	6	0	1	0
0	X5	36.000	9	9	0	0	1
	Z =	0	-4	-3	0	0	0

Ultima tabla:

0	X3	14.000	0	0	1	5/3	-26/9
3	X2	1.000	0	1	0	-1/6	2/9
4	X1	3.000	1	0	0	1/6	-1/9
	Z =	15.000	0	0	0	1/6	2/9

Se pide:

1. Identificar todas las variables del problema (directo y dual).

2. Informar sobre el significado de la solución óptima en términos de producción.

3. Calcular el rango de variación del coeficiente C_1 dentro del cual no se altera la estructura de la solución óptima hallada.

4. Determinar las curvas de oferta de los productos A y B.

5. Calcular el rango de variación de cada coeficiente b, dentro del cual no se altera la estructura de la solución óptima hallada.

6. Hallar analíticamente y graficar las variaciones de:

a. funcional

b. valor marginal soldadura

c. uso de estampado y uso de pintura.

d. valor marginal de estampado y de pintura.

e. producción de A y de B.

Cuando la disponibilidad de soldadura varía de cero a infinito.

7. Determinar la utilidad unitaria mínima que tendría que tener un producto C cuyos standards de producción son de 20, 8, 1 seg/pieza para Estampado, Soldado y Pintado para que convenga fábricarlo.

8. Determinar qué modificaciones habría que hacer en el plan de producción si la utilidad unitaria del producto C es de 5$/pieza.

9. Determinar qué modificaciones habría que hacer en el plan de producción si es necesario agregar un nuevo proceso para el cual los standard de A y B son 3 y 4 seg/pieza respectivamente, y hay 15.000 seg. disponibles por semana.

5.2 Un establecimiento que fábrica dos productos A y B desea planificar su producción haciendo máximo el margen de contribución a gastos generales. Las restricciones con que cuenta son:

- Capacidad de despacho: 8.000 u. máximo a despachar en conjunto de A y B.
- Capacidad de máquina: 540 hs. disponibles

  Standard de A: 0,09 hs/u.

  Standard de B: 0,06 hs/u.
- Producción mínima: 3.000 u. mínimo en conjunto de A y B.
- Cantidad demandada Máxima: 5.000 u de A. y 6.000 u de B.

Los márgenes de contribución unitarios son 60 $/u y 120 $/u para los productos A y B respectivamente.

1. Resolver el problema gráficamente

2. Hallar resolviendo gráficamente y graficar las variaciones de:

a. funcional.

b. producción de A y B

c. uso de despacho y hs. de máquina.

Cuando la cantidad demandada máxima de B varía entre cero e infinito.

3. Idem que 2 cuando la restricción de producción mínima varía entre cero e infinito.

4. Idem que 2 cuando la disponibilidad de hs. máquina varía entre cero e infinito.

5. Determinar la curva de oferta del ítem A sabiendo que su costo directo es de 65$/u.

5.3 En una fábrica de medias se desea analizar la operación de un sector integrado por tres equipos E1, E2 y E3 donde se procesan los productos A, B y C. Los tiempos de proceso de los productos son los del siguiente cuadro, medidos en horas de equipo/docena de producto.

	A	B	C
Equipo 1	0,8	0,8	0,3
Equipo 2	0,6	1,2	
Equipo 3	0,6	1,0	0,6

Se ha determinado además la disponibilidad mensual de cada uno de los equipos. Esta importa respectivamente 160, 180 y 110 horas. Asimismo se estima en 100 docenas mensuales la cantidad demandada máxima del producto A y en 120 docenas mensuales la cantidad demandada máxima del producto B.
Por otra parte, la Dirección de la empresa desea producir como mínimo 80 docenas mensuales del producto B.
El margen de beneficio de cada producto, es de 5.000$/docena de A, 4.000 $/docena de B y 3.000 $/docena de C.

El programa óptimo es el que hace máximo el margen total de beneficio.

Habiéndose resuelto el problema por programación lineal y disponiéndose de la tabla óptima obtenida por el Método Simplex , se pide:

1. Identificar todas las incógnitas del problema (directo).

2. Informar sobre el significado de la solución óptima obtenida.

3. Calcular el rango de variación de cada coeficiente C_j, dentro del cual no se altera la estructura de la solución óptima hallada.

4. Obtener la tabla óptima del problema dual.

5. Identificar todas las incógnitas del problema dual.

6. Informar sobre el significado de la solución óptima del dual.

7. Calcular el rango de variación de cada coeficiente b_j, dentro del cual no se altere la estructura de la solución óptima hallada.

8. ¿Qué ocurre si el margen de beneficios del producto C se eleva a 3.500 $/docena?

9. ¿Qué ocurre si la disponibilidad de Equipo 1 se torna inferior a 104 hs/mes?

10. ¿Qué ocurre si la disponibilidad de Equipo 3 disminuye en más de 30 hs.?

11. ¿A qué precio se pueden vender 30 horas de Equipo 3?

12. ¿A qué precio se pueden vender 31 horas de Equipo 3?

13. ¿Convendrá producir el producto D, nuevo, cuyo insumo de los equipos 1, 2 y 3 es respectivamente 1,4; 1,2 y 0,5 hs. por docena; no tiene restricción de demanda y su margen de beneficios es de 4.500 $/docena?

14. ¿Convendrá producir el producto E, nuevo, cuyo insumo de los equipos 1, 2 y 3 es respectivamente 1,0; 1,2 y 1,0 hs. por docena; no tiene restricción de demanda y su margen de beneficios es de 7.500 $/docena?

15. ¿Qué ocurre si la dirección decide producir un mínimo de 60 docenas mensuales de B en vez de la cifra actual de 80? ¿Cuánto pasa a valer el funcional?

<u>Tablas de Simplex (Primera y Optima):</u>

			5.000	4.000	3.000							-M
C	X	B	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	μ
	X4	160	0.8	0.8	0.3	1	0	0	0	0	0	0
	X5	180	0.6	1.2	0	0	1	0	0	0	0	0
	X6	110	0.6	1	0.6	0	0	1	0	0	0	0
	X7	100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	X8	120	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
-M	M	80	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1

	X4	56	0	0	-0,5	1	0	-1,33	0	0	-0,53
	X5	54	0	0	-0,6	0	1	-1	0	0	0,2
5.000	X1	50	1	0	1	0	0	1,66	0	0	1,66
	X7	50	0	0	-1	0	0	-1,66	1	0	-1,66
	X8	40	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4.000	X2	80	0	1	0	0	0	0	0	0	-1
	Z =	570.000	0	0	2.000	0	0	8.333	0	0	4.333

5.4 Para el ejercicio 2.3 se pide:

1. Definir las variables del problema (directo y dual).

2. Expresar la solución en términos de un programa de producción, indicando el porcentaje de utilización de los recursos.

3. Determinar los valores marginales y los costos de oportunidad.

4. Calcular el rango de variación de los coeficientes de costo y de los valores de las dualrestricciones, conservando la estructura de la solución.

5. Analizar la conveniencia de solicitar un aumento en la provisión de lana de tipo "M" si se sabe que dicho aumento solo sería factible reduciendo la provisión de lana de tipo "N" a razón de 2 Kg. de merma en esta última, por cada 1 Kg adicional de la primera.

Por ejemplo, si el proveedor entregara 21 Kg. de "M" la entrega máxima de "N" sería de 34 kg.

En caso de ser conveniente dicho aumento, determinar:

a. ¿Cuál es el máximo beneficio adicional que puede obtenerse?

b. ¿Cuál sería la cantidad de lana de cada tipo a entregar semanalmente por cada proveedor?

c. ¿Cuál sería el reordenamiento de producción necesario para obtener dicho beneficio máximo? Analizar el cambio a realizar en relación a la utilización de las disponibilidades de los otros recursos.

d. ¿Cuánto habría que aumentar el precio de los pullovers "A" para que su fabricación sea conveniente?

