

Fabrica	Capacidad	Costo (\$/unidad)
1	390	60
2	460	72
3	360	48
4	420	60

Fabrica	<i>Almacenes (\$/u)</i>					
	1	2	3	4	5	6
1	28	40	36	38	30	45
2	18	28	24	30	35	20
3	42	54	52	54	49	40
4	36	48	40	46	45	45
Requerimientos (u)	180	280	150	200	170	180

- *Establecer el programa de distribución que minimice el costo total.*
- *Cómo se modificaría el programa si se agregan los siguientes costos fijos de las fábricas: 15.000, 10.000, 8.000 y 5.000 para 1, 2, 3 y 4, respectivamente.*
- *Cómo se modificaría el programa del punto 2 si se agregan las siguientes consideraciones:*
 - *El precio de venta del producto es \$200 por unidad*
 - *La empresa debe cerrar un almacén.*

Definición de variables:

- F_i : Cantidad de unidades a producir en la fábrica i .
- x_{ij} : Cantidad de unidades a transportar desde la fábrica i al almacén j .
- A_j : Cantidad de unidades a entregar al almacén j
- $B_{\#i}$: Balance fábrica o almacén i (para $\# = F$ o A)
- DF_i : Capacidad disponible en la fábrica i
- RA_j : Requerimiento en el almacén j .

Función objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Z)} \quad \text{MIN} \quad & 60 F1 + 72 F2 + 48 F3 + 60 F4 + \\ & 28 x_{11} + 40 x_{12} + 36 x_{13} + 38 x_{14} + 30 x_{15} + 45 x_{16} + \\ & 18 x_{21} + 28 x_{22} + 24 x_{23} + 30 x_{24} + 35 x_{25} + 20 x_{26} + \\ & 42 x_{31} + 54 x_{32} + 52 x_{33} + 54 x_{34} + 49 x_{35} + 40 x_{36} + \\ & 36 x_{41} + 48 x_{42} + 40 x_{43} + 46 x_{44} + 45 x_{45} + 45 x_{46} \end{aligned}$$

Balance de Fábricas:

$$\text{BF1)} \quad -F1 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 = 0$$

$$\text{BF2)} \quad -F2 + x21 + x22 + x23 + x24 + x25 + x26 = 0$$

$$\text{BF3)} \quad -F3 + x31 + x32 + x33 + x34 + x35 + x36 = 0$$

$$\text{BF4)} \quad -F4 + x41 + x42 + x43 + x44 + x45 + x46 = 0$$

Capacidad de Fábricas:

$$\text{DF1)} \quad F1 \leq 390$$

$$\text{DF2)} \quad F2 \leq 460$$

$$\text{DF3)} \quad F3 \leq 360$$

$$\text{DF4)} \quad F4 \leq 420$$

Balance de Almacenes:

$$\begin{aligned} \text{BA1)} \quad & -A1 + x11 + x21 + x31 + x41 = 0 \\ \text{BA2)} \quad & -A2 + x12 + x22 + x32 + x42 = 0 \\ \text{BA3)} \quad & -A3 + x13 + x23 + x33 + x43 = 0 \\ \text{BA4)} \quad & -A4 + x14 + x24 + x34 + x44 = 0 \\ \text{BA5)} \quad & -A5 + x15 + x25 + x35 + x45 = 0 \\ \text{BA6)} \quad & -A6 + x16 + x26 + x36 + x46 = 0 \end{aligned}$$

Requerimiento de Almacenes:

$$\begin{aligned} \text{RA1)} \quad & A1 = 180 \\ \text{RA2)} \quad & A2 = 280 \\ \text{RA3)} \quad & A3 = 150 \\ \text{RA4)} \quad & A4 = 200 \\ \text{RA5)} \quad & A5 = 170 \\ \text{RA6)} \quad & A6 = 180 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Z)} \quad \text{MIN} \quad & 60 F1 + 72 F2 + 48 F3 + 60 F4 + \\
 & 28 x_{11} + 40 x_{12} + 36 x_{13} + 38 x_{14} + 30 x_{15} + 45 x_{16} + \\
 & 18 x_{21} + 28 x_{22} + 24 x_{23} + 30 x_{24} + 35 x_{25} + 20 x_{26} + \\
 & 42 x_{31} + 54 x_{32} + 52 x_{33} + 54 x_{34} + 49 x_{35} + 40 x_{36} + \\
 & 36 x_{41} + 48 x_{42} + 40 x_{43} + 46 x_{44} + 45 x_{45} + 45 x_{46} + \\
 & 15000 I1 + 10000 I2 + 8000 I3 + 5000 I4
 \end{aligned}$$

