

Investigacion Operativa

C.C. Lauritto & Ing. Casanova

Guia 02: Solucion de PL

Fecha de Entrega: –

Ravera P. & Rivera R.

Índice

Ejercicios	3
Punto 01 - Modelos Lineales	3
Inciso A	3
Inciso B	4
Inciso C	5
Inciso D	6
Punto 02 - Simplex Modelos Lineales	7
Inciso A	7
Inciso B	8
Inciso C	10
Inciso D	11
Punto 03 - Compañía	11
Punto 04 - Granja Modelo	13
Punto 05 - Almacén La Falda	14
Punto 06 - Lotería	16
Punto 07 - Turkeyco	18
Punto 08 - Importador	19
Punto 09 - Compañía de Seguros	23
Punto 10 - Criador de Perros	25
Punto 11 - Banco Gane	27
Punto 12 - Papelera Moderna	28
Punto 13 - Ciudad de Progreso	31

Ejercicios

Punto 01 - Modelos Lineales

Inciso A

Funcion Objetivo

$$Max\ Z = 2X_1 + 4X_2$$

Restricciones

$$x + y - 4 = 0 \quad (1)$$

$$x + 2y - 5 = 0 \quad (2)$$

Por lo que los puntos son:

- A = (0, 0.25)
- B = (3,1)
- C = (4,0)

