

20. Adirondack Savings Bank (ASB) tiene \$1 millón en fondos nuevos que deben asignarse a préstamos para vivienda, préstamos personales y préstamos para automóvil. Las tasas de rendimiento anuales para los tres tipos de préstamos son 7% en préstamos para vivienda, 12% en préstamos personales y 9% en préstamos para automóvil. El comité de planeación del banco ha decidido que por lo menos 40% de los fondos nuevos deben asignarse a los préstamos para vivienda. Además, el comité de planeación ha especificado que el monto asignado a préstamos personales no puede exceder 60% del asignado a préstamos para automóvil.

a. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el monto de los fondos que ASB debe asignar a cada tipo de préstamo con el fin de maximizar el rendimiento anual total para los nuevos fondos.

b. ¿Cuánto debe asignarse a cada tipo de préstamo? ¿Cuál es el rendimiento anual? ¿Cuál es el rendimiento porcentual anual?

c. Si la tasa de interés en los préstamos para vivienda aumenta 9%, ¿cambiaría el monto asignado a cada tipo de préstamo? Explique por qué.

d. Suponga que el monto total de los fondos nuevos disponibles aumentó \$10,000. ¿Qué efecto tendría esto en el rendimiento total anual? Explique por qué.

e. Suponga que ASB tiene el monto de \$1 millón original en nuevos fondos disponibles y que el comité de planeación ha aceptado relajar 1% el requerimiento de que por lo menos 40% de los fondos nuevos se asignen a los préstamos para vivienda. ¿Cuánto cambiaría el rendimiento anual? ¿Cuánto cambiaría el rendimiento porcentual anual?

A)

ASB= 1,000,000

X1= Préstamos para vivienda 0.07

X2= Préstamos personales 0.12

X3= Prestamos para automóviles 0.09

$$\text{Max } 0.07 X1 + 0.12 X2 + 0.09 X3$$

$$\text{s/A } X1 + X2 + X3 = 1,000,00$$

$$0.6 X1 - 0.04 X2 - 0.4 X3 \geq 0$$

$$X2 - 0.6 X3 \leq 0$$

B) ¿Cuánto debe asignarse a cada tipo de préstamo? ¿Cuál es el rendimiento anual? ¿Cuál es el rendimiento porcentual anual?

Linear Programming Results						
(untitled) Solution						
	X1	X2	X3		RHS	Dual
Maximize	.07	.12	.09			
Constraint 1	1	1	1	=	1000000	.09
Constraint 2	.6	-.4	-.4	>=	0	-.03
Constraint 3	0	1	-.6	<=	0	.02
Solution	400000	225000.0	375000		88750	

Se debe asignar \$400,000 a la tasa de vivienda

Se debe asignar \$225,000 a la tasa personal

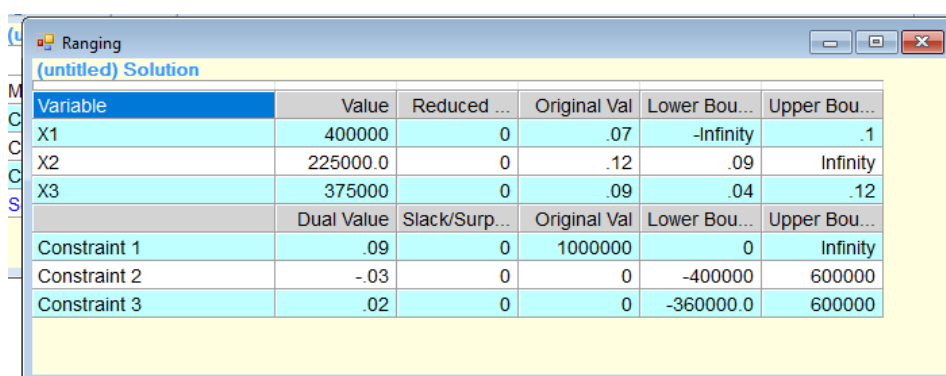
Se debe asignar \$275,000 a la tasa de automóvil

1,000,00----- 100%

\$88,750----- x

X= 8.875%

- C) Si la tasa de interés en los préstamos para vivienda aumenta 9%, ¿cambiaría el monto asignado a cada tipo de préstamo? Explique por qué.

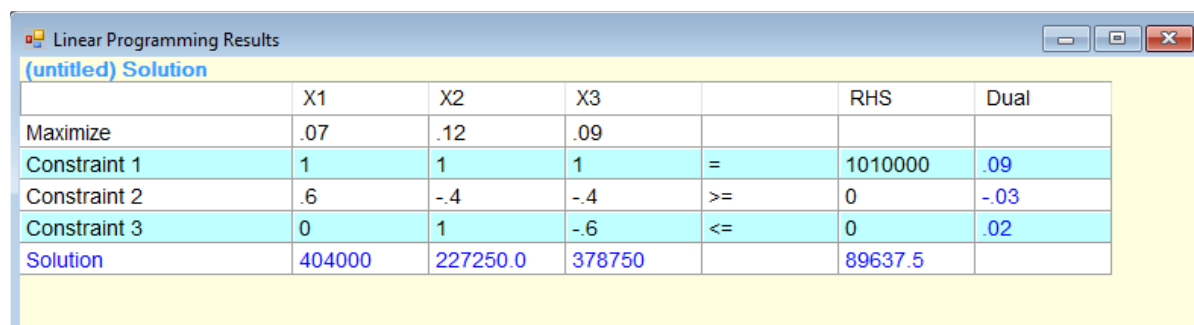


Variable	Value	Reduced ...	Original Val	Lower Bou...	Upper Bou...
X1	400000	0	.07	-Infinity	.1
X2	225000.0	0	.12	.09	Infinity
X3	375000	0	.09	.04	.12

	Dual Value	Slack/Surp...	Original Val	Lower Bou...	Upper Bou...
Constraint 1	.09	0	1000000	0	Infinity
Constraint 2	-.03	0	0	-400000	600000
Constraint 3	.02	0	0	-360000.0	600000

Al aumentar la tasa de 0.07 a 0.09 en los prestamos de vivienda el monto que se asigna para cada tipo de préstamo no sufrió ningún cambio por que en la tabla comparada con el inciso a) se observa que la variable x1 esta en un rango de infinito a 0.1

- D) Suponga que el monto total de los fondos nuevos disponibles aumentó \$10,000. ¿Qué efecto tendría esto en el rendimiento total anual? Explique por qué.