$$\text{DF1)} \quad F1 - 390 I1 \leq 0$$

$$\text{DF2)} \quad F2 - 460 I2 \leq 0$$

$$\text{DF3)} \quad F3 - 360 I3 \leq 0$$

$$\text{DF4)} \quad F4 - 420 I4 \leq 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{MAX } Z) \quad & 200 A - 60 F_1 - 72 F_2 - 48 F_3 - 60 F_4 \\
 & - 28 x_{11} - 40 x_{12} - 36 x_{13} - 38 x_{14} - 30 x_{15} - 45 x_{16} \\
 & - 18 x_{21} - 28 x_{22} - 24 x_{23} - 30 x_{24} - 35 x_{25} - 20 x_{26} \\
 & - 42 x_{31} - 54 x_{32} - 52 x_{33} - 54 x_{34} - 49 x_{35} - 40 x_{36} \\
 & - 36 x_{41} - 48 x_{42} - 40 x_{43} - 46 x_{44} - 45 x_{45} - 45 x_{46} \\
 & - 1500 I_1 - 10000 I_2 - 8000 I_3 - 5000 I_4
 \end{aligned}$$

$$\text{RA1)} \quad A_1 - 180 E_1 = 0$$

$$\text{RA2)} \quad A_2 - 280 E_2 = 0$$

$$\text{RA3)} \quad A_3 - 150 E_3 = 0$$

$$\text{RA4)} \quad A_4 - 200 E_4 = 0$$

$$\text{RA5)} \quad A_5 - 170 E_5 = 0$$

$$\text{RA6)} \quad A_6 - 180 E_6 = 0$$

$$\text{RMA)} \quad E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \leq 5$$

$$\text{TOTA)} \quad -A + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 0$$

siendo I_i y E_i enteras binarias.

*Una empresa de servicios de computación planea atender seis ciudades. Se debe determinar en qué ciudades hay que instalar un centro de reparación a fin de mantener una mínima cantidad de ellos, pero asegurando que cada centro de reparación esté dentro de 20 minutos en tiempo de viaje de cada ciudad.
Los tiempos de viaje entre ciudades son los siguientes:*

	Hacia					
Desde	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	

MIN: $C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6$

Sujeto a:

- 1) $C1 + C2 + C3 \geq 1$
- 2) $C1 + C2 + C5 + C6 \geq 1$
- 3) $C1 + C3 + C4 + C6 \geq 1$
- 4) $C3 + C4 + C5 \geq 1$
- 5) $C2 + C4 + C5 + C6 \geq 1$
- 6) $C2 + C3 + C5 + C6 \geq 1$

Siendo:

Ci enteros binarios y no negativos

Una empresa de servicios que brinda asistencia telefónica requiere la cantidad de operadores en distintas franjas horarias que se indica en la tabla.

Cada operador trabaja 8 horas, y los turnos comienzan a las horas pares (es decir a las 0:00 hs, 2:00 hs, 4:00., etc.).

Los operadores que comienzan su turno a las 6:00 y a las 14:00 perciben un 10% adicional con respecto al sueldo base, los que comienzas a las 4:00, 16:00 y a las 18:00 perciben un 25% de sueldo adicional, mientras que los que comienzan su turno a las 00:00, 02:00, 20:00 y 22:00 reciben un 40% adicional.

Determinar la cantidad de operadores que debe empezar cada turno.