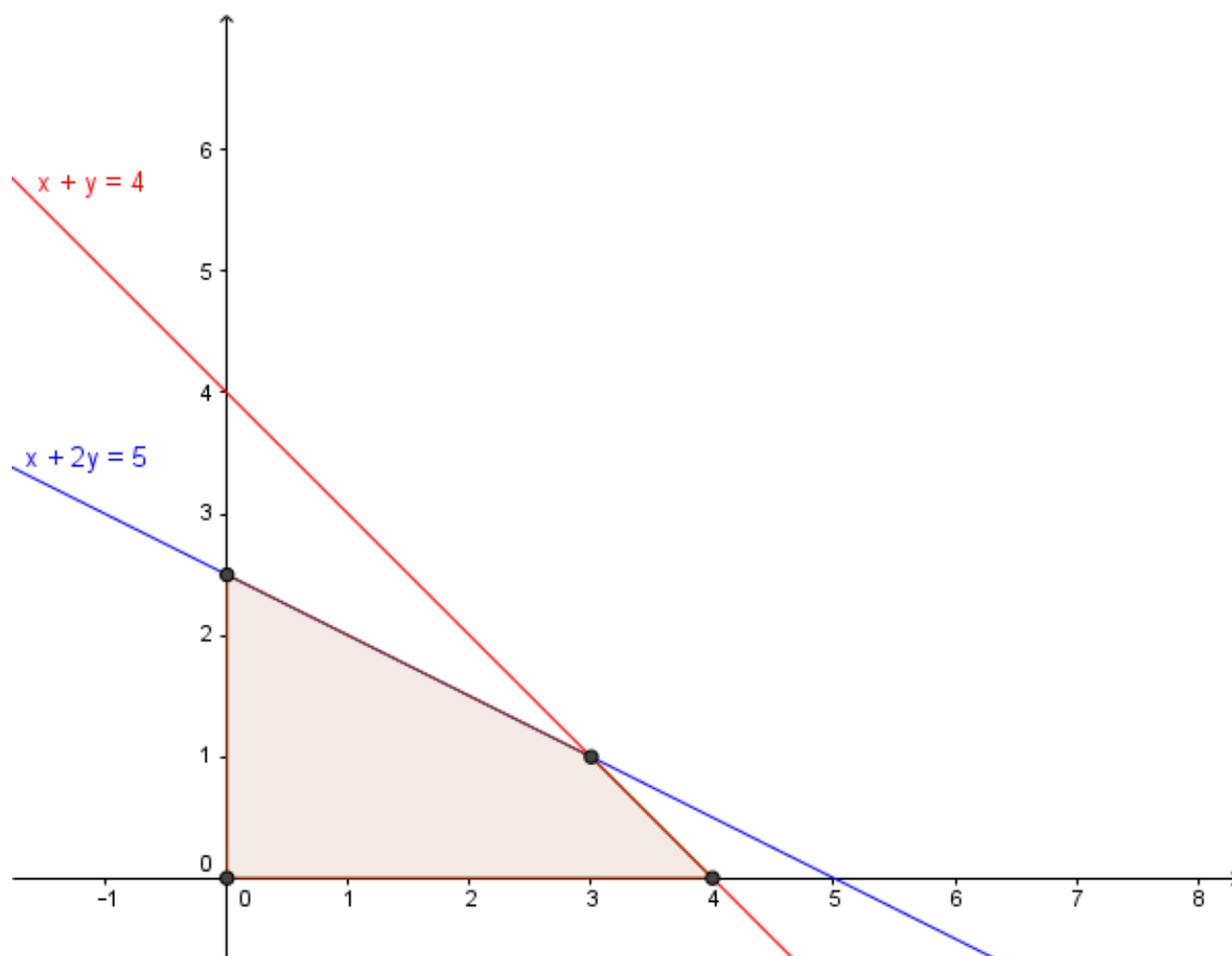
$$A \rightarrow 2(0) + 4(2.5) = 10$$

$$B \rightarrow 2(3) + 4(1) = 10$$

$$C \rightarrow 2(4) + 4(0) = 8$$

Por lo tanto, el problema cuenta con Soluciones Alternativas, siendo Deterministico - Lineal - Continuo.

Región factible:

**Inciso B**

Función Objetivo

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 8X_2$$

Restricciones

$$2x - 5y = 0 \quad (3)$$

$$-x + 5y = 5 \quad (4)$$

$$x + 2y = 4 \quad (5)$$

Por lo que los puntos son:

$$\begin{cases} (4) \\ (5) \end{cases} \rightarrow A = \left(\frac{10}{7}, \frac{9}{7} \right)$$

$$\begin{cases} (3) \\ (4) \end{cases} \rightarrow B = (5, 2)$$

$$\begin{cases} (3) \\ (5) \end{cases} \rightarrow C = (2.22, 0.88)$$

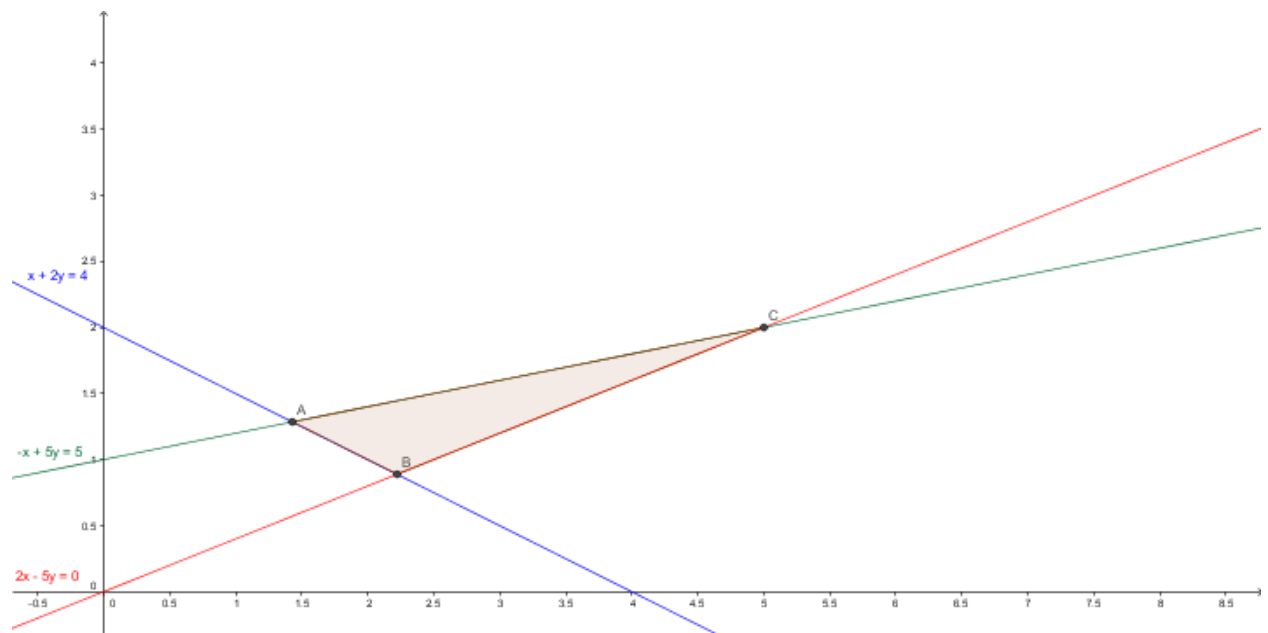
$$A \rightarrow 2\left(\frac{10}{7}\right) + 8\left(\frac{9}{7}\right) = 13.14$$