	X1	X2	X3		RHS	Dual
Maximize	.07	.12	.09			
Constraint 1	1	1	1	=	1010000	.09
Constraint 2	.6	-.4	-.4	>=	0	-.03
Constraint 3	0	1	-.6	<=	0	.02
Solution	404000	227250.0	378750		89637.5	

Se debe asignar \$404,000 a la tasa de vivienda

Se debe asignar \$227,250 a la tasa personal

Se debe asignar \$378750 a la tasa de automóvil

1,010,00----- 100%

\$89,637.5----- x

X= 8.875%

21. Round Tree Manor es un hotel que ofrece dos tipos de habitaciones y tres clases de paquetes: económico, de lujo y ejecutivo. Las utilidades por noche para cada tipo de habitación y clase de paquete son las siguientes:

Habitación		Económico		
		Clase de paquete	De lujo	Ejecutivo
Tipo I	Tipo I	\$30	\$35	—
	Tipo II	\$20	\$30	\$40

Las habitaciones tipo I no cuentan con acceso a Internet y no están disponibles para el paquete ejecutivo. La gerencia de Round Tree hace un pronóstico de la demanda por clase de paquete para cada noche en el futuro. Un modelo de programación lineal elaborado para maximizar las utilidades se utiliza para determinar cuántas reservaciones aceptar para cada clase de paquete. El pronóstico de la demanda para una noche es de 130 reservaciones para el paquete económico, 60 para el de lujo y 50 para el ejecutivo. Round Tree tiene 100 habitaciones tipo I y 120 habitaciones tipo II.

- Utilice la programación lineal para determinar cuántas reservaciones aceptar en cada clase de paquete y cómo deben asignarse las reservaciones a los tipos de habitación. ¿La demanda de alguna clase de paquete no se satisface? Explique por qué.
- ¿Cuántas reservaciones pueden asignarse en cada clase de paquete?
- La gerencia considera ofrecer un desayuno gratuito a cualquiera que actualice su reservación de un paquete económico a uno de lujo. Si el costo del desayuno para Round Tree es de \$5, ¿debe ofrecerse este incentivo?
- Con un poco de trabajo, un área de oficina sin utilizar podría convertirse en una habitación de alquiler. Si el costo de conversión es el mismo para ambos tipos de habitaciones, ¿recomendaría usted convertir la oficina en una habitación tipo I o tipo II? ¿Por qué?
- ¿Podría modificarse el modelo de programación lineal para planear la asignación de la demanda de ocupación para la noche siguiente? ¿Qué información se necesitaría y cómo cambiaría el modelo?

X1 cantidad de reservaciones de la habitación tipo 1 del paquete económico.

X2 IDEM habitación tipo 1 del paquete de lujo.

X3 IDEM habitación tipo 2 del paquete económico.

X4 IDEM habitación tipo 2 del paquete de lujo.

X5 IDEM habitación tipo 2 del paquete ejecutivo.

Max U: $30X_1 + 35X_2 + 20X_3 + 30X_4 + 40X_5$

S/A $X_1 + X_2 = 100$

$X_3 + X_4 + X_5 = 120$

$X_1 + X_3 = 130$

$X_2 + X_4 = 60$

$X_5 = 50$

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$

(untitled) Solution

	X1	X2	X3	X4	X5		RHS	Dual
Maximize	30	35	20	30	40			
Constraint 1	1	1	0	0	0	=	100	30
Constraint 2	0	0	1	1	1	=	120	20
Constraint 3	1	0	1	0	0	<=	130	0
Constraint 4	0	1	0	1	0	<=	60	10
Constraint 5	0	0	0	0	1	<=	50	20
Solution	100	0	10	60	50		7000	

(untitled) Solution

Variable	Status	Value
X1	Basic	100
X2	NONBasic	0
X3	Basic	10
X4	Basic	60
X5	Basic	50
artfcl 1	NONBasic	0
artfcl 2	NONBasic	0
slack 3	Basic	20
slack 4	NONBasic	0
slack 5	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		7000

Cj	Basic Variable	Quantity	30 X1	35 X2	20 X3	30 X4	40 X5	0 artfcl 1	0 artfcl 2	0 slack 3	0 slack 4	0 slack 5
	cj-zj		0	0	0	5	0	-50	-40	20	15	0
Iteration 7												
30	X1	40	1	0	0	-1	0	1	0	0	-1	0
40	X5	50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
20	X3	70	0	0	1	1	0	0	1	0	0	-1
35	X2	60	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
0	slack 3	20	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	1
	zj	6,700	30	35	20	25	40	30	20	0	5	20
	cj-zj		0	0	0	5	0	-30	-20	0	-5	-20
Iteration 8												
30	X1	100	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
40	X5	50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
20	X3	10	0	-1	1	0	0	0	1	0	-1	-1
30	X4	60	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
0	slack 3	20	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	1
	zj	7,000	30	40	20	30	40	30	20	0	10	20

(untitled) Solution

Variable	Value	Reduced ...	Original Val	Lower Bou...	Upper Bou...
X1	100	0	30	25	Infinity
X2	0	5	35	-Infinity	40
X3	10	0	20	-Infinity	25
X4	60	0	30	25	Infinity
X5	50	0	40	20	Infinity
	Dual Value	Slack/Surp...	Original Val	Lower Bou...	Upper Bou...
Constraint 1	30	0	100	0	120
Constraint 2	20	0	120	110	140
Constraint 3	0	20	130	110	Infinity
Constraint 4	10	0	60	40	70
Constraint 5	20	0	50	30	60

(untitled) Solution							
Original Pr...							
Maximize	X1	X2	X3	X4	X5		
Constraint 1	1	1	0	0	0	=	100
Constraint 2	0	0	1	1	1	=	120
Constraint 3	1	0	1	0	0	<=	130
Constraint 4	0	1	0	1	0	<=	60
Constraint 5	0	0	0	0	1	<=	50
Dual Probl...							
	Const...	Const...	Const...	Const...	Const...		
Minimize	100	120	130	60	50		
X1	1	0	1	0	0	>=	30
X2	1	0	0	1	0	>=	35
X3	0	1	1	0	0	>=	20
X4	0	1	0	1	0	>=	30
X5	0	1	0	0	1	>=	40