Franja horaria	Cantidad mínima requerida
8:00 - 10:00	12
10:00 - 12:00	16
12:00 - 14:00	10
14:00 - 16:00	11
16:00 - 18:00	16
18:00 - 20:00	9
20:00 - 22:00	8
22:00 - 24:00	6
0:00 - 2:00	4
2:00 - 4:00	2
4:00 - 6:00	3
6:00 - 8:00	7

E0: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 0:00 hs.
E2: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 2:00 hs.
E4: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 4:00 hs.
E6: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 6:00 hs.
E8: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 8:00 hs.
E10: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 10:00 hs.
E12: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 12:00 hs.
E14: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 14:00 hs.
E16: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 16:00 hs.
E18: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 18:00 hs.
E20: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 20:00 hs.
E22: Cantidad de operarios que comienzan su turno a las 22:00 hs.

	E0	E2	E4	E6	E8	E10	E12	E14	E16	E18	E20	E22		RHS
Z)	1.4	1.4	1.25	1.10	1	1	1	1.10	1.25	1.25	1.4	1.4		MIN
0)	1									1	1	1	3	4
2)	1	1									1	1	3	2
4)	1	1	1									1	3	3
6)	1	1	1	1									3	7
8)		1	1	1	1								3	12
10)			1	1	1	1							3	16
12)				1	1	1	1						3	10
14)					1	1	1	1					3	11
16)						1	1	1	1				3	16
18)							1	1	1	1			3	9
20)								1	1	1	1		3	8
22)									1	1	1	1	3	6

La secretaría de obras públicas de la provincia llamó a licitación para la ejecución de 5 obras. Se han presentado 9 empresas, que cotizaron de la forma indicada en la tabla (en miles de \$). El gobierno de la provincia ha decidido no otorgar a una misma empresa más de una obra.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	650	700	735	690	700	800	730	710
2	550	340	445	400	420	450	390	380
3	250	240	295	335	320	330	310	350
4	130	200	155	200	135	145	190	200
5	360	330	325	340	375	350	300	295

- 1. Formular el modelo matemático que permita asignar óptimamente las obras.*

MINIMIZAR:

650 A1 + 700 B1 + 735 C1 + 690 D1 + 700 E1 + 800 F1 + 730 G1 +
710 H1 + 550 A2 + 340 B2 + 445 C2 + 400 D2 + 420 E2 + 450 F2 +
390 G2 + 380 H2 + 250 A3 + 240 B3 + 295 C3 + 335 D3 + 320 E3 +
330 F3 + 310 G3 + 350 H3 + 130 A4 + 200 B4 + 155 C4 + 200 D4 +
135 E4 + 145 F4 + 190 G4 + 200 H4 + 360 A5 + 330 B5 + 325 C5 +
340 D5 + 375 E5 + 350 F5 + 300 G5 + 295 H5

$$\begin{aligned}
O1) \quad & A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G1 + H1 = 1 \\
O2) \quad & A2 + B2 + C2 + D2 + E2 + F2 + G2 + H2 = 1 \\
O3) \quad & A3 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3 + H3 = 1 \\
O4) \quad & A4 + B4 + C4 + D4 + E4 + F4 + G4 + H4 = 1 \\
O5) \quad & A5 + B5 + C5 + D5 + E5 + F5 + G5 + H5 = 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EA) \quad & A1 + A2 + A3 + A4 + A5 - IA \leq 0 \\
EB) \quad & B1 + B2 + B3 + B4 + B5 - IB \leq 0 \\
EC) \quad & C1 + C2 + C3 + C4 + C5 - IC \leq 0 \\
ED) \quad & D1 + D2 + D3 + D4 + D5 - ID \leq 0 \\
EE) \quad & E1 + E2 + E3 + E4 + E5 - IE \leq 0 \\
EF) \quad & F1 + F2 + F3 + F4 + F5 - IF \leq 0 \\
EG) \quad & G1 + G2 + G3 + G4 + G5 - IG \leq 0 \\
EH) \quad & H1 + H2 + H3 + H4 + H5 - IH \leq 0
\end{aligned}$$

Condiciones de las variables:
Todas binarias

Si se adjudica una obra a la empresa B, también se debe adjudicar una obra a la empresa F

Si se adjudica una obra a la empresa A, a la empresa D no se le puede adjudicar ninguna obra.