Los siguientes son las tablas primera y óptima del problema resuelto:

			1.000	1.500	1.500	1.800						-M
C	X	B	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	μ
	X5	80	5	6	0	0	1	0	0	0	0	0
	X6	80	0	0	4	4	0	1	0	0	0	0
	X7	20	1,6	0	0	1,2	0	0	1	0	0	0
	X8	36	0	1,8	1,8	0	0	0	0	1	0	0
-M	M	10	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	1

	X9	6,66	-0,5	0	0	0	0,166	0,250	-0,833	0	1	
1.500	X3	3,33	-1,33	0	1	0	0	0,250	-0,833	0	0	
1.800	X4	16,66	1,33	0	0	1	0	0	0,833	0	0	
	X8	6,00	0,9	0	0	0	-0,3	-0,45	1,5	1	0	
1.500	X2	13,33	0,833	1	0	0	0,16	0	0	0	0	
	Z =	55.000	650	0	0	0	250	375	250	0	0	

5.5 La empresa OLTRA desea establecer su plan de producción para sus tres productos A, B y C sujeto a las siguientes tres restricciones: mano de obra (70 horas – hombre por mes), materia prima (90 Kg por mes) y demanda mínima conjunta de los tres productos (20 unid/mes). Los requerimientos de mano de obra por cada unidad producida de cada producto son (3, 4, 1), respectivamente y los requerimientos de materia prima (2, 5, 3) respectivamente. Se sabe además que los beneficios unitarios de los productos son, respectivamente: \$2. \$3 y \$4.

Observación importante: respetar estrictamente el orden en que están dadas las restricciones

Tabla Óptima

Ck	Xk	B	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
	X_4						-1/3	
	X_3						1/3	
	X_6						1/3	

Se pide:

a) Armar la tabla inicial del Simplex y completar la tabla óptima sin usar el Método Simplex, explicando claramente cómo procedió.
b) Explicar el significado y dar el valor de las variables del directo y del dual
c) ¿Cuál debería ser el beneficio mínimo del producto B para que convenga fabricarlo?
d) Determinar si es conveniente fabricar un nuevo producto que requiere 2 hs. de mano de obra, 3 Kg. de materia prima y participa en la restricción de demanda mínima, si su beneficio unitario es de \$5. Justificar la respuesta.
e) Determinar el rango dentro del cual puede variar la disponibilidad de materia prima sin que se altere la estructura de la solución óptima dual.

5.6 La empresa ALSET desea establecer su plan de producción para sus tres productos A, B y C sujeto a las siguientes tres restricciones: demanda mínima conjunta de los tres productos (10 unid/mes), materia prima (80 Kg por mes) y mano de obra (60 horas – hombre por mes). Los requerimientos de materia prima por cada unidad producida de cada producto son (5, 4, 1), respectivamente y los requerimientos de mano de obra (2, 5, 3), respectivamente. Se sabe además que los beneficios unitarios de los productos son, respectivamente: \$1, \$5 y \$2.

Observación importante: respetar estrictamente el orden en que están dadas las restricciones

Tabla Óptima

Ck	Xk	B	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
	X_5							-4/5
	X_2							1/5
	X_4							1/5

Se pide:

a) Armar la tabla inicial del Simplex y completar la tabla óptima sin usar el Método Simplex, explicando claramente cómo procedió.
b) Explicar el significado y dar el valor de las variables del directo y del dual
c) Cuál debería ser el beneficio mínimo del producto A para que convenga fabricarlo?
d) Determinar si es conveniente fabricar un nuevo producto que requiere 3 Kg. de materia prima, 4 hs. de mano de obra, y participa en la restricción de demanda mínima, si su beneficio unitario es de \$6. Justificar La respuesta.
e) Determinar el rango dentro del cual puede variar la disponibilidad de mano de obra sin que se altere la estructura de la solución óptima dual.

5.7 Una empresa elabora tres productos A, B y C, cuyos beneficios unitarios son 3\$/u, 2\$/u y 5\$/u respectivamente, los cuales están sujetos a restricciones de materia prima, mano de obra y equipos. Las disponibilidades mensuales de los mismos son: 430 kg de materia prima, 460 h-h y 420 h-máquina. Por su parte, los requerimientos de cada uno de estos insumos por unidad de producto son: A (1; 3; 1); B (2; 0; 4) y C (1; 2; 0). Se pide:

a) Completar la tabla óptima del dual explicando los pasos seguidos

b) Dar los valores y la interpretación de todas las variables del directo y del dual que aparecen en la tabla óptima dual

c) Hallar el rango dentro del cual puede variar la disponibilidad del recurso mano de obra sin que se altere la estructura de la solución óptima dual hallada.

d) Determinar la conveniencia de introducir un nuevo producto D que tiene un beneficio unitario de 9\$/u y cuyos requerimientos de insumos por unidad son D (2; 3; 5). En caso afirmativo, hallar la nueva solución óptima del directo.

Observación importante: respetar el orden en que han sido dadas las restricciones

	Bk	A'1	A'2	A'3	A'4	A'5	A'6
y2						1/4	-1/2
y1						-1/2	0
y4						1/4	-3/2

6. PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA ENTERA

6.1 Resolver gráficamente:

$3\,x1 + 4\,x2 \leq 12$
$5\,x1 + 2\,x2 \leq 10$
$x1, x2 \geq 0$ y enteros

$Z = 6\,x1 + 8\,x2 \rightarrow$ máx

6.2 Resolver el siguiente problema como problema continuo, determinando primero una solución entera y redondeando luego la solución encontrada:

$2\,x1 + 6\,x2 \leq 12$
$x1 + x2 \leq 3$
$x1 + \quad \leq 2$

$x1, x2 \geq 0$ y enteros

$Z = 2\,x1 + 3\,x2 \rightarrow$ máx

6.3 Resolver utilizando el algoritmo de Branch and Bound:

6.3.1)

$6\,x1 + 8\,x2 \leq 20$

$x1, x2 \geq 0$ y enteros

$Z = 2\,x1 + 3\,x2 \rightarrow$ máx

6.3.2)

$14\,x1 + 6\,x2 \leq 25$

$x1, x2 \geq 0$ y enteros

$Z = 28\,x1 + 11\,x2 \rightarrow$ máx

6.3.3)

$2\,x1 + 2\,x2 \leq 9$
$3\,x1 + x2 \leq 11$

$x1, x2 \geq 0$ y enteros

$Z = 5\,x1 + 2\,x2 \rightarrow$ máx

FORMULAR Y RESOLVER CON EL SISTEMA LINDO LOS SIGUIENTES PROBLEMAS:

6.4 Un excursionista planea salir de campamento. Hay 5 artículos que desea llevar consigo, pero entre todos ellos superan los 30kg, que él considera que pueden cargar. Para auxiliarse en la decisión, ha asignado un valor a cada artículo en orden ascendente de importancia.

Artículo	1	2	3	4	5
Peso (kg).	26	16	12	7	3
Valor	100	60	70	15	15

¿Qué artículos deberá llevar para minimizar el valor total sin sobrepasar restricción de peso?

6.5 Una empresa organizadora de exposiciones está considerando la exhibición de 5 productos de diferentes compañías en 50 m2 de espacio de estantes disponibles para exhibiciones. Los requerimientos de espacio de cada compañía y el pago ofrecido por cada una de ellas es el siguiente:

Producto	Compañía	Pago $	Requer.m 2
1	A	100	17
2	B	75	15
3	C	115	20
4	D	50	15
5	E	135	20

¿Cómo debe asignar su espacio para maximizar los ingresos?

6.6 Una compañía aérea está analizando la posibilidad de adquirir varios aviones nuevos. Existen 3 tipos de aviones entre los que se pueden elegir. El objetivo es adquirir los nuevos aviones al mínimo costo posible, sujeto a los requerimientos de capacidad y mantenimiento.