- 1) ¿La demanda de alguna clase de paquete no se satisface? Si, la reserva del paquete de lujo de la habitación tipo 1
- 2) ¿Cuántas reservaciones pueden asignarse en cada clase de paquete?
 * Para el paquete 1 de la habitación tipo 1-100 reservaciones, de la habitación tipo 2-10 reservaciones.
 * para el paquete 2 de la habitación de tipo 1-0 reservaciones, de la habitación tipo 2-60 reservaciones.
 * para el paquete 3 de la habitación de tipo 2-50 reservaciones.
- 3) si ya que da diferencia de costo por habitación son 10 dólares y el programa dual marca que por una habitación de lujo de la habitación 2 puede gastar 30 dólares más por la habitación entonces \$5 dólares por el desayuno no afectarían las ganancias.
- 4) ¿recomendaría usted convertir la oficina en la habitación tipo 1 o tipo 2?
 Tipo 2, ya que las ganancias de la dos son más altas y el costo de la remodelación es el mismo.
- 5) ¿podría modificarse el modelo de programación lineal para la asignación de la demanda de ocupación para la noche siguiente?
 Si

22. Industrial Designs ha ganado un contrato para diseñar una etiqueta para un vino nuevo producido por Lake View Winery. La empresa estima que se requerirán 150 horas para completar el proyecto. Los tres diseñadores gráficos de la empresa que están disponibles para este proyecto son Lisa, diseñadora ejecutiva y líder del equipo; David, diseñador ejecutivo, y Sarah, diseñadora adjunta. Como Lisa ha trabajado en varios proyectos para Lake View Winery, la gerencia especificó que a Lisa se le deben asignar por lo menos 40% del número total de horas asignadas a los dos diseñadores ejecutivos. Para que Sarah

adquiera experiencia en el diseño de etiquetas, se le debe asignar por lo menos 15% del tiempo total del proyecto. Sin embargo, el número de horas asignadas a Sarah no debe exceder 25% del número total de horas estipuladas a los dos diseñadores ejecutivos. Debido a sus compromisos con otros proyectos, Lisa tiene un máximo de 50 horas disponibles para trabajar en este proyecto. Los honorarios por hora de trabajo son \$30 para Lisa, \$25 a David y \$18 para Sarah.

- Formule un programa lineal que se utilice para determinar el número de horas que cada diseñador gráfico debe asignar al proyecto con el fin de minimizar el costo total.
- ¿Cuántas horas se deben dar a cada diseñador para el proyecto? ¿Cuál es el costo total?
- Imagine que a Lisa se le podrían asignar más de 50 horas. ¿Qué efecto tendría esto en la solución óptima? Explique por qué.
- Si no se requiriera que Sarah trabajara un mínimo de horas en este proyecto, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.

a)

SOLUCIÓN:

Variables:

x_1 = # de horas que se le debe asignar a Lisa

x_2 = # de horas que se le debe asignar a David

x_3 = # de horas que se le debe asignar a Sarah

Función objetivo:

Minimizar el costo total

$$C = 30x_1 + 25x_2 + 18x_3 \text{ Min}$$

Restricciones:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100$$

$$0.6x_1 - 0.4x_2 \geq 0$$

$$-0.15x_1 - 0.15x_2 + 0.85x_3 \geq 0$$

$$-0.25x_1 - 0.25x_2 + x_3 \leq 0$$

$$x_1 \leq 50$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

b)

Linear Programming Results						
(untitled) Solution						
	X1	X2	X3		RHS	Dual
Minimize	30	25	18			
Constraint 1	1	1	1	=	100	-25.2
Constraint 2	.6	-.4	0	>=	0	-5
Constraint 3	-.15	-.15	.85	>=	0	0
Constraint 4	-.25	-.25	1	<=	0	7.2
Constraint 5	1	0	0	<=	50	0
Solution	32	48	20		2520	

Cada diseñador tiene que elaborar el proyecto con número de horas de 32, 48, 20 para tener un costo mínimo de \$2520.

- c) No tiene ningún cambio porque está elaborando bajo las horas de 50.
- d) No surge ningún cambio trabaja bajo las restricciones de las horas que se requiere.

23. Vollmer Manufacturing fabrica tres componentes que vende a compañías de refrigeración. Los componentes se procesan en dos máquinas: una moldeadora y una afiladora. Los tiempos (en minutos) requeridos en cada máquina son los siguientes:

Componente	Máquina	
	Moldeadora	Afiladora
1	6	4
2	4	5
3	4	2

La moldeadora está disponible durante 120 horas y la afiladora durante 110. No se pueden vender más de 200 unidades del componente 3, pero se pueden vender hasta 1000 unidades de cada uno de los otros componentes. De hecho, la empresa ya tiene pedidos por 600 unidades del componente 1 que se deben surtir. La contribución a las utilidades para los componentes 1, 2 y 3 son \$8, \$6 y \$9, respectivamente.

- Formule y calcule las cantidades de producción recomendadas.
- ¿Cuáles son los rangos del coeficiente objetivo para los tres componentes? Interprete estos rangos para la gerencia de la empresa.
- ¿Cuáles son los rangos del lado derecho? Interprete estos rangos para la gerencia de la empresa.
- Si se pudiera disponer de más tiempo en la afiladora, ¿cuánto valdría la pena?
- Si se pueden vender más unidades del componente 3 al reducir el precio de ventas \$4, ¿la empresa debe reducir el precio?

a) Solución

X1: número de unidades del componente 1 producida

X2: número de unidades del componente 2 producida

X3: número de unidades del componente 3 producida

Función objetiva

$$\text{Max } Z = 8x_1 + 6x_2 + 9x_3$$

Restricciones

$$6x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq 7200$$

$$4x_1 + 5x_2 + 2x_3 \leq 6600$$

$$x_1 \geq 600$$

$$x_1 + x_2 \leq 1000$$

$$x_3 \leq 200$$

$$x_2, x_3 \geq 0$$

b)

Variables	Rango de coeficiente objetivo
X1	Sin límite inferior a 9.0
X2	5. a 9.0
X3	6.00 a Sin límite inferior

Los cambios individuales en los coeficientes de beneficio dentro de estos rangos no causarán un cambio en el número óptimo de componentes a producir.

c)

restriccion	Rango de lado derecho
1	14400 a 7440
2	26300 a sin limite superior
3	3100 a 900
4	4600 a sin limite superior
5	5700 a sin limite superior
6	6514,29 a 1000

d)

	X1	X2	X3		RHS
Maximize	8	6	9		
Constraint 1	6	3	4	<=	7200
Constraint 2	4	5	2	<=	6600
Constraint 3	1	1	0	<=	1000
Constraint 4	1	0	0	>=	600
Constraint 5	0	0	1	<=	200
Variable type (click to set)	Integer	Integer	Integer		
Solution->	1000	0	200	Optim...	9800