$$R1) \quad IF - IB \geq 0$$

En este caso, podría ocurrir que para cumplir con R1) el programa active a IF pero a ninguna Fi, situación que satisface la restricción EF

$$F1 + F2 + F3 + F4 + F5 - IF \leq 0$$

pero que no cumpliría con lo que se pide. Para ello, se agrega la siguiente restricción:

$$R3) \quad IA + IB + IC + ID + IE + IF + IG + IH \leq 5$$

$$R2) \quad IA + ID = 1$$

Una banda de rock ha grabado un conjunto de canciones y la producción debe seleccionar cuáles van a formar parte del nuevo compacto. Los temas se han clasificado en tres tipos y se les ha asignado un coeficiente que refleja el interés que se tiene para que la canción figure en el CD. Esta información, junto con la duración en minutos de cada tema se da en la tabla.

CANCIÓN	TIPO	DURACION	PUNTUACIÓN
1	A	2.5	2
2	A	7.0	10
3	A	6.1	9
4	A	4.2	5
5	A	5.1	4
6	B	7.4	8
7	B	6.8	11
8	B	3.5	1
9	B	4.3	7
10	C	3.0	5
11	C	4.0	6
12	C	3.9	2
13	A	5.6	4
14	B	3.7	5
15	C	4.4	6

Formular otro modelo que permita elegir los temas que se incluirán si el objetivo primario es que la duración total del compacto sea de 45 minutos, el objetivo secundario que el CD tenga la mayor cantidad de temas posible y, finalmente, que se incluyan las canciones 2, 3, 6 y 7. No considerar las restricciones impuestas para el caso anterior.

Para este último caso, indicar cómo se modificaría la formulación si la meta primaria fuera que la duración total esté comprendida entre 45 y 46 minutos.

Indicar cómo se formularía la meta de que la cantidad de canciones de tipo A sea superior a la cantidad de canciones de tipo C.

Ci: Variable binaria que asume el valor 1 cuando se incluye a la canción i.

N: Cantidad total de temas a incluir en el compacto

M: Cantidad de intervalos entre temas

DT: Duración total del CD

$$\begin{aligned} \text{Z) MAX} \quad & 2 C_1 + 10 C_2 + 9 C_3 + 5 C_4 + 4 C_5 + 8 C_6 + 11 C_7 + 1 C_8 \\ & + 7 C_9 + 5 C_{10} + 6 C_{11} + 2 C_{12} + 6 C_{13} + 5 C_{14} + 6 C_{15} \end{aligned}$$

Sujeto a:

Restricciones de balance de cantidad de temas

$$\begin{aligned} \text{BN) } \quad & -N + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} \\ & + C_{12} + C_{13} + C_{14} + C_{15} = 0 \end{aligned}$$

$$\text{BM) } \quad N - M = 1$$

Restricciones de duración total

$$\begin{aligned} \text{BD) } \quad & -DT + 2.5 C_1 + 7.0 C_2 + 6.1 C_3 + 4.2 C_4 + 5.1 C_5 + 7.4 C_6 \\ & + 6.8 C_7 + 3.5 C_8 + 4.3 C_9 + 3.0 C_{10} + 4.0 C_{11} + 3.9 C_{12} \\ & + 5.6 C_{13} + 3.7 C_{14} + 4.4 C_{15} + 0.1 M = 0 \end{aligned}$$

$$\text{DMIN) } \quad DT \geq 40$$

$$\text{DMAX) } \quad DT \leq 50$$

Por lo menos un tema del tipo B y otro del tipo C

$$R1) \quad C6 + C7 + C8 + C9 + C14 \geq 1$$

$$R2) \quad C10 + C11 + C12 + C15 \geq 1$$

Por lo menos dos y no más de cuatro canciones tipo A

$$R3) \quad C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C13 \geq 2$$

$$R4) \quad C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C13 \leq 4$$

Si figura 2 no puede figurar 4

$$R5) \quad C2 + C4 \leq 1$$

Si figura 1 o 10, se debe incluir 8

$$R6) \quad C1 + C10 - 2 C8 \leq 0$$

Si están 4 y 9, no puede figurar 12

$$R7) \quad C4 + C9 + C12 \leq 2$$

Si se incluyen 4 o 6, no puede figurar 15

Hay dos formas:

La primera es formular las dos inecuaciones:

$$C4 + C15 \leq 1 \quad \text{y} \quad C6 + C15 \leq 1.$$

La segunda forma es plantear la inecuación que surge de sumar ambas, y que es la siguiente:

$$R8) \quad C4 + C6 + 2 C15 \leq 2$$

Condiciones de las variables:

Ci binarias. El resto, no negativas

Z) 66.00

<u>VARIABLE</u>	<u>VALOR</u>
C1	0.00
C2	1.00
C3	1.00
C4	0.00
C5	0.00
C6	0.00
C7	1.00
C8	1.00
C9	1.00
C10	1.00
C11	1.00
C12	0.00
C13	1.00
C14	1.00
C15	1.00
N	10.00
M	9.00
DT	49.30

D1MENOS: Variable de desviación que mide en cuántos minutos no se alcanza la meta de los 45 minutos de duración total

D1MAS: Variable de desviación que mide en cuántos minutos se excede la meta de 45 minutos de duración total

D2MENOS: Variable de desviación que mide en cuántas canciones no se alcanza la meta de incluir 15 canciones, es decir que el CD tenga la mayor cantidad posible de temas

D3MENOS: Variable de desviación que mide en cuánto no se alcanza la meta de tener las cuatro canciones (canciones 2, 3, 6 y 7)

$$\begin{aligned} \text{Z)} \text{ MIN } & 10000 \text{ D1MENOS} + 10000 \text{ D1MAS} + 100 \text{ D2MENOS} \\ & + \text{D3MENOS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BD)} \quad & -DT + 2.5 C1 + 7.0 C2 + 6.1 C3 + 4.2 C4 + 5.1 C5 + 7.4 C6 \\ & + 6.8 C7 + 3.5 C8 + 4.3 C9 + 3.0 C10 + 4.0 C11 + 3.9 C12 \\ & + 5.6 C13 + 3.7 C14 + 4.4 C15 + 0.1 M = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BN)} \quad & -N + C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10 \\ & + C11 + C12 + C13 + C14 + C15 = 0 \end{aligned}$$

$$\text{BM)} \quad N - M = 1$$

Meta 1:

$$\text{M1)} \quad DT + D1MENOS - D1MAS = 45$$

Meta 2:

$$\text{M2)} \quad N + D2MENOS = 15$$

Meta 3:

$$\text{M2)} \quad C2 + C3 + C6 + C7 + D3MENOS = 4$$

La modificación que debería hacerse si la meta principal fuera que la duración esté en un valor comprendido entre 45 y 46 minutos se debe hacer sobre la restricción M1).

En lugar de ella, se formulan las siguientes restricciones:

$$M1-1) \quad DT + D1MENOS \geq 45$$

$$M1-2) \quad DT - D1MAS \leq 46$$

Siendo D1MENOS lo que falta para llegar a 45
D1MAS el exceso sobre 46

Meta de que la cantidad de canciones de A sea superior a la cantidad de canciones de C:

Llamando:

A: Cantidad de canciones de tipo A contenidas en el CD.

C: Cantidad de canciones de tipo C contenidas en el CD.

$$- A + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_{13} = 0$$

$$- C + C_{10} + C_{11} + C_{12} + C_{15} = 0$$

Luego, la restricción de meta correspondiente será:

$$A + dA^- - dA^+ - C = 0$$

$$Z(\text{Min}) = dA^-$$

Una compañía internacional está abriendo sus oficinas en Buenos Aires, y debe comprar 800 impresoras modelo Printpack XM. Existen cuatro proveedores que ofrecen grandes volúmenes de este modelo de impresoras.

El proveedor 1 puede suministrar hasta 400 impresoras por un costo de \$500 cada una, más un costo fijo por orden de \$1000. El proveedor 2 puede entregar hasta 350 impresoras; las primeras 100 costarían \$550 cada una, mientras que cada impresora adicional (después de las 100) costaría \$470. Este proveedor no considera costo fijo.

El proveedor 3 maneja un mínimo de 50 impresoras por orden y un máximo de 200. Si se le compra a este proveedor, pero la orden contiene menos de 100 impresoras, entonces se tendrá un costo fijo de \$300. El precio de la impresora con este proveedor es de \$495.