Los nuevos aviones deben transportar un total de 3.400 pasajeros y deben tener un tiempo total de mantenimiento que no exceda las 250 hrs mensuales.

Hay solo 5 aviones BI-START disponibles para la compra.

	Costo (MUS$)	Capacidad (pasajeros)	Tiempo de mantenim. (hs/mes)
DC 33	10	350	25
BOEING 797	15	450	15
LOCKHEED BI-START	12	400	15

6.7 Un supermercado que funciona las 24 horas tiene los siguientes requerimientos mínimos para los cajeros:

Periodo	1	2	3	4	5	6
Turno	3-7hs	7-11hs	11-15hs	15-19hs	19-23hs	23-3hs
Número mínimo	7	20	14	20	10	5

Cada cajero trabaja 8 horas consecutivas. Los turnos comienzan al inicio de cualquiera de los 6 periodos.

Determinar la cantidad de empleados que deberán disponerse en cada turno para satisfacer las necesidades con el mínimo del personal.

Variante: las horas nocturnas se pagan un 30% más (23hs a 7hs)

6.8 Una empresa distribuidora de productos farmacéuticos necesita un número diferente de empleados para cada día de la semana. El número mínimo de empleados requeridos se da en la tabla adjunta. Las reglas sindicales establecen que los empleados deben trabajar durante cinco días consecutivos y después descansar dos días. Formule un P.L. que permita cumplir con los requerimientos con el mínimo personal posible.

Día	**N° de empleados mínimo requerido**
Lunes	17
Martes	13
Miércoles	15
Jueves	19
Viernes	14
Sábado	16
Domingo	11

6.9 Un banco tiene requerimientos de cajeros según se indica en la tabla adjunta. Los cajeros de tiempo completo trabajan 8 horas consecutivas a $20 la hora, comenzando a las 8. Los cajeros de tiempo parcial trabajan 4 horas consecutivas a $12 la hora, comenzando a las 8, 10 o 12 del mediodía respectivamente. Las regulaciones sindicales exigen que, a toda hora, al menos el 65% de los cajeros sean de tiempo completo. Plantear un modelo que permita determinar el número de empleados de tiempo completo y de tiempo parcial requeridos a lo largo del día para minimizar el costo diario total.

Turno	**N° mínimo de cajeros**
8 - 10 hs.	8
10 - 12 hs.	10
12 - 14 hs.	15
14 - 16 hs.	12

6.10 La empresa de turismo MARIAM va rotando su personal de promoción por distintas sedes de Latinoamérica, de modo tal que, los promotores trabajan por un período cuatrimestral en cada país, el cual debe comenzar necesariamente en los meses impares del año (Enero, Marzo….) para luego pasar a otro país y así sucesivamente. Específicamente en Argentina se requiere un mínimo de promotores en cada bimestre del año, según se muestra en la tabla adjunta. Se pide formular un modelo de P.L. que permita determinar cuál es la cantidad óptima de promotores que deben venir a Argentina a cubrir cada cuatrimestre de trabajo, con el objetivo de minimizar la cantidad total de promotores.

1er. Bimestre: 20
2do. Bimestre: 30
3er. Bimestre: 25
4to. Bimestre: 15
5to. Bimestre: 10
6to. Bimestre: 40

6.11 Una empresa compra rollos a 2 mts, de ancho de papel de autoadhesivo y los vende, luego de cortarlos, en anchos de 40 cms. , 60 cms. , 70 cms. , y 1,2 mts.
La empresa tiene pedidos por 1.000 rollos de 40 cms. , 1.500 rollos de 60 cms. , 1.600 rollos de 70c ms. y 1.200 de 1,2 mts. Construir el modelo matemático que permita obtener la mejor distribución (mínimo desperdicio) para satisfacer la demanda.

6.12 Una empresa de transporte debe transportar cuatro tipos de grandes productos en camiones que tienen una capacidad de 51m3. Los productos a transportar se detallan en la tabla adjunta, en la cual se ha consignado el volumen ocupado por cada unidad de ellos, así como la cantidad mínima requerida de unidades a transportar. Formular un modelo de P.L. que permita minimizar el “falso flete” (volumen no ocupado en los camiones).

PRODUCTOS	**Volumen ocupado (m3)**	**Cantidad a transportar (unidades)**
A	10	30
B	18	25
C	20	10
D	25	20

6.13 Una empresa de seguridad debe proveer un servicio de vigilancia unipersonal para lo cual dispone de parte de su personal que trabaja 5hs/día, parte que trabaja 6hs/día y parte que trabaja 8hs/día. La empresa trabaja 20 días por mes. El personal que comienza a trabajar en un día determinado debe finalizar su jornada laboral dentro del mismo día. Las horas no cubiertas por personal que trabaja en alguna de las modalidades mencionadas se deben tercerizar, lo que significa un costo de 100$/h para la empresa. Razones sindicales hacen que, la modalidad de 5hs/día se utilice al menos 10 veces en el mes, mientras que la modalidad de 6hs/día y 8hs/día, se utilice a lo sumo 20 veces en el mes, cada una respectivamente. Además, cuando en un día se usa una sola modalidad de personal, se incurre en un costo fijo adicional de $50 por compensaciones salariales. Formular un modelo de P.L. que permita minimizar el costo total.

6.14 Se debe establecer una dieta que consta de 4 fuentes alimentarias satisfaciendo los siguientes requerimientos nutritivos mínimos (en unidades):

A	B	C	D	E
1000	2500	1500	2000	500

Las unidades que aporta 1 kg de cada fuente alimentaria son las siguientes:

	NUTRIENTES				
Fuente	A	B	C	D	E
1	100	400	200	600	300
2	200	250	200	700	200
3	150	350	250	400	100
4	200	350	250	200	200

Los costos por kg, de cada fuente alimenticia, costos de la orden de compra y las disponibilidades de cada una de ellas son:

Fuente	Costo ($/kg)	Costo de Orden ($)	Disponibilidad (kg)
1	0,375	5	20
2	0,5	7,5	18
3	0,4	8	40
4	0,4	6	50

¿Cuántos kg. habrá que comprar de cada fuente alimentaria?

6.15 Una empresa desea elegir la combinación más redituable de proyectos entre diversas alternativas, sujeta a una fuente limitada de proyectos.

PROYECTO	Valor presente neto estimado	Año 1 $	Año 2 $	Año 3 $	Año 4 $
1. Expansión de la Planta	$ 180.000	30.000	40.000	40.000	30.000
2. Maquinaría nueva	$ 30.000	12.000	8.000	0	4.000
3. Nuevas investigaciones s/productos	$ 72.000	30.000	20.000	20.000	20.000
4. Transf. de tecnología y adquisición de patentes	$ 80.000	20.000	40.000	40.000	10.000
Fondos disponibles de capital		85.000	80.000	80.000	70.000

6.16 Una empresa que fabrica partes para la industria automotriz puede verse obligada a comprar partes a una compañía competidora para satisfacer las demandas comprometidas.

La compañía tiene 4 productos que se fabrican en 6 máquinas. Los tiempos de producción en horas para fabricar los productos, el tiempo disponible de cada máquina y la cantidad de unidades comprometidas por semana se indican a continuación:

	MAQUINARIA						
Producto	1	2	3	4	5	6	Requerimiento semanal
1	0,08	0,04	0,04	--	0,06	0,12	250
2	--	0,02	0,10	0,30	0,18	0,122	300
3	0,04	0,12	--	0,15	0,5	0,45	250
4	0,12	0,08	0,35	--	--	0,10	250
Disponib. (hs/semana)	60	60	60	50	50	60	

Los costos de fabricación internos y los precios de compra de los productos al proveedor externo (que están sujetos a descuentos por cantidad), son los siguientes:

	Costo de Fabricación	1- 100 u	100 - 200 u	> 200 u
1	$ 2,6	3,15	3,1	3,0
2	$ 2,25	2,75	2,5	2,45
3	$ 4,4	4,7	4,6	4,5
4	$ 2,1	2,3	2,75	2,15

Plantear un modelo matemático que permita determinar las cantidades óptimas a fabricar y comprar de cada una los productos.