Cj	Basic Variable	Quantity	0 X1	0 X2	0 X3	0 slack 1	0 slack 2	1 artfcl 3	0 surplus 3	0 slack 4	0 slack 5
Phase 1 - iteration 1											
0	slack 1	0	6	3	4	1	0	0	0	0	0
0	slack 2	6,600	4	5	2	0	1	0	0	0	0
1	artfcl 3	600	1	0	0	0	0	1	-1	0	0
0	slack 4	1,000	1	1	0	0	0	0	0	1	0
0	slack 5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	zj	600	-1	0	0	0	0	1	1	0	0
	cj-zj		1	0	0	0	0	0	-1	0	0
Iteration 2											
0	X1	0	1	0.5	0.6667	0.1667	0	0	0	0	0
0	slack 2	6,600	0	3	-0.66...	-0.66...	1	0	0	0	0
1	artfcl 3	600	0	-0.5	-0.66...	-0.16...	0	1	-1	0	0
0	slack 4	1,000	0	0.5	-0.66...	-0.16...	0	0	0	1	0
0	slack 5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	zj	600	0	.5	.67	.17	0	1	1	0	0

Nada, ya que hay 300 minutos de holgura en el molino a la solución óptima.

e) Si es posible seguirlo produciendo, ya que el Mínimo puede llegar a cero y la solución seguirá siendo la misma. Por lo tanto, si valdría la pena, solo disminuiría la utilidad o contribución total a $\$8000 + \$800 = \$8800$.

24. National Insurance Associates tiene un portafolio de inversión de acciones, bonos y otras alternativas de inversión. Actualmente cuenta con \$200,000 en fondos y debe considerar nuevas oportunidades de inversión. Las cuatro opciones de acciones que National considera y los datos financieros relevantes son los siguientes:

	Acción			
	A	B	C	D
Precio por acción	\$100	\$50	\$80	\$40
Tasa de rendimiento anual	0.12	0.08	0.06	0.10
Medida del riesgo por dólar invertido	0.10	0.07	0.05	0.08

La medida del riesgo indica la incertidumbre relativa asociada con la acción en función de que se logre el rendimiento anual proyectado; los valores más altos indican un riesgo mayor. El asesor financiero de la empresa proporciona las medidas del riesgo. La gerencia ejecutiva de National ha estipulado los siguientes lineamientos de inversión: la tasa de rendimiento anual para el portafolio debe ser por lo menos 9%, y ninguna acción debe corresponder a más de 50% de la inversión total.

- Utilice la programación lineal para elaborar un portafolio de inversión que minimice el riesgo.
- Si la empresa ignora el riesgo y utiliza una estrategia de rendimiento máximo sobre la inversión, ¿cuál es el portafolio de inversión?
- ¿Cuál es la diferencia en dinero entre los portafolios de los incisos a y b? ¿Por qué la empresa prefiere la solución desarrollada en el inciso a?

- Utilice la programación lineal para elaborar un portafolio de inversión que minimice el riesgo.

Tenemos los siguientes datos

- X_1 Cantidad de acciones asignadas a opción A
 X_2 Cantidad de acciones asignadas a opción B
 X_3 Cantidad de acciones asignadas a opción C
 X_4 Cantidad de acciones asignadas a opción D

Original Problem						
Minimize	X_1	X_2	X_3	X_4		
Constraint 1	100	50	80	40	$\leq$	200000
Constraint 2	12	4	4.8	4	$\geq$	18000
Constraint 3	100	0	0	0	$\leq$	100000
Constraint 4	0	50	0	0	$\leq$	100000
Constraint 5	0	0	80	0	$\leq$	100000
Constraint 6	0	0	0	40	$\leq$	100000

Resolviendo este sistema tenemos los siguientes resultados

	X_1	X_2	X_3	X_4		RHS	Dual
Minimize	10	3.5	4	3.2			
Constraint 1	100	50	80	40	$\leq$	200000	0
Constraint 2	12	4	4.8	4	$\geq$	18000	-0.83
Constraint 3	100	0	0	0	$\leq$	100000	0
Constraint 4	0	50	0	0	$\leq$	100000	0
Constraint 5	0	0	80	0	$\leq$	100000	0
Constraint 6	0	0	0	40	$\leq$	100000	0
Solution	666.67	0	0	2500		14666.67	

Lo cual nos indica que es un riesgo de \$ 1466.67 con una cantidad asignada de A de \$ 2500.00

con una cantidad asignada de D de \$ 666.67

nuestro rendimiento sería en total A+D nos da \$ 3166.67

b. Si la empresa ignora el riesgo y utiliza una estrategia de rendimiento máximo sobre la inversión, ¿cuál es el portafolio de inversión?

Si se maximiza el riesgo

Dual Problem								
	Constr...	Constr...	Constr...	Constr...	Constr...	Constr...		
Maximize	-200000	18000	-100000	-100000	-100000	-100000		
X1	-100	12	-100	0	0	0	<=	10
X2	-50	4	0	-50	0	0	<=	3.5
X3	-80	4.8	0	0	-80	0	<=	4
X4	-40	4	0	0	0	-40	<=	3.2

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	666.67	0	10	9.6	10
X2	0	.17	3.5	3.33	Infinity
X3	0	0	4	4	Infinity
X4	2500	0	3.2	-Infinity	3.33
	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Constraint 1	0	33333.33	200000	166666.7	Infinity
Constraint 2	-.83	0	18000	10000	22000
Constraint 3	0	33333.33	100000	66666.67	Infinity
Constraint 4	0	100000	100000	0	Infinity
Constraint 5	0	100000	100000	0	Infinity
Constraint 6	.0	0	100000	60000	180000

Entonces tenemos que tendríamos un valor

de un riesgo de \$ 18 000
con un rendimiento de \$ 22 000

c. ¿Cuál es la diferencia en dinero entre los portafolios de los incisos a y b?

Diferencia respecto a nuestro

Riesgo = \$18000 - \$14 666.67 = \$ 3 333.33
Rendimiento = \$22000 - \$ 3 166.67 = \$19 166.67

Diferencia respecto al rendimiento y el riesgo o viceversa

del inciso a) \$14666.67 - \$ 3166.67 = \$11500
del inciso b) \$22000 - \$18000 = \$ 4000

¿Por qué la empresa prefiere la solución desarrollada en el inciso a?

Tomando en consideración nuestros resultados de riesgo y rendimiento cada quien con su cada cual, si es algo de dinero invertido ya que es b) menos a) se hace notorio la diferencia de estas cantidades, haciendo que sea más factible la minimización, pues se gastan menos recursos incluyendo la cantidad de inversión.