Finalmente, el proveedor 4 puede proveer hasta 200 impresoras. Si se le compran menos de 120, el precio es de \$560 por impresora; pero si se le compran 120 o más el precio unitario es de \$ 490.

1. Formule y resuelva un modelo de programación matemática que encuentre la solución óptima.

Número total de impresoras

$$X1 + X2 + X3 + X4 = 800$$

Proveedor 1

$$X1 - 400 I1 \leq 0$$

$$Z = \dots\dots 500 X1 + 1000 I1 + \dots\dots\dots$$

Proveedor 2: Se definen dos rangos de X2 (uno para las X2 -

$$X21 - X22 = 0$$

$$X21 - 100 I21 \leq 0$$

$$X21 - 100 I22 \geq 0$$

$$X22 - 250 I22 \leq 0$$

$$Z = \dots\dots 550 X21 + 470 X22 + \dots\dots$$

Proveedor 3:

$$X3 - X31 - X32 = 0$$

$$X31 - 50 I31 \geq 0$$

$$X31 - 100 I31 \leq 0$$

$$X32 - 100 I32 \geq 0$$

$$X32 - 200 I32 \leq 0$$

$$I3 - I31 - I32 = 0$$

$$Z = + 495 X3 + 300 I31 +$$

Proveedor 4:

$$X4 - X41 - X42 = 0$$

$$X41 - 120 I41 \leq 0$$

$$X42 - 120 I42 \geq 0$$

$$X42 - 200 I42 \leq 0$$

$$I41 + I42 - I4 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{MIN} \quad & 500 X_1 + 1000 I_1 + \\ & 550 X_{21} + 470 X_{22} + \\ & 495 X_3 + 300 I_{31} + \\ & 560 X_{41} + 490 X_{42} \end{aligned}$$

¿Cómo se modificaría el planteo y la solución si la compañía ha decidido no comprar a más de tres proveedores?.

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \leq 3$$

¿Cuál sería la formulación si se estableciera que se debe comprar a cada proveedor por lo menos 150 impresoras?