6.17 El gerente de una línea de producción de una empresa de electrónica debe asignar personal a 5 tareas. Existen 5 operadores disponibles para asignar. El gerente de línea tiene datos de prueba que reflejan una calificación numérica de productividad para cada operario en cada uno de los trabajos.

Suponiendo que un operador pueda ejecutar un solo trabajo, plantear un modelo que lleve a la asignación óptima de tareas.

	Número de Trabajos				
Operario	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

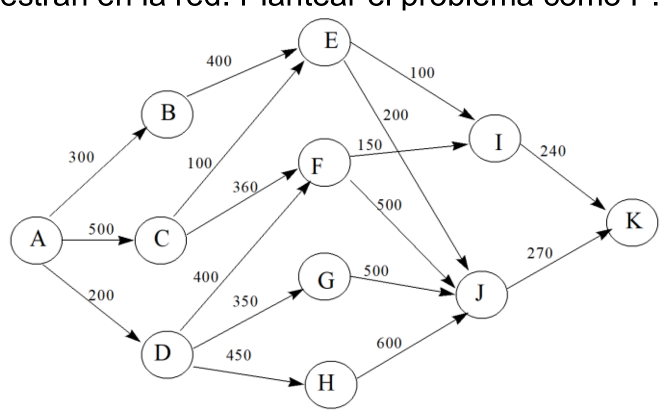
6.18 Una empresa quiere evaluar cuáles de los nuevos productos A, B, C y D (y en que cantidades mensuales) conviene introducir a su línea de fabricación.
Se dispone de los siguientes datos:

	REQUERIMIENTOS UNITARIOS DE RECURSOS					
Producto	Mano de Obra (hh)	Materiales (kg.)	Equipo (horas)	Incremento mensual de costo fijo por fabricar el producto ($)	Precio unitario de ventas ($)	Venta máxima mensual (unidad)
A	1	2	0,1	10.000	21	2.000
B	0,8	1,4	0,1	9.000	18	2.000
C	1	3	0,2	11.000	25	2.500
D	0,9	2	0,07	1.000	11	1.600
Costo unitario	7 $/hh	1 $/Kg	10 $/h			
Disponibilidad	4.700 hh	9.500 Kg	500 h			

6.19 Formular como problema de programación matemática el siguiente proyecto para determinar el Camino Crítico:

Tarea	Nodo inicio/ Nodo final	Duración
A	(1,2)	2
B	(2,3)	3
C	(2,4)	5
D	(3,5)	4
E	(3,6)	1
F	(4,6)	6
G	(4,7)	2
H	(5,8)	8
I	(6,8)	7
J	(7,8)	4

6.20 Una persona debe viajar desde la ciudad A hasta la ciudad K y quiere minimizar la distancia a recorrer. Las conexiones entre ciudades y distancias entre puntos adyacentes se muestran en la red. Plantear el problema como P.L. entera.



6.21 Un holding de empresas multinacional ha decidido invertir en el país 600 M$, de los cuales tendrá disponibles en forma inmediata 400 M$ y el resto al cabo de un año. Ha analizado 12 proyectos de inversión, de los cuales se dispone de la siguiente información:

PROYECTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-100	-50	-5	10	20	50	50	70	40	20	50
2	-120	10	10	20	30	30	20	20	10	40	
3	-60	-60	-10	-5	40	40	50	50	10	30	
4	-30	-40	20	50	20	15	0	10			
5	-60	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	-20	-50	-10	-10	30	30	30	30	30	30	
7	-50	5	10	10	10	10	20	15	10	5	
8	-100	50	50	20							
9	-40	60	10								
10	-10	-50	40	20	15	10	5				
11		-100	10	50	50	40	10	50			
12	-50	-30	-20	100	100						

1. Determinar en qué proyectos deberá invertir el holding con el objeto de maximizar el Valor Actual Neto (VAN) total, teniendo en cuenta que al finalizar los años 4, 5, 6 y 7 se requiere que el flujo de ingresos mínimo total sea de M$ 150, 150, 100 y 50 respectivamente.
2. Cómo sería la solución si se agrega la restricción de que si se invierte en el proyecto 11 no se puede invertir también en el proyecto 12.

6.22 Una empresa textil está planificando “tercerizar” la producción de cuatro de sus productos en el próximo mes, dado que ve excedida su capacidad de producción. Para llevar a cabo esta tarea, solicitó cotizaciones a diferentes proveedores, para cada uno de estos productos. En la tabla adjunta se dan los valores expresados en miles de pesos, para cada producto por cada proveedor. La política de la empresa es no asignar más de un producto a un mismo proveedor, como así también, que cada producto sea fabricado por un único proveedor.

Formule un modelo de Programación Lineal que permita determinar la asignación óptima de productos a proveedores (la de mínimo costo).

Qué modificaciones habría que introducir al modelo si ocurriera que:

a) Si es seleccionado el proveedor C no puede ser seleccionado el F

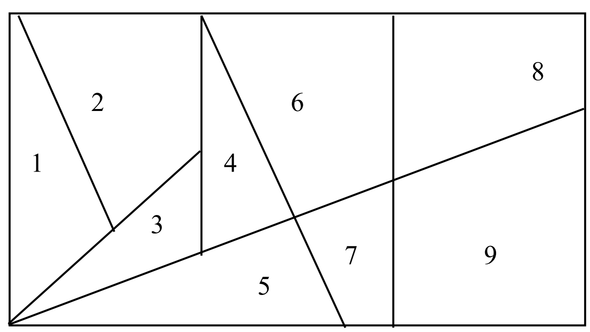
b) Si se selecciona al proveedor D se debe seleccionar también al proveedor H

PRODUCTOS	**PROVEEDORES**							
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
1	4	3	6	2	7	3	4	7
2	**8**	**2**	**4**	**8**	**2**	**7**	**3**	**5**
3	5	4	3	5	4	2	4	7
4	4	3	7	8	4	6	5	3

6.23 Una empresa de servicios médicos de urgencia está planificando atender seis ciudades. El problema consiste en determinar en qué ciudades deben instalarse los centros de atención con el objeto de mantener una mínima cantidad de ellos, pero que aseguren que cada ciudad pueda ser asistida en un tiempo no superior a los 20 minutos de viaje. En el cuadro se detallan los tiempos de viaje entre las diferentes ciudades. Formule un modelo de P.M. que permita resolver este problema.

Desde/Hasta	Ciudad 1	Ciudad 2	Ciudad 3	Ciudad 4	Ciudad 5	Ciudad 6
Ciudad 1		12	20	30	33	22
Ciudad 2	12		25	35	20	10
Ciudad 3	20	25		14	30	20
Ciudad 4	30	35	14		15	25
Ciudad 5	33	20	30	15		14
Ciudad 6	22	10	20	25	14	

6.24 Se adjunta el plano de una ciudad compuesta por nueve barrios. El intendente está analizando la ubicación de cuarteles de bomberos que permitan asistir en forma inmediata al barrio donde está localizado el cuartel y a sus barrios lindantes. Dado que su presupuesto es muy limitado, la cantidad de cuarteles debe ser la mínima posible pero que asegure la cobertura de la totalidad de los barrios. Formule un modelo de P.M. que permita determinar en qué barrios se deben instalar los cuarteles.