Anexo

Iteraciones

Iteration 6													
0	slack 1	33,33...	0	16.6667	40.0	0	1	-8.3333	8.3333	0	0	0	-0.1667
3.2	X4	2,500	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.025
10	X1	666.6...	1	0.3333	0.4	0	0	0.0833	-0.0833	0	0	0	-0.0083
0	slack 4	100,000	0	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	slack 5	100,0...	0	0	80	0	0	0	0	0	0	1	0
0	slack 3	33,33...	0	-33.3333	-40.0	0	0	-8.3333	8.3333	1	0	0	0.8333
	zj	14,66...	10	3.67	4	3.2	0	-.83	.83	0	0	0	.0
	cj-zj		0	-0.1667	0	0	0	0.8333	-0.8333	0	0	0	-0.0033

25. Georgia Cabinets fabrica gabinetes para cocina que se venden a distribuidores locales en todo el sureste. Debido al gran atraso en los pedidos de gabinetes de roble y cerezo, la empresa decidió contratar a tres fabricantes pequeños para que realicen la operación de acabado final de los gabinetes. Enseguida se muestra, para los tres fabricantes, el número de horas requeridas para terminar todos los gabinetes de roble, el número de horas requeridas para terminar todos los gabinetes de cerezo, el número de horas disponibles para la operación de acabado final y el costo por hora por realizar el trabajo:

	Fabricante 1	Fabricante 2	Fabricante 3
Horas requeridas para terminar todos los gabinetes de roble	50	42	30
Horas requeridas para terminar todos los gabinetes de cerezo	60	48	35
Horas disponibles	40	30	35
Costo por hora	\$36	\$42	\$55

Por ejemplo, el fabricante 1 estima que tardará 50 horas en terminar todos los gabinetes de roble y 60 horas en terminar todos los gabinetes de cerezo. Sin embargo, sólo dispone de 40 horas para la operación de acabado final. Por tanto, puede terminar sólo $40/50 = 0.80$, o 80%, de los gabinetes de roble si trabaja sólo en estos gabinetes. De igual modo, puede terminar sólo $40/60 = 0.67$, o 67%, de los gabinetes de cerezo si trabaja sólo en ellos.

- Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el porcentaje de gabinetes de roble y gabinetes de cerezo que deben darse a cada uno de los tres fabricantes con el fin de minimizar el costo total de terminar ambos proyectos.
- Resuelva el modelo formulado en el inciso a. ¿Cuáles porcentajes de los gabinetes de roble y de los gabinetes de cerezo deben asignarse a cada fabricante? ¿Cuál es el costo total de completar ambos proyectos?
- Si el fabricante 1 tiene horas adicionales disponibles, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.
- Si el fabricante 2 tiene horas adicionales disponibles, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.
- Suponga que el fabricante 2 redujo su costo a \$38 por hora. ¿Qué efecto en la solución óptima tendría este cambio? Explique por qué.

Variables:

$Xr1$ =% que debe darse al fabricante 1 de roble

$Xc1$ =% que debe darse al fabricante 1 de cerezo

$Xr2$ =% que debe darse al fabricante 2 de roble

$Xc2$ =% que debe darse al fabricante 2 de cerezo

$Xr3$ =% que debe darse al fabricante 3 de roble

$Xc3$ =% que debe darse al fabricante 3 de cerezo

Función Objetivo

Min: $1800x_1 + 2160x_2 + 1764x_3 + 2016x_4 + 1650x_5 + 1925x_6$

$50x_1 + 60x_2$	≤ 40
$42x_2 + 48x_3$	≤ 30
$30x_3 + 35x_4$	≤ 35
$x_1 + x_2 + x_3$	$= 0.01$
$x_1 + x_2 + x_3$	$= 0.01$
x_1	≥ 0
x_2	≥ 0
x_3	≥ 0
x_4	≥ 0
x_5	≥ 0
x_6	≥ 0

B)

Optimal solution value = 115	Machine 1	Machine 2	Machine 3
Job 1	Assign 50	42	30
Job 2	60	48	Assign 35
Job 3	40	Assign 30	35

C)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6		RHS	Dual
Minimize	1800	2160	1764	2016	1650	1925			
Constraint 1	50	60	0	0	0	0	$\leq$	40	0
Constraint 2	0	0	42	48	0	0	$\leq$	30	0
Constraint 3	0	0	0	0	30	35	$\leq$	35	0
Constraint 4	1	0	1	0	1	0	$=$	.01	-1650
Constraint 5	0	1	0	1	0	1	$=$	.01	-1925
Constraint 6	1	0	0	0	0	0	$\geq$	0	-150
Constraint 7	0	0	1	0	0	0	$\geq$	0	-114
Constraint 8	0	0	0	0	1	0	$\geq$	0	0
Constraint 9	0	1	0	0	0	0	$\geq$	0	-235
Constraint 10	0	0	0	1	0	0	$\geq$	0	-91
Constraint 11	0	0	0	0	0	1	$\geq$	0	0
Solution	0	0	0	0	.01	.01		35.75	

Si se aumentara una hora en el trabajo del fabricante numero 1 habría un cambio muy grande ya que no se tiene nada de tolerancia si se quiere aumentar una hora más de producción.

D)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6		RHS	Dual
Minimize	1800	2160	1764	2016	1650	1925			
Constraint 1	50	60	0	0	0	0	<=	40	0
Constraint 2	0	0	42	48	0	0	<=	30	0
Constraint 3	0	0	0	0	30	35	<=	35	0
Constraint 4	1	0	1	0	1	0	=	.01	-1650
Constraint 5	0	1	0	1	0	1	=	.01	-1925
Constraint 6	1	0	0	0	0	0	>=	0	-150
Constraint 7	0	0	1	0	0	0	>=	0	-114
Constraint 8	0	0	0	0	1	0	>=	0	0
Constraint 9	0	1	0	0	0	0	>=	0	-235
Constraint 10	0	0	0	1	0	0	>=	0	-91
Constraint 11	0	0	0	0	0	1	>=	0	0
Solution	0	0	0	0	.01	.01		35.75	

26. Benson Electronics fabrica tres componentes que se usan para fabricar teléfonos celulares y otros dispositivos de comunicación. En un periodo de producción determinado, la demanda de estos tres componentes puede exceder la capacidad de manufactura de Benson. En este caso la empresa cumple la demanda al comprar los componentes de otro fabricante a un costo por unidad incrementado. El costo de manufactura por unidad y el costo de compra por unidad para los tres componentes son los siguientes:

Fuente	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Manufactura	\$4.50	\$5.00	\$2.75
Compra	\$6.50	\$8.80	\$7.00

Los tiempos de manufactura en minutos por unidad para los tres departamentos de Benson son los siguientes:

Departamento	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Producción	2	3	4
Ensamblaje	1	1.5	3
Prueba y empaque	1.5	2	5

Por ejemplo, cada unidad del componente 1 que Benson fabrica requiere 2 minutos de tiempo de producción, 1 minuto de tiempo de ensamblaje y 1.5 minutos de tiempo de prueba y empaque. Para el periodo de producción siguiente, Benson tiene capacidades de 360 horas en el departamento de producción, 250 horas en el departamento de ensamblaje y 300 horas en el departamento de prueba y empaque.

- Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar cuántas unidades de cada componente fabricar y cuántas comprar. Suponga que las demandas que se deben satisfacer son 6 000 unidades del componente 1, 4000 del componente 2 y 3 500 del componente 3. El objetivo es minimizar los costos totales de manufactura y adquisición.
- ¿Cuál es la solución óptima? ¿Cuántas unidades de cada componente deben fabricarse y cuántas deben comprarse?
- ¿Cuáles departamentos limitan las cantidades de manufactura de Benson? Utilice el precio dual para determinar el valor de una *hora extra* en cada uno de estos departamentos.
- Suponga que Benson tuvo que obtener una unidad adicional del componente 2. Comente qué indica el precio dual para la restricción del componente 2 respecto al costo de obtener la unidad adicional.

27. Golf Shafts, Inc. (GSI) produce mangos de grafi to para varios fabricantes de palos de golf. Dos instalaciones de manufactura de GSI, una localizada en San Diego y la otra en Tampa, tienen capacidad para producir mangos con varios grados de dureza, que varían desde modelos regulares usados por los golfistas promedio hasta modelos extra duros usados principalmente por golfistas de *handicap* bajo y profesionales. GSI acaba de ganar un contrato para fabricar 200,000 mangos regulares y 75,000 mangos duros. Dado que en la actualidad ambas plantas producen mangos para pedidos anteriores, ninguna planta tiene capacidad suficiente para surtir el nuevo pedido. La planta de San Diego puede producir hasta un total de 120,000 mangos y la planta de Tampa hasta un total de 180,000 mangos. Debido a las diferencias en el equipo de cada una de las plantas y a los distintos costos de mano de obra, los costos de producción por unidad varían como se muestra aquí:

	Costo de San Diego	Costo de Tampa
Mango regular	\$5.25	\$4.95
Mango duro	\$5.45	\$5.70

- Formule un modelo de programación lineal para determinar cómo debe programar GSI la producción del nuevo pedido, de modo que se minimice el costo total de producción.
- Resuelva el modelo que elaboró en el inciso a.
- Suponga que algunos de los pedidos anteriores de la planta de Tampa pueden reprogramarse para liberar capacidad adicional para el pedido nuevo. ¿Valdría la pena esta opción? Explique por qué.
- Suponga que el costo de fabricar un mango en Tampa se había calculado incorrectamente y que el costo correcto es \$5.30 por mango. ¿Qué efecto, si es que alguno, tendría el costo correcto en la solución óptima desarrollada en el inciso b? ¿Qué efecto tendría en el costo de producción total?

28. La empresa Pfeiffer administra aproximadamente \$15 millones para sus clientes. Para cada cliente elige una mezcla de tres vehículos de inversión: un fondo de acciones de crecimiento, uno de ingresos y uno de mercado de dinero. Cada cliente tiene diferentes objetivos de inversión y distintas tolerancias al riesgo. Para reconciliar estas diferencias, Pfeiffer pone límites al porcentaje de cada portafolio que puede invertirse en los tres fondos y asigna un índice de riesgo al portafolio de cada cliente.

Enseguida se muestra cómo funciona el sistema para Dennis Harlmann, uno de los clientes de Pfeiffer. Con base en una evaluación de la tolerancia al riesgo de Hartmann, la empresa ha asignado al portafolio de Hartmann un índice de riesgo de 0.05. Además, para mantener la diversidad, la fracción de dicho portafolio invertido en los fondos de crecimiento y de ingresos debe ser por lo menos 10% para cada uno, y como mínimo debe invertirse 20% en el fondo de mercado de dinero.

Las calificaciones de riesgo para los fondos de crecimiento, de ingresos y de mercado de dinero son 0, 10, 0.05 y 0.01, respectivamente. El índice de riesgo del portafolio se calcula como un promedio ponderado de las calificaciones de riesgo para los tres fondos, donde los pesos son la fracción del portafolio invertido en cada uno de los fondos. Hartmann ha entregado a Pfeiffer \$300,000 para que los administre. Actualmente Pfeiffer pronostica un rendimiento de 20% en el fondo de crecimiento, 10% en el de ingresos y 6% en el de mercado de dinero.

- Elabore un modelo de programación lineal para seleccionar la mejor mezcla de inversiones para el portafolio de Hartmann.
- Resuelva el modelo que elaboró en el inciso a.
- ¿Cuánto varían los rendimientos de los tres fondos antes de que sea necesario que Pfeiffer modifique el portafolio de Hartmann?
- Si Hartmann fuera más tolerante al riesgo, ¿qué incremento podría esperarse en el rendimiento? Por ejemplo, ¿qué pasaría si su índice de riesgo para el portafolio aumentara a 0.06?
- Si Pfeiffer disminuyera la estimación del rendimiento para el fondo de crecimiento a 0.10, ¿cómo recomendaría modificar el portafolio de Hartmann?
- ¿Qué información debe mantener Pfeiffer sobre cada cliente para utilizar este sistema con el propósito de administrar los portafolios de los clientes?

g. Pfeiffer revisa semanalmente las estimaciones del rendimiento para los tres fondos. Suponga que la empresa tiene 50 clientes. Describa cómo imagina que Pfeiffer modifica el portafolio de cada cliente por semana y asigna los recursos totales administrados entre los tres fondos de inversión.

29. La Jolla Beverage Products considera producir una bebida refrescante de vino preparada con una mezcla de vino blanco, vino rosado y jugo de fruta. Para cumplir con las especificaciones de sabor, la bebida debe contener por lo menos 50% de vino blanco, por lo menos 20% y no más de 30% de vino rosado, y exactamente 20% de jugo de fruta. La Jolla compra el vino a vinaterías locales y el jugo de fruta a una planta de procesamiento en San Francisco. Para el periodo de producción actual, puede comprar 10 000 galones de vino blanco y 8 000 galones de vino rosado, y una cantidad ilimitada de jugo de fruta. El costo del vino es \$1.00 por galón de vino blanco, \$1.50 por galón de vino rosado, y \$0.50 el galón de jugo de fruta. La Jolla Beverage Products puede vender toda la bebida refrescante que produzca a \$2.50 por galón.