$$B \rightarrow 2(5) + 8(2) = 26$$

$$C \rightarrow 2(2.22) + 8(0.88) = 11.48$$

El máximo se halla en B . El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

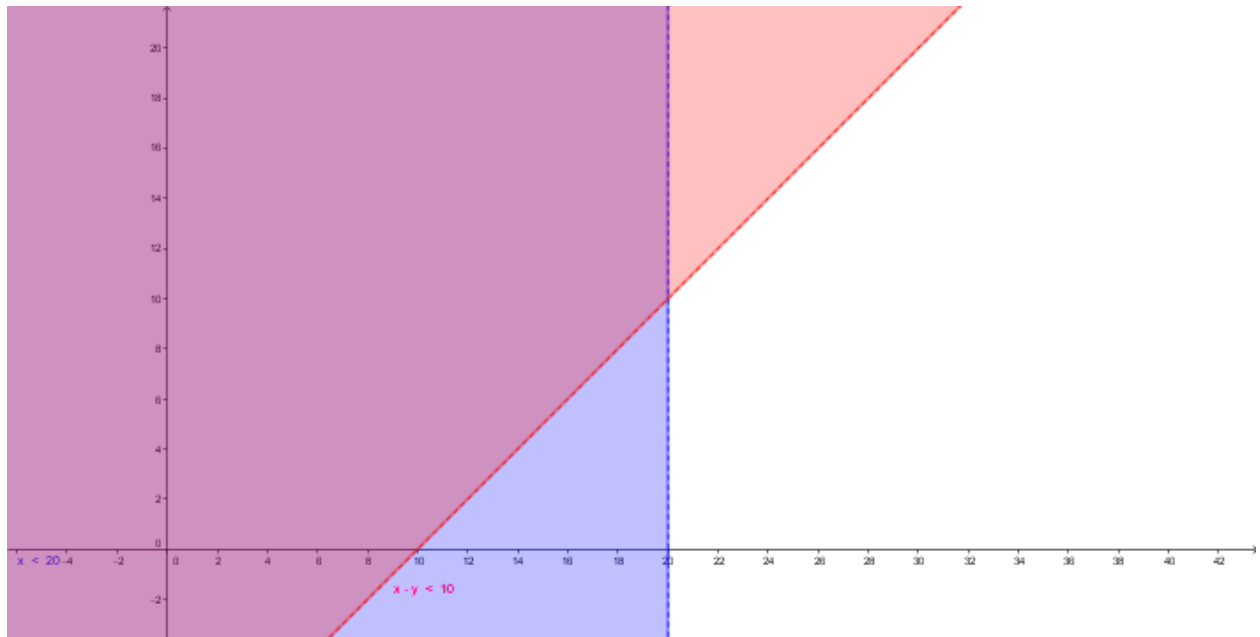
Región factible:



Inciso C

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 2X_1 + X_2$$



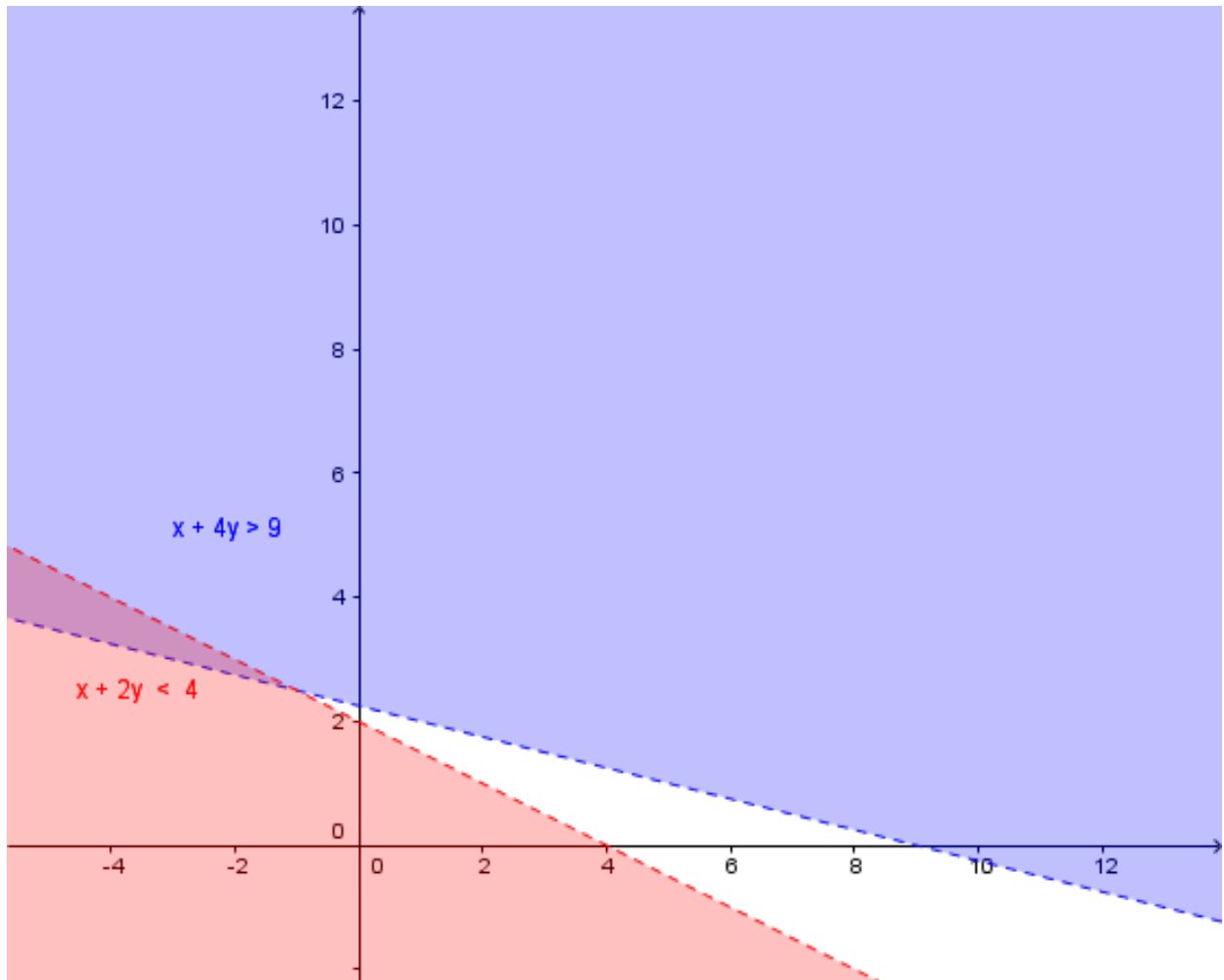
La región factible no está acotada, por lo que el valor de Z es ∞ . La variable X_2 puede crecer libremente.

El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

Inciso D

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2$$



En este caso la solución es Infactible o Incompatible ya que la región factible es un conjunto vacío al ser no convexo.