7. PROGRAMACIÓN DE METAS

7.1 Una empresa fabrica dos clases de cámaras de 35 mm. El proceso de producción requiere 2hs, en el departamento 1 y 3 hs en el departamento 2 para las cámaras estándar, y 4 hs en el Dto. 1 y 3 hs en el Dto. 2 para las de lujo.
Existen disponibles 80 hs de mano de obra por semana en cada departamento. Este tiempo es un factor bastante restrictivo ya que la dirección tiene como política tratar de evitar el tiempo extra si fuera posible.
Se han fijado las siguientes prioridades:
P1: Evitar las operaciones en tiempo extra en cada departamento.
P2: Vender como mínimo 10 cámaras de cada tipo por semana.
P3: Maximizar las utilidades.
Las utilidades unitarias son de $ 30 para las estándar y de $ 40 para las de lujo.
1. Formular el problema como modelo de PM.
2. Resolver gráficamente.
3. Resolver por Simplex

7.2 Una empresa está considerando 3 nuevos productos para remplazar los modelos actuales que se están discontinuando. La gerencia estableció 3 metas:
1) Lograr una utilidad a largo plazo (NPV) de al menos $120.000.000 a partir de estos productos.
2) Mantener el nivel actual de empleo de 4.000 trabajadores.
3) Sostener la inversión de capital a menos de $ 60.000.000.

Sin embargo, la dirección se da cuenta de que, probablemente, no se alcancen las 3 metas simultáneamente. Esto ha llevado a establecer pesos de penalización de 5, si no se llega a la meta 1 (por cada millón de $ de menos), de 2 por sobrepasar la meta 2 (por 100 trabajadores), de 4 por quedar debajo de la meta 2 y de 3 por exceder la meta 4 (por millón de $ de más)
La contribución de cada nuevo producto a cada criterio es (por c/millón de piezas):

	1	2	3
Utilidad a largo plazo [NPV] (MU$S)	12	9	15
Nivel de empleo	500	300	400
Inversión de capital (MU$S)	5	7	8

Plantear el problema matemático que permita resolver el problema.

7.3 Una empresa fabrica 3 clases de abrigos para caballeros A, B, y C.
Los datos de requerimientos de recursos y sus disponibilidades son los siguientes:

	A	B	C	Disponibilidad
Mano de obra depto.1	4 hs	12 hs	10 hs	8.000 hs

Mano de obra depto.2	6 hs	6 hs	16 hs	4.000 hs
Materiales	8 m^2	6 m^2	12 m^2	8.000 m^2

Los precios unitarios son \$ 100, \$ 150 y \$ 250 para A, B y C respectivamente.
A un nivel normal de producción los costos variables son de \$ 70, \$ 80 y \$ 100 para c/u de ellos.
Los costos de tiempo extra son \$ 2 por hora por encima del salario normal para el Depto.1 y \$ 3 para el Depto.2.
Los materiales extra pueden adquirirse a un costo \$ 2 por metro cuadrado por encima del costo normal.
La demanda del mercado para los abrigos es de 1.000 unidades por semana para A, 500 para B y 200 para C.
El nivel de equilibrio de producción es de 100 unidades para A y 50 unidades para c/u de los otros dos.
Se han planteado las siguientes metas en orden de prioridad:

1) Utilizar toda la capacidad de producción disponible (no debe existir tiempo ocioso en ningún Departamento).
2) Alcanzar los niveles de producción de punto de equilibrio en cada una de las líneas.
3) El tiempo extra del depto. 2 debe estar limitado a 600 hrs y el depto.1 a 200 hrs.
4) Alcanzar una meta de utilidades de \$ 20.000.
5) Satisfacer todas las demandas de mercado. Dentro de esa meta deben utilizarse ponderaciones distintas para reflejar la contribución normal a las unidades.

8. ADMINISTRACIÓN de PROYECTOS

PROGRAMACIÓN por CAMINO CRÍTICO

8.1 Hacer el diagrama Nodo - actividad y Flecha - actividad correspondiente a las siguientes matrices de precedencias inmediatas, calcular la duración del proyecto y determinar su camino crítico:

8.1.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Duración (semanas)
A			1	1							5
B					1						7
C							1				3
D								1			4
E						1			1		2
F								1			1
G										1	6
H											5
I											4
J											2

R: 16 semanas. CC: ACGJ

8.1.2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Duración (semanas)
A		1									8
B				1	1						6
C						1	1				5
D								1			3
E									1		3
F											2
G										1	7
H										1	8
I											6
J											5

R: 30 semanas. CC: ABDHJ

8.1.3

	A	B	C	D	E	F	G	H	Duración (días)
A		1		1	1				5
B			1				1		3
C								1	1
D						1	1		4
E									7

F									6
G								1	4
H									2

R: 15 semanas. CC: ABGH y ADF

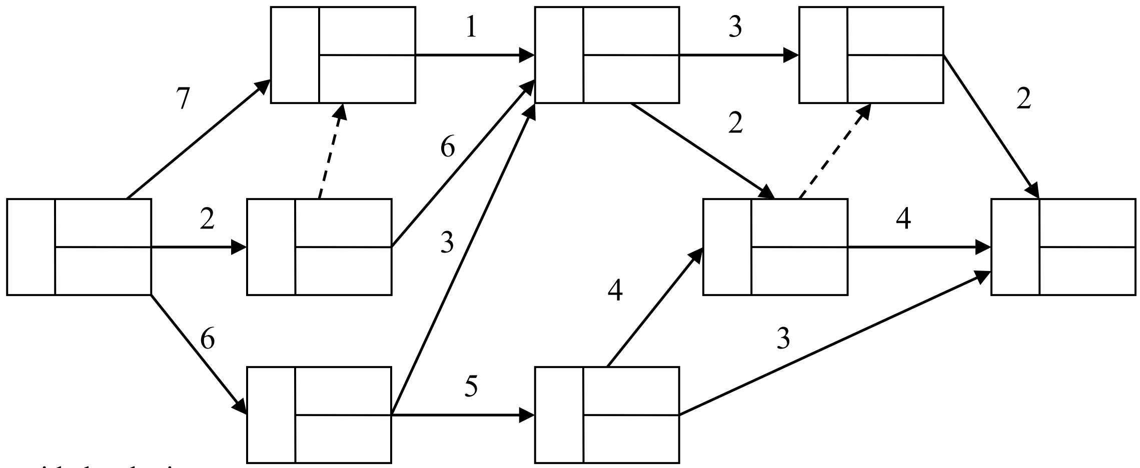
8.1.4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Duración (días)
A			1								3
B			1	1							2
C					1	1	1				1
D						1	1				5
E								1	1		7
F								1	1		6
G								1	1		7
H										1	8
I											4
J											2