- En esta situación, ¿el costo del vino y del jugo de fruta es un costo hundido o un costo relevante? Explique por qué.
- Formule un programa lineal para determinar la mezcla de los tres ingredientes que maximizará la contribución total a las utilidades. Resuelva el programa lineal para determinar el número de galones de cada ingrediente que La Jolla debe comprar y la contribución total a las utilidades que obtendrá con esta mezcla.
- Si La Jolla pudiera obtener cantidades adicionales de vino blanco, ¿debería hacerlo? Si es así, ¿cuánto debe estar dispuesta a pagar por cada galón adicional y cuántos galones adicionales debería comprar?
- Si La Jolla Beverage Products pudiera obtener cantidades adicionales de vino rosado, ¿debería hacerlo? Si es así, ¿cuánto debería estar dispuesta a pagar por cada galón adicional, y cuántos galones adicionales debería comprar?
- Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que la bebida refrescante debe contener por lo menos 50% de vino blanco. ¿Qué aconseja a la gerencia dado este precio dual?
- Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que la bebida refrescante debe contener exactamente 20% de jugo de fruta. ¿Qué aconseja a la gerencia dado este precio dual?

30. A la gerente de programación del Canal 10 le gustaría determinar la mejor manera de asignar el tiempo para la transmisión del noticiero nocturno de 11:00 a 11:30 p.m. En específico, le gustaría determinar el número de minutos de tiempo de transmisión que debe asignar a las noticias locales, las noticias nacionales, el clima y los deportes. De los 30 minutos que dura la transmisión, se reservan 10 minutos para publicidad. La política de transmisión de la estación establece que por lo menos 15% del tiempo disponible debe dedicarse a la cobertura de noticias locales; el tiempo dedicado a las noticias locales o nacionales debe ser por lo menos 50% del tiempo de transmisión total; el tiempo dedicado al segmento del clima debe ser menor o igual que el tiempo dedicado al segmento deportivo y no debe exceder el tiempo total invertido en las noticias locales y nacionales, y por lo menos 20% del tiempo debe dedicarse al segmento del clima. Los costos de producción por minuto son \$300 para las noticias locales, \$200 para las noticias nacionales, \$100 para el clima y \$100 para los deportes.

- Formule y resuelva un programa lineal que determine cómo deben emplearse los 20 minutos disponibles para minimizar el costo total de producción del programa.
- Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al tiempo disponible. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?
- Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que por lo menos 15% del tiempo disponible debe dedicarse a la cobertura local. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?

A)

X1 = Minutos asignado a las noticias locales
X2 = Minutos asignado a las noticias nacionales
X3 = Minutos asignado a las noticias del clima
X4 = Minutos asignado a los deportes

Función Objetivo

Minimizar el costo total de producción del programa

$$R = 300x_1 + 200x_2 + 100x_3 + 100x_4$$

MINUTOS en Noticias	Locales	Nacionales	Clima	Deportes	
Cantidad	1	1	1	1	Min
Costos	300	200	100	100	700

RESTRICCIONES	USO DE RECURSOS				Utilizado		LIMITE	No utiliz
Noticias Locales	0,85	-0,15	-0,15	-0,15	0,4	≥	0	-0,40
Not. Locales y Nac	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	≥	0	0,00
Noticias Clima			1	-1	0	≤	0	0,00
Noticias Deportes	1	1		-1	1	≥	0	-1,00
Noticias Clima	-0,2	-0,2	0,8	-0,2	0,2	≥	0	-0,20
Tiempo disponible	1	1	1	1	4	≤	20	16,00

PROGRAMACIÓN CANAL 10					
MINUTOS en Noticias	Locales	Nacionales	Clima	Deportes	
Cantidad	3	7	5	5	Min
Costos	300	200	100	100	3300

Resultados

3 minutos asignados a las noticias locales
 7 minutos asignados a las noticias nacionales
 5 minutos asignados a las noticias del clima
 5 minutos asignados a las noticias de deportes

B) Cada minuto adicional de tiempo de transmisión incrementa el costo en \$100.

C) Si la cobertura local se incrementa en 1 minuto, el costo total se incrementará en \$100.

31. Gulf Coast Electronics está preparada para conceder contratos para imprimir su informe anual. Durante los años anteriores, Johnson Printing y Lakeside Litho imprimieron el informe anual a cuatro tintas. Una nueva empresa, Benson Printing, preguntó por la posibilidad de hacer una parte de la impresión. La calidad y el servicio proporcionados por Lakeside Litho han sido sumamente satisfactorios; de hecho, sólo 0.5% de sus informes han tenido que rechazarse debido a problemas de calidad. Johnson Printing también ha tenido históricamente un alto nivel de calidad, produciendo un promedio de sólo 1% de informes

no aceptables. Como Gulf Coast Electronics no ha tenido experiencia con Benson Printing, estiman que su tasa de defectos es de 10%. A Gulf Coast le gustaría determinar cuántos informes debe imprimir cada empresa para obtener 75,000 informes de calidad aceptable. Para asegurar que Benson Printing reciba parte del contrato, la gerencia especificó que el número de informes otorgados a Benson Printing debe ser como mínimo 10% del volumen dado a Johnson Printing. Además, el volumen total asignado a Benson Printing, Johnson Printing y Lakeside Litho no debe exceder de 30,000, 50,000 y 50,000 ejemplares, respectivamente. Debido a la relación a largo plazo con Lakeside Litho, la gerencia también debe especificar que por lo menos 30,000 informes deben concederse a Lakeside Litho. El costo por ejemplar es de \$2.45 para Benson Printing, \$2.50 para Johnson Printing y \$2.75 para Lakeside Litho.

a. Formule y resuelva un programa lineal para determinar cuántos ejemplares deben asignarse a cada imprenta con el fin de minimizar el costo total de obtener 75,000 informes de calidad aceptable.

b. Suponga que el nivel de calidad de Benson Printing es mucho mayor que el efecto estimado. ¿Qué efecto, si es que hay, tendría este nivel de calidad?

c. Imagine que la gerencia está dispuesta a reconsiderar su requerimiento de que se conceda a Lakeside Litho la impresión de por lo menos 30,000 ejemplares. ¿Qué efecto, si lo hay, tendría esta consideración?

a)