El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

Punto 02 - Simplex Modelos Lineales

Inciso A

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 2X_1 + 4X_2 \\ \text{s.a. : } X_1 + 2X_2 &\leq 5 \\ X_1 + X_2 &\leq 4 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 4X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\
 \text{s.a. : } &X_1 + 2X_2 + X_3 = 5 \\
 &X_1 + X_2 + X_4 = 4 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Este problema tiene soluciones alternativas, lo cual podemos detectar gracias a que existen dos conjuntos de variables básicas con el mismo valor de Z .

Cuadro 1: Tableau Simplex 02A

				2	4	0	0	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	X₃	5	1	2	1	0	$\theta_1 = 1.66$
	0	X_4	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
	$Z = 0$			-2	-4	0	0	
	↑							
	4	X_2	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
←	0	X₄	1,5	0,5	0	-0,5	1	$\theta_2 = 3$
	$Z = 10$			0	0	2	0	
	↑							
←	4	X₂	1	1	2	1	0	
	2	X_1	3	1	1	0	1	
	$Z = 10$			0	0	2	0	
	↑							

Inciso B

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 8X_2 \\
 \text{s.a. : } &2X_1 + 4X_2 \geq 8 \\
 &2X_1 - 5X_2 \leq 0 \\
 &-1X_1 + 5X_2 \leq 5 \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 8X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 - M\mu_1 \\
 \text{s.a. : } \quad &2X_1 - 5X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1\mu_1 = 8 \\
 &2X_1 - 5X_2 - 0X_3 + 1X_4 + 0X_5 + 0\mu_1 = 0 \\
 &-1X_1 + 5X_2 - 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 + 0\mu_1 = 5 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0
 \end{aligned}$$

La Solución Básica Factible Optima es $X_1 = 5$ y $X_2 = 2$.

Cuadro 2: Tableau Simplex 02.A

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	M_1	8	2	4	-1	0	0	1	$\theta_1 = 2$
	0	X_4	0	2	-5	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
←	0	X_5	5	-1	5	0	0	1	0	$\theta_3 = 1$
	$Z = -8M$			$-2M$	$-4M$	M	0	0	0	
	↑									
←	$-M$	M_1	4	$14/5$	0	-1	0	$-4/5$	1	$\theta_1 = 10/7$
	0	X_4	5	1	0	0	1	1	0	$\theta_2 = 5$
	8	X_2	1	$-1/5$	1	0	0	$1/5$	0	$\theta_3 = X$
	#REF!	$Z = -4M + 8$		$-14/5$	0	M	0	$4/5M$	0	
	↑									

Cuadro 3: Tableau Simplex 02.B

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	2	X_1	$10/7$	1	0	$-5/14$	0	$-2/7$	$5/14$	$\theta_1 = -4X$
←	0	X_4	$25/7$	0	0	$5/14$	1	$9/7$	$-5/14$	$\theta_2 = 10$
	8	X_2	$9/7$	0	1	$-1/14$	0	$1/7$	$1/14$	$\theta_3 = -18X$
	$Z = 92/7$			0	0	$-9/7$	0	$4/7$	$9/7$	
	↑									
	2	X_1	5	1	0	0	1	1	0	
	0	X_3	10	0	0	1	$14/5$	$18/5$	-1	
	8	X_2	2	0	1	0	$1/5$	$2/5$	0	
	$Z = 26$			0	0	0	$18/5$	$26/5$	M	

Inciso C

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + X_2 \\
 \text{s.a. : } &1X_1 - 1X_2 \leq 10 \\
 &2X_1 \leq 40 \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\
 \text{s.a. : } &1X_1 - 1X_2 + 1X_3 + 0X_4 = 10 \\
 &2X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1X_4 = 40 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Cuadro 4: Tableau Simplex 02.C