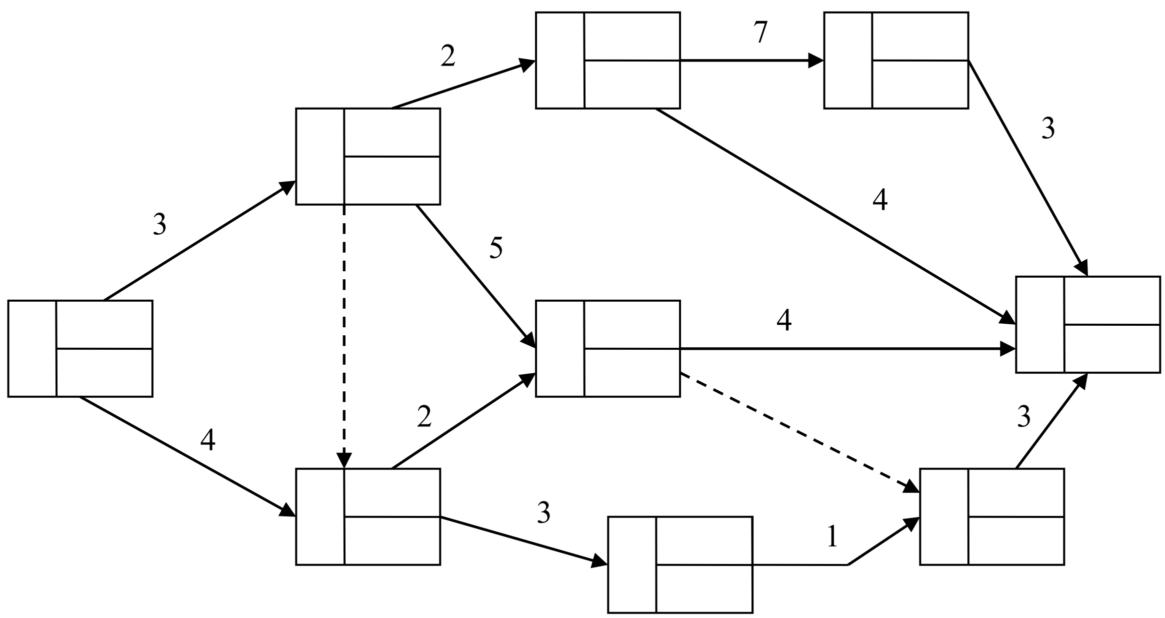
R: 24 semanas. CC: BDGHJ

8.2 Calcular la duración de los siguientes proyectos y marcar el Camino Crítico de los mismos:

8.2.1



R: 19 unidades de tiempo

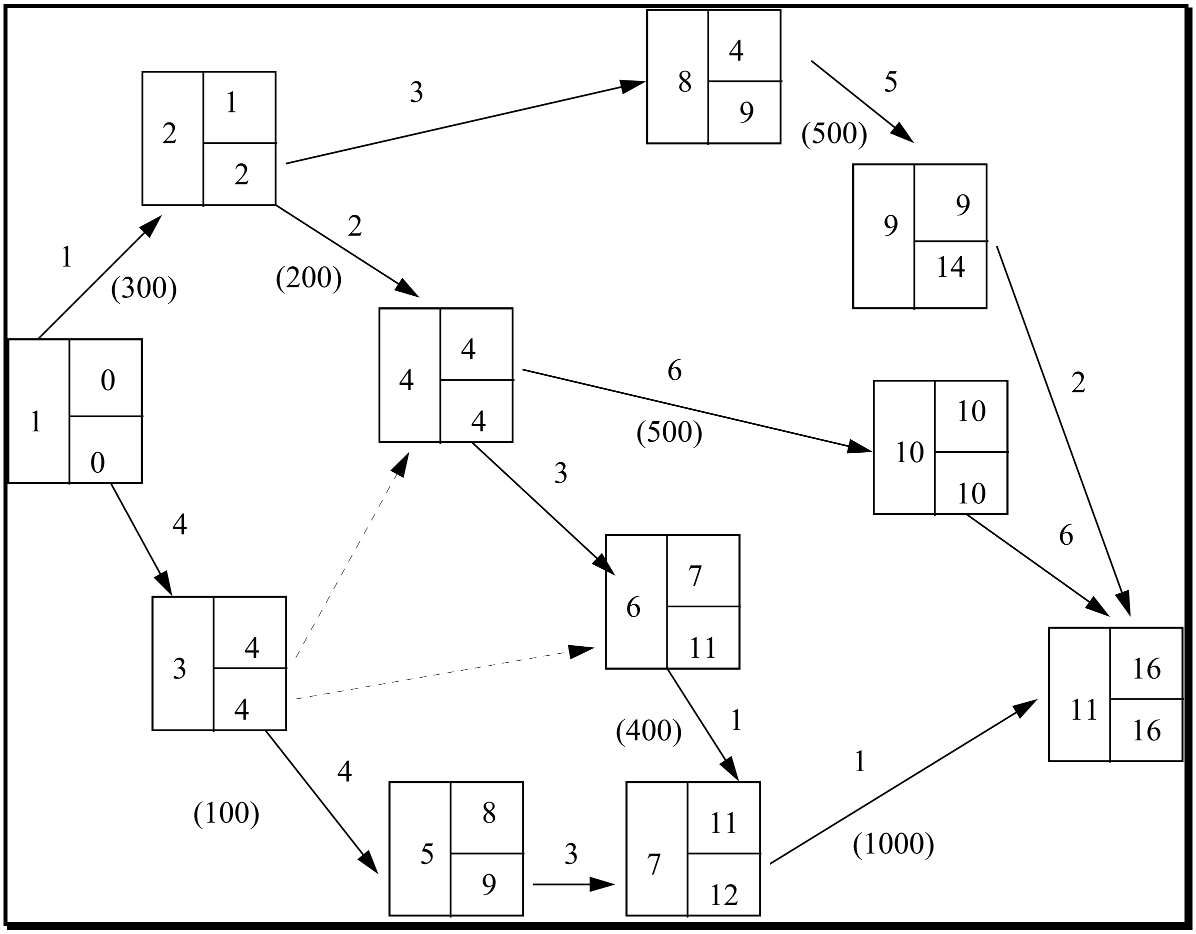


8.2.2
R: 15 unidades de tiempo

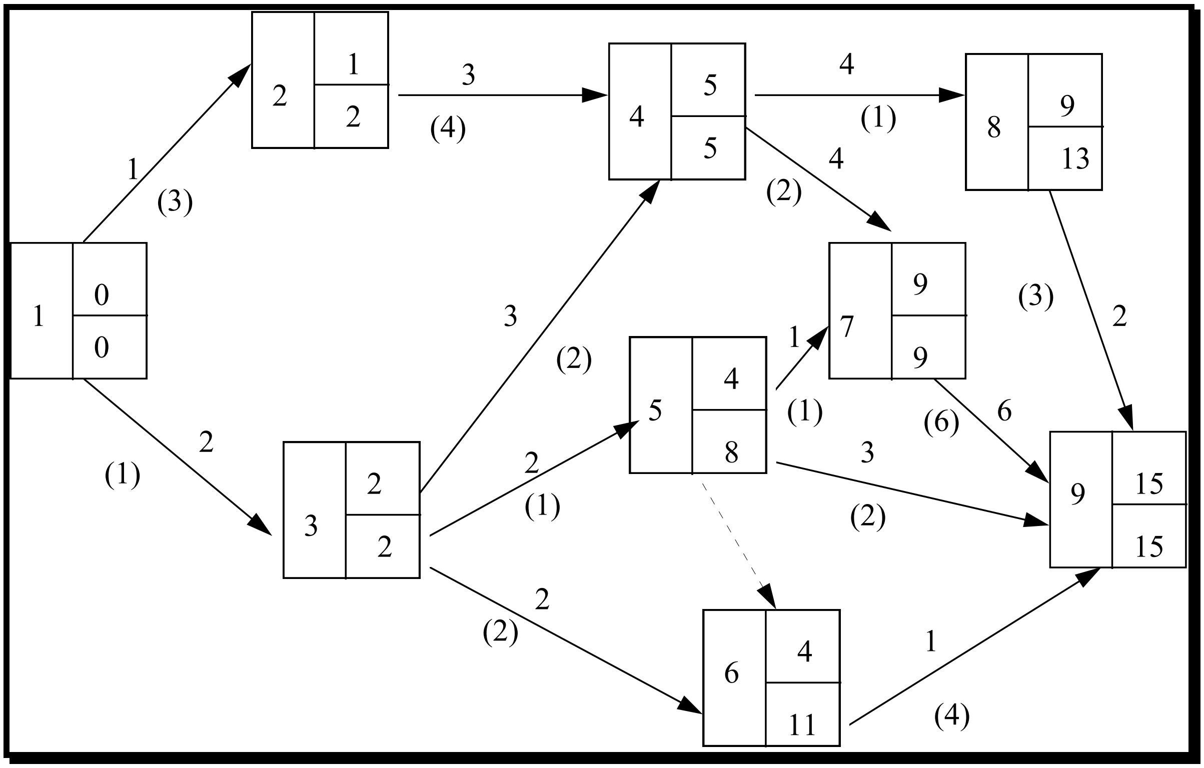
8.3 Calcular los márgenes total, libre e independiente de las tareas de la red del punto 1.2.1

8.4 Construir los diagramas calendario en Ft y en FT, para la red del punto 1.2.1.

8.5 La red siguiente corresponde a un proyecto en el que ya se han calculado las Ft y FT. Algunas de las tareas que lo componen requieren una cantidad diaria de horas-hombre (cantidad encerrada entre paréntesis debajo de la correspondiente flecha). Se desea definir el diagrama que represente el consumo diario de h-h y analizar asimismo la posibilidad de mantener ese consumo diario por debajo de las 1.200 h-h (utilizar diagrama calendario en Ft).