$$X_1 - 150 I_1 \geq 0$$

$$X_2 - 150 I_2 \geq 0$$

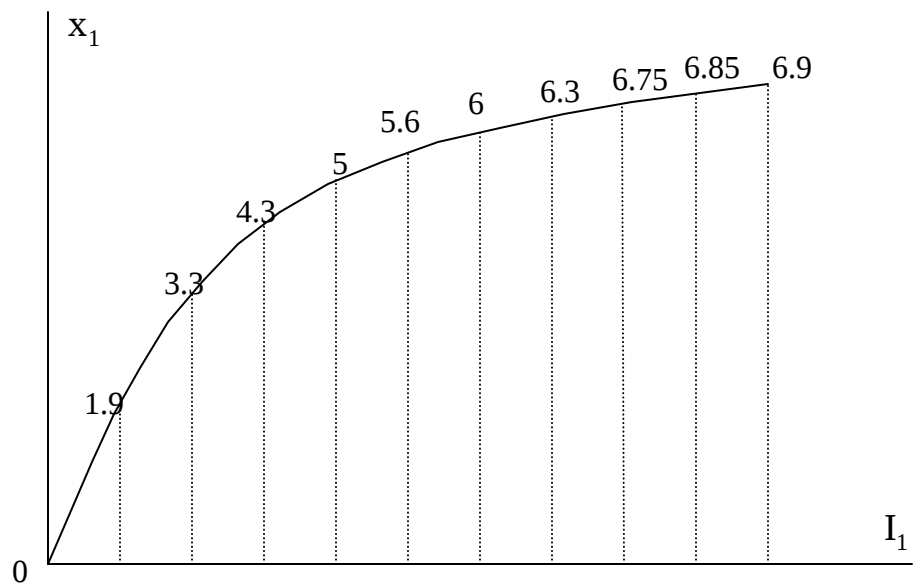
$$X_3 - 150 I_3 \geq 0$$

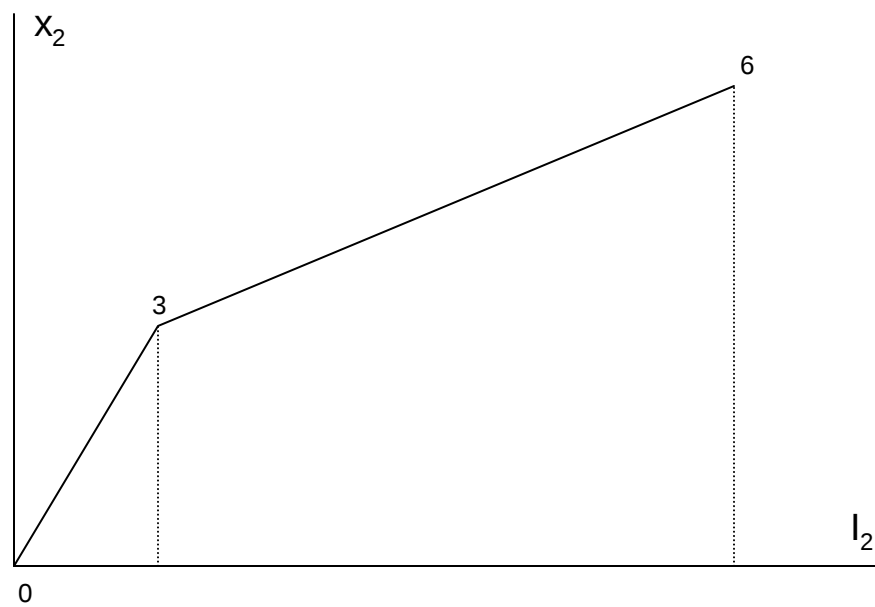
$$X_4 - 150 I_4 \geq 0$$

Una compañía tiene planificado lanzar dos productos (A y B) que venderá por única vez. Para ello dispondrá de 120000 minutos de un recurso básico de fabricación y de \$15000 para invertir en publicidad. Cada unidad de A requiere 9 minutos del recurso de fabricación, mientras que cada unidad de B insume 12 minutos.

La venta de cada uno de los productos depende de la cantidad de dinero a invertir en publicidad. La relación venta-inversión para cada caso (en miles de unidades de producto y miles de \$) se muestra en las figuras.

La contribución marginal (precio de venta menos costos directos de fabricación, excluyendo el gasto publicitario) es \$10 y \$11 para A y B, respectivamente. Formular un modelo que permita determinar la cantidad óptima a producir de A y B. Determinar el beneficio que se obtendría por cada \$k que se pueda invertir en publicidad.





X_i : Cantidad de unidades a fabricar (y vender) del producto i

I_i : Cantidad de dinero a invertir en publicidad para el producto i

A_i : Vectores *mesh* para linealizar la curva correspondiente a la relación venta-inversión del producto A. Se definen 10 vectores.

B_i : Vectores *mesh* para establecer la relación venta-inversión correspondiente al producto B. Se definen 3 vectores.

Función objetivo:

- $Z) \text{ MAX } 10 X_1 + 11 X_2 - I_1 - I_A$

Sujeto a:

- Cantidad de dinero máxima a invertir en publicidad:

$$I_1 + I_2 \leq 15000$$

- Limitación del recurso de fabricación:

$$9 X_1 + 12 X_2 \leq 120000$$

Linealización de la curva venta-inversión para el producto A:

- $-X1 + 1900 A1 + 3300 A2 + 4300 A3 + 5000 A4 + 5600 A5 + 6000 A6 + 6300 A7 + 6750 A8 + 6850 A9 + 6900 A10 = 0$
- $-I1 + 1000 A1 + 2000 A2 + 3000 A3 + 4000 A4 + 5000 A5 + 6000 A6 + 7000 A7 + 8000 A8 + 9000 A9 + 10000 A10 = 0$
- $A0 + A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9 + A10 = 1$

Representación de la relación venta-inversión para el producto B, con programación separable:

- $-X2 + 3000 B1 + 6000 B2 = 0$
- $-I2 + 2000 B2 + 10000 B2 = 0$
- $B0 + B1 + B2 = 1$