	C_k	X_k	B_k	2	1	0	0	
				A_1	A_2	A_3	A_4	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	X_3	10	1	-1	1	0	$\theta_1 = 10$
	0	X_4	40	2	0	0	1	$\theta_2 = 20$
	$Z = 0$			-2	-1	0	0	
				↑				
	2	X_1	10	1	-1	1	0	$\theta_1 = 10X$
←	0	X_4	20	0	2	-2	1	$\theta_2 = 10$
	$Z = 10$			0	-2	2	0	
				↑				
	2	X_1	20	1	0	0	1/2	$\theta_1 = 8X$
	1	X_2	10	0	1	-1	1/2	$\theta_2 = -10X$
	$Z = 50$			0	0	-1	3/2	
					↑			

Como podemos ver, en la ultima iteracion del Simplex no existe un $\theta \geq 0$ por lo que la solución no esta acotada, osea, $Z \rightarrow \infty$.

Inciso D

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2$$

$$\text{s.a. : } 1X_1 + 4X_2 \geq 9$$

$$1X_1 + 2X_2 \leq 4$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Forma Estándar:

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1$$

$$\text{s.a. : } 1X_1 + 4X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 = 9$$

$$1X_1 + 2X_2 - 0X_3 + 1X_4 + 0\mu_1 = 4$$

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

Cuadro 5: Tableau Simplex 02.D

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	M_1	9	1	4	-1	0	1	$\theta_1 = 9/4$
←	0	X_4	4	1	2	0	1	0	$\theta_2 = 2$
	$Z = -9M$			$-M - 3$	$-4M - 9$	M	0	0	
					↑				
	$-M$	M_1	1	-1	0	-1	-2	1	
	9	X_2	2	1/2	1	0	1/2	0	
	$Z = -M + 18$			$M + 3/2$	0	M	$2M + 9/2$	0	

En este caso, el problema es incompatible ya que la región de factibilidad es igual al conjunto vacío.

Punto 03 - Compañía

Las variables de decisión son:

- X_A la cantidad vendida del producto A
- X_B la cantidad vendida del producto B

Función Objetivo:

$$Max Z = 70 \left[\frac{\$}{Ua} \right] X_A [Ua] + 50 \left[\frac{\$}{Ub} \right] X_B [Ub] \quad (6)$$

Restricciones:

$$\begin{aligned} 2 \left[\frac{Hs}{Ua} \right] X_a [Ua] + 4 \left[\frac{Hs}{Ub} \right] X_b [Ub] &\leq 100 [Hs] \\ 5 \left[\frac{Hs}{Ua} \right] X_a [Ua] + 3 \left[\frac{Hs}{Ub} \right] X_b [Ub] &\leq 110 [Hs] \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} Max Z &= 70X_1 + 50X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\ s.a. : 2X_1 + 4X_2 + 1X_3 + 0X_4 &= 100 \\ 5X_1 + 3X_2 + 0X_3 + 1X_4 &= 110 \\ X_1, X_2, X_3, X_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 6: Tableau Simplex 03

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4
	0	X_3	100	2	4	1	0
←	0	X_4	110	5	3	0	1
	$Z = 0$			-70	-50	0	0
				↑			
←	0	X_3	56	0	14/5	1	-2/5
	70	X_1	22	1	3/5	0	1/5
	$Z = 1540$			0	-8	0	70/5
					↑		
	50	X_2	20	0	1	5/14	-1/7
	70	X_1	10	1	0	-3/14	10/35
	$Z = 1700$			0	0	20/7	90/7

De esta manera, para maximizar la utilidad deberíamos producir 20 y 10 unidades de los productos A y B respectivamente. De esa manera, nuestra ganancia ascendería a los \$1700. Los efectos de contar con mas recursos (una unidad mas) son los siguientes:

- Hora de la Maquina 1: Nuestra ganancia aumentaría en $20/7$ [\$], podríamos producir $5/4$ unidades mas del producto A, pero deberíamos producir $3/4$ unidades menos del B.
- Hora de la Maquina 2: Nuestra ganancia aumentaría en $90/7$ [\$], produciendo $1/7$ menos unidades del producto A y $10/35$ mas del producto B.