8.6 La siguiente red corresponde a un proyecto en el que ya se han calculado las Ft y FT. Debajo de cada una de las flechas, se ha indicado, dentro de paréntesis, un valor que representa el costo de la tarea respectiva. Dicho costo es el costo total de la tarea, y deberá ser pagado en el instante de finalización de la misma. Se desea conocer el presupuesto financiero del proyecto y graficarlo considerando en primer término el diagrama calendario en Ft y posteriormente el diagrama calendario en FT.



8.7 Calcular el valor actual de los presupuestos financieros en Ft y FT del ejercicio anterior con una tasa del 2% por período.

8.8 Un proyecto, que dura 12 semanas, está integrado por las siguientes actividades para las cuales se dan sus fechas de finalización y sus costos. Las actividades se pagan al finalizar cada una de ellas.

Actividad	**Finalización**	**Costo (miles de $)**
A	Semana 4	4.000
B	Semana 6	3.000
C	Semana 8	1.000
D	Semana 9	5.000
E	Semana 9	900
F	Semana 12	2.000

Luego de determinar el costo del proyecto en pesos corrientes y, considerando una tasa del 2% semanal, se pide calcular:

a) El valor actual neto del mismo (VAN)
b) Cuál sería el valor del proyecto al finalizar el mismo?
c) Cuál sería el valor del proyecto al finalizar la octava semana?

R: a) $13.726,6; b) $17.408,7; c) $16.082,9

8.9 Una empresa está remodelando parte de su planta de producción. Las estimaciones dan como duración del proyecto una media de 15 semanas. La red de camino crítico muestra dos caminos críticos con un desvío standard de 2 y 3 semanas respectivamente. Se pide:

a) Calcular la probabilidad de finalizar el proyecto en 13 semanas o menos
b) Cuál sería la duración del proyecto que tiene una probabilidad del 90% de ser cumplida?
c) Calcular la probabilidad de que la duración del proyecto esté comprendida entre 14 y 16 semanas.

R: a) 25,5%; b) 18,87 semanas; c) 25,86%

8.10 Se ha determinado que la red del proyecto de lanzamiento de un nuevo producto por la empresa TRIFO, presenta un camino crítico compuesto por las siguientes actividades críticas, para las que se informan sus tiempos optimista (a), pesimista (b) y más probable (m), medidos en semanas. Determinar la probabilidad de finalizarlo en 26 semanas o menos. Considerando los costos dados en la tabla, calcular el VAN con una tasa del 1% semanal. Con la misma tasa, calcular el valor del proyecto al finalizar el mismo y el valor del proyecto al finalizar la semana 11.

	a	**m**	**b**	**Costo ($)**
A	2	4	6	800
B	3	3	3	970
C	1	3	5	1.000
D	4	5	6	560
E	5	5	5	780
F	6	8	10	1.200

8.11 Un proyecto presenta dos caminos críticos, de cuyas actividades se informa en tablas adjuntas (tiempo medido en semanas). Se pide calcular la duración del mismo, la probabilidad de finalizarlo en un tiempo menor o igual a 13 semanas y el valor actual del mismo (sólo los costos indicados), considerando una tasa del 1% semanal.

C. C.	**Actividad**	**Tpo. Optimista (a)**	**Tpo. Más probable (m)**	**Tpo. Pesimista (b)**	**Costo ($)**
1	A	1	5	9	800
	B	2	2	2	900
	C	2	4	6	600
	D	3	3	3	700

C. C.	**Actividad**	**Tpo. Optimista (a)**	**Tpo. Más probable (m)**	**Tpo. Pesimista (b)**	**Costo ($)**
2	J	4	6	8	850
	L	5	5	5	750
	M	1	3	5	650

8.12 (Integrador) Dada la siguiente matriz de precedencias, los distintos tiempos optimistas (a), pesimistas (b) y más probables (m), el costo en tiempo normal y en tiempo crash y el consumo para cada una de las tareas de un determinado proyecto, se pide:

1) Armar la red.
2) Calcular las fechas tempranas y tardías para cada uno de los nodos.
3) Calcular el camino crítico. Indicar qué actividades lo componen.
4) Es la actividad L crítica? Por qué?
5) Confeccionar el diagrama calendario en fecha temprana.
6) Elaborar la programación de recursos teniendo en cuenta que se tiene una disponibilidad máxima de 40 toneladas por semana.
7) Elaborar el presupuesto financiero del proyecto considerando el diagrama calendario en fecha temprana y que las actividades se pagan al finalizar. Cuál es el valor actual del proyecto y cuál sería su valor si se decidieran cancelar todas las deudas la semana 8, teniendo en cuenta para ambos casos una tasa semanal del 0.5%?
8) Cuál es la probabilidad de que el proyecto se cumpla entre las 15 y 18 semanas?
9) Cuántas semanas debe estimarse, que el proyecto debe durar, para tener una seguridad de cumplirlo del 95%?
10) Hallar los márgenes total, libre e independiente de las actividades D, E, I y L.
11) Reducir la duración del proyecto hasta lograr su mínimo tecnológico, tomando como tiempo CRASH de cada tarea a sus tiempos optimistas.
12) Si se estiman los gastos indirectos del proyecto en 1,5 miles U$S/semana. Considerando 0 los gastos indirectos del proyecto si se realiza en su tiempo mínimo y aumentando en dicho valor por cada semana adicional. Cuál será la duración del proyecto que implique un menor costo? Graficar la curva de costos.

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**a**	**m**	**b**	Costo	Costo Crash	Consumo
A		1	1											2	3	4	8	10	20
B				1										1	2	3	2	3	5
C					1	1								1	1	1	3	3	10
D							1							1	4	13	10	14	0
E								1		1				1	4	7	7	11	10
F									1					1	3	5	2	3	0
G										1				1	1	1	3	3	5
H											1	1		2	3	10	5	8	0
I											1	1		2	3	4	4	6	15
J													1	1	2	3	3	7	15
K													1	3	4	5	7	8	20
L														1	2	3	3	7	20
M														1	1	1	1	1	10

8.13 Calcular la duración de los proyectos correspondientes a las matrices del punto 1.1 utilizando el programa WinQSB y comparar los resultados con los hallados manualmente

9. TEORÍA de la DECISIÓN

9.1 Una empresa que quiere introducir un producto en un mercado competitivo cuyas características son imposibles de conocer, está estudiando la posibilidad de venderlo a 8, 10, 12, 14, 16, 18 o 20 $/unidad. Se considera que el precio del mercado puede ser inferior a $10/u, superior a $18/u o situarse en algún valor del intervalo $10-18/u, en cuyo caso, el beneficio de la empresa sería distinto, variando tal como se indica en la matriz de ganancias adjunta (en millones de $).