Variables

X1 = # de ejemplares asignados a Johnson

X2 = # de ejemplares asignados a Litho

X3 = # de ejemplares asignados a Benson

Función Objetivo
Minimizar el costo total

$$C = 2,50X_1 + 2,75X_2 + 2,45X_3 \text{ Min}$$

	X1	X2	X3		RHS	Equation form
Minimize	2.5	2.75	2.45			Min 2.5X1 + 2.75X2 + 2...
Constraint 1	.99	1	.9	<=	75000	.99X1 + X2 + .9X3 <= 7...
Constraint 2	-.1	0	1	>=	0	-.1X1 + X3 >= 0
Constraint 3	0	0	1	<=	30000	X3 <= 30000
Constraint 4	1	0	0	<=	50000	X1 <= 50000
Constraint 5	0	1	0	<=	50000	X2 <= 50000
Constraint 6	0	1	0	>=	30000	X2 >= 30000
Constraint 7	1	0	0	>=	0	X1 >= 0
Constraint 8	0	1	0	>=	0	X2 >= 0
Constraint 9	0	0	1	>=	0	X3 >= 0

	X1	X2	X3		RHS	Dual
Minimize	2.5	2.75	2.45			
Constraint 1	1	1	.9	<=	75000	0
Constraint 2	-.1	0	1	>=	0	0
Constraint 3	0	0	1	<=	30000	0
Constraint 4	1	0	0	<=	50000	0
Constraint 5	0	1	0	<=	50000	0
Constraint 6	0	1	0	>=	30000	-2.75
Constraint 7	1	0	0	>=	0	-2.5
Constraint 8	0	1	0	>=	0	0
Constraint 9	0	0	1	>=	0	-2.45
Solution	0	30000	0		82500	

- b) No hay efecto.
- c) No hay efecto.

32. PhotoTech, Inc., un fabricante de baterías recargables para cámaras digitales, firmó un contrato con una compañía de fotografía digital para producir tres paquetes de baterías de ión-litio diferentes para una nueva línea de cámaras digitales. El contrato exige lo siguiente:

Paquete de baterías	Cantidad de producción
PT-100	200,000
PT-200	100,000
PT-300	150,000

PhotoTech puede fabricar los paquetes de baterías en sus plantas de manufactura localizadas en Filipinas y México. El costo unitario de los paquetes de baterías difiere en las dos plantas debido a las diferencias en el equipo de producción y a las tasas salariales. Los costos unitarios para cada paquete de baterías son los siguientes:

Producto	Planta	
	Filipinas	México
PT-100	\$0.95	\$0.98
PT-200	\$0.98	\$1.06
PT-300	\$1.34	\$1.15

Los paquetes de baterías PT-100 y PT-200 se producen con equipo de producción parecido y disponible en ambas plantas. Sin embargo, cada planta tiene una capacidad limitada para el número total de paquetes de baterías PT-100 y PT-200 producidos. Las capacidades de producción de PT-100 y PT-200 combinadas son 175,000 unidades en la planta de Filipinas y 160,000 unidades en la de México. Las

capacidades de producción del paquete PT-300 son 75,000 unidades en la planta de Filipinas y 100,000 unidades en la planta de México. El costo de envío desde la planta de Filipinas es \$0.18 por unidad y el de la planta de México \$0.10 por unidad.

- Elabore un programa lineal que le permita a PhotoTech determinar cuántas unidades de cada paquete de batería producir en cada planta con el fin de minimizar los costos totales de producción y de envío asociados con el nuevo contrato.
- Resuelva el programa lineal que elaboró en el inciso a para determinar el plan de producción óptimo.
- Utilice el análisis de sensibilidad para determinar cuánto tendría que cambiar el costo de producción o el costo de envío por unidad para producir unidades adicionales de la PT-200 en la planta de Filipinas.
- Utilice el análisis de sensibilidad para determinar cuánto tendría que cambiar el costo de producción o el de envío por unidad para producir unidades adicionales de la PT-100 en la planta de México.

Variables

X1 = # de unidades de batería PT100 que debe producir en Filipinas

X2 = # de unidades de batería PT200 que debe producir en Filipinas

X3 = # de unidades de batería PT300 que debe producir en Filipinas

X4 = # de unidades de batería PT100 que debe producir en México

X5 = # de unidades de batería PT200 que debe producir en México

X6 = # de unidades de batería PT300 que debe producir en México

Función Objetivo

Minimizar el costo total de producción

$$\text{MinC} = 0.18(x_1 + x_2 + x_3) + 0.10(x_4 + x_5 + x_6) + 0.95x_1 + 0.98x_2 + 1.34x_3 + 0.98x_4 + 1.06x_5 + 1.15x_6$$

$$\text{MinC} = 1.13x_1 + 1.16x_2 + 1.52x_3 + 1.08x_4 + 1.16x_5 + 1.25x_6$$

$$X_1 + X_2 \leq 175.000$$

$$X_4 + X_5 \leq 160.000$$

$$X_3 \leq 75.000$$

$$X_6 \leq 100.000$$

$$X_1 + X_4 = 200.000$$

$$X_2 + X_5 = 100.000$$

$$X_3 + X_6 = 150.000$$

$$X_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

(untitled) Solution		
Variable	Status	Value
X1	Basic	40000
X2	Basic	100000
X3	Basic	50000
X4	Basic	160000
X5	NONBasic	0
X6	Basic	100000
slack 1	Basic	35000
slack 2	NONBasic	0
slack 3	Basic	25000
slack 4	NONBasic	0
artfcl 5	NONBasic	0
artfcl 6	NONBasic	0
artfcl 7	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		535000

- c) El rango de optimalidad del coeficiente de la función objetiva de x1 muestra un límite inferior de \$1.08; por tanto, el costo de producción y/o envío tendría que reducirse en por lo menos 5 centavos por unidad.

(untitled) Solution									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6		RHS	Dual
Minimize	1.13	1.16	1.52	1.08	1.16	1.25			
Constraint 1	1	1	0	0	0	0	<=	175000	0
Constraint 2	0	0	0	1	1	0	<=	160000	.05
Constraint 3	0	0	1	0	0	0	<=	75000	0
Constraint 4	0	0	0	0	0	1	<=	100000	.27
Constraint 5	1	0	0	1	0	0	=	200000	-1.13
Constraint 6	0	1	0	0	1	0	=	100000	-1.16
Constraint 7	0	0	1	0	0	1	=	150000	-1.52
Solution	40000	100000	50000	160000	0	100000		535000	

(untitled) Solution					
Variable	Value	Reduced ...	Original Val	Lower Bou	Upper Bou
X1	40000	0	1.13	1.08	Infinity
X2	100000	0	1.16	-Infinity	1.21
X3	50000	0	1.52	1.25	Infinity
X4	160000	0	1.08	-Infinity	1.13
X5	0	.05	1.16	1.11	Infinity
X6	100000	0	1.25	-Infinity	1.52

d) El rango de optimalidad del coeficiente de la función objetivo de x4 muestra un límite inferior de \$1.11; así, el costo de producción y/o envío tendría que reducirse en por lo menos 5 centavos por unidad