	Precios de la competencia

P.Vta. ($/u)	F1	F2	F3	F4	F5
A1 (8)	-30	10	15	20	20
A2 (10)	-20	20	20	30	40
A3 (12)	-10	10	20	30	60
A4 (14)	-15	0	20	40	80
A5(16)	-20	-15	10	40	90
A6 (18)	-30	-20	0	20	100
A7 (20)	-50	-30	-20	0	40

Determinar la estrategia óptima y comentar las respectivas soluciones

R: Optimista: A6; Pesimista: A3; Hurwicz (alfa = 0,8): A6; Savage: A4

9.2 Una fábrica requiere un mínimo de 20 operarios para funcionar. Si concurren a trabajar menos de 20 operarios, la fábrica debe suspender la producción. No obstante, la planta puede operar satisfactoriamente con 20 operarios o más. Cuando la planta está en operación, se elaboran productos con un valor de venta de $40.000 por día. Los costos variables de producir y vender esos productos, excluida la mano de obra, son de $24.000. Los operarios deben ser contratados con anterioridad para cada día de trabajo. La empresa dispone de hasta 25 operarios para contratar en cada día de trabajo. La remuneración de cada operario es de $400/día. Todos los operarios contratados cobran ese importe diario, aún si hubieran estado ausentes para el día en que fueron contratados y aún si la planta no puede operar. Se busca determinar cuál es la cantidad óptima de operarios a contratar cada día de modo de maximizar las ganancias de la empresa. En la tabla adjunta se da una información detallada del ausentismo del personal:

Operarios ausentes	% de días
0	36
1	38
2	19
3	6
4	1
5 o más	0

a) Construir la matriz de ganancias
b) Determinar la alternativa de máxima ganancia esperada
c) Determinar la ganancia esperada bajo certeza (con información perfecta: es decir, si para cada futuro se eligiera la mejor alternativa posible)
d) Determinar el valor esperado de la información perfecta
R: b) A4: $6.640; c) $7.608; d) $968

9.3 Al comprar un generador eléctrico, una empresa debe decidir la cantidad de repuestos que conviene encargar. Cada repuesto es fabricado exclusivamente para el generador específico y no puede ser usado en ningún otro generador. Si los repuestos se ordenan conjuntamente con el generador, su costo unitario es de $500, mientras que si se necesita el repuesto y no se lo posee, el costo de obtenerlo al mandarlo a fabricar más el costo que implica tener el generador sin funcionar, se estima en $10.000 por repuesto.
La distribución de probabilidades de las roturas del repuesto es la siguiente:

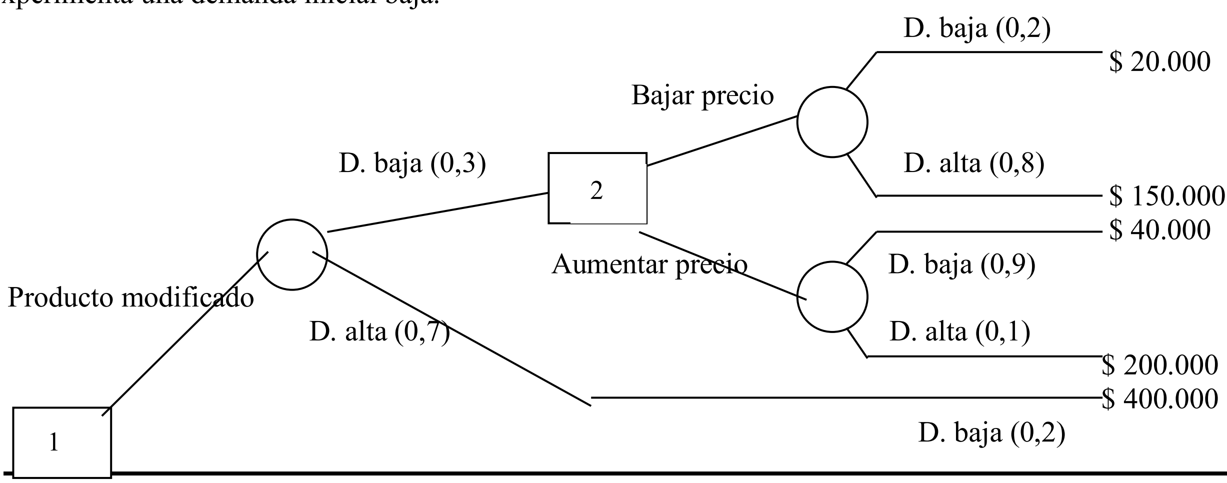
Nº de repuestos necesarios	Probabilidad
0	0,90
1	0,05

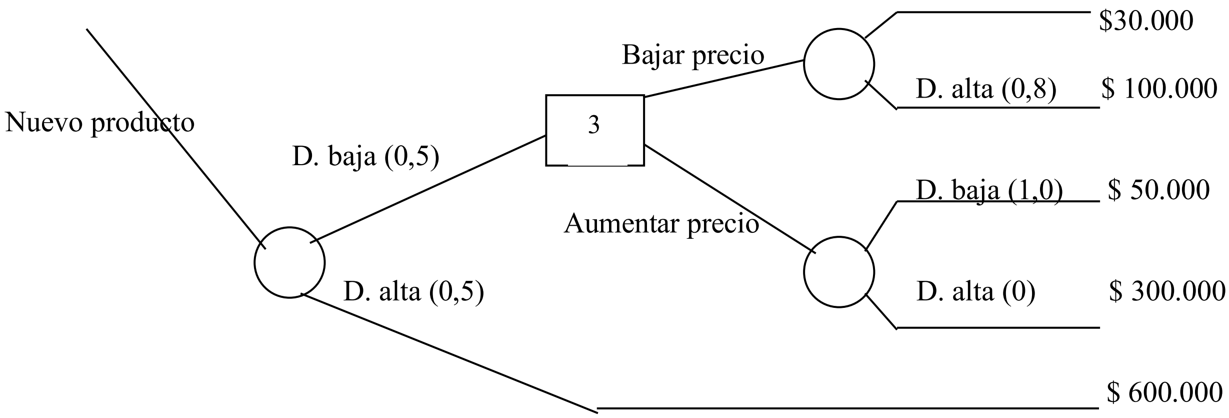
2	0,02
3	0,01
4	0,01
5	0,01

Calcular la alternativa óptima.
R: A2 y A3 con $1.600

9.4 La empresa multinacional MERCANO elaboradora de juguetes de plástico está analizando la apertura de una nueva filial en la Argentina. Para ello ha decidido realizar un estudio de mercado que estima tendrá un costo de $10.000, cuyo resultado puede ser exitoso o no, con probabilidades estimadas en 50% para ambas alternativas. Este estudio le ayudará a MERCANO a decidir entre instalar una planta grande, una pequeña o, incluso, tomar la decisión de no instalarla. Si el mercado resulta favorable, la dirección comercial estima ganar $90.000 con la fábrica grande y $60.000 con la fábrica pequeña. Por su parte, si el mercado resultara desfavorable, se estima que se podrían perder $30.000 con la fábrica grande y $20.000 con la fábrica pequeña. Además, se estima que la probabilidad de un mercado favorable según un estudio piloto exitoso es de 0,8. La probabilidad de un mercado desfavorable, según un resultado de estudio piloto que no sea exitoso, se calcula en 0,9. Si no se decidiera hacer el estudio de mercado, la probabilidad de un mercado exitoso es de 0,6.
Cuál sería la mejor recomendación para la empresa MERCANO?
R: no realizar el estudio y construir una fábrica grande. El valor monetario esperado es de $42.000.

9.5 La empresa MINITOOL productora de pequeñas herramientas está enfrentando una fuerte competencia extranjera. Por tal motivo, se ve en la disyuntiva de automatizar el producto que tiene en existencia o abandonarlo y ofrecer un producto nuevo. Sin importar cuál sea el curso de acción elegido, tendrá la oportunidad de disminuir o aumentar sus precios si experimenta una demanda inicial baja.





R: decidir por el nuevo producto con un valor esperado de $343.000