Punto 04 - Granja Modelo

Las variables de decisión son:

- X_1 Cantidad de maíz utilizada en el alimento.
- X_2 Cantidad de soja utilizada en el alimento.

Función Objetivo:

$$\text{Min } Z = 0.30 \left[\frac{\$}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.09 \left[\frac{\$}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] \quad (7)$$

Restricciones:

$$\begin{aligned} 1 \left[\frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 1 \left[\frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 800 [Kg] \\ 0.09 \left[\frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.6 \left[\frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 0.3 (X_1 + X_2) [Kg] \\ 0.02 \left[\frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.06 \left[\frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 0.05 (X_1 + X_2) [Kg] \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} Z &= 0.3X_1 + 0.9X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + M\mu_1 + M\mu_2 \\ \text{s.a. : } 1X_1 + 1X_2 - 1X_3 + 1\mu_1 &= 800 \\ -0.21X_1 + 0.3X_2 - 1X_4 + 1\mu_2 &= 0 \\ -0.08X_1 + 0.01X_2 + 1X_5 &= 0 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 &\geq 0 \end{aligned}$$

Se determino entonces que se deben utilizar 200 kg de Maíz y 600 de Soja para cumplir con las exigencias impuestas.

Cuadro 7: Tableau Simplex 04

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	M	M_1	800	1	1	-1	0	0	1	0	$\theta_1 = 800$
	M	M_2	0	-0,21	0,03	0	-1	0	0	1	$\theta_2 = 0$
	0	X_5	0	-0,03	0,01	0	0	1	0	0	$\theta_3 = 0$
←	$Z = 800M$			0,79M	0,13M	$-M$	$-M$	0	0	0	
	↑										
	M	M_1	800	1,7	0	-1	3,33	0	1	-3,33	$\theta_1 = 240$
	0,09	X_2	0	-0,7	1	0	-3,3	0	0	3,33	$\theta_2 = X$
←	0	X_5	0	-0,023	0	0	0,03	1	0	-0,03	$\theta_3 = 0$
	$Z = 800M$			0,17M	0	$-M$	3,33M	0	0	-4,33M	
	↑										
←	M	M_1	800	4	0	-1	0	-100	1	0	$\theta_1 = 200$
	0,09	X_2	0	-3	1	0	0	100	0	0	$\theta_2 = X$
	0	X_4	0	-0,69M	0	0	1	30	0	-1	$\theta_3 = X$
	$Z = 800M$			41	0	$-M$	0	-100M	0	$-M$	
	↑										
	0,3	X_1	200	1	0	-0,25	0	-25			
	0,09	X_2	600	0	1	-0,75	0	25			
	0	X_4	138	0	0	-0,69M	1	12,75			
	$Z = 114$			0	0	0,14	0	-5,25			

Punto 05 - Almacén La Falda

Las variables de decisión son:

- X_1 : cantidad de cajas que se solicitan al deposito
- X_2 : cantidad de cajas que se solicitan al proveedor

La función objetivo es:

$$\text{Min } Z = 1 \left[\frac{\$}{C_d} \right] X_1 [C_d] + 6 \left[\frac{\$}{C_p} \right] X_2 [C_p] \quad (8)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned}
 1 \left[\frac{Kg_A}{C_d} \right] X_1 [C_d] + 2 \left[\frac{Kg_A}{C_p} \right] X_2 [C_p] &\geq 80 [Kg_A] \\
 5 \left[\frac{Kg_Q}{C_p} \right] X_2 [C_p] &\geq 60 [Kg_Q] \\
 X_1 [C_d] &\leq 40 [C_d] \\
 X_2 [C_p] &\leq 30 [C_p] \\
 X_1, X_2 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 1X_1 + 6X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + M\mu_1 + M\mu_2 \\
 1X_1 + 2X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0x_6 + 1\mu_1 + 0\mu_2 &= 80 \\
 0X_1 + 2X_2 + 0X_3 - 1X_4 + 0X_5 + 0x_6 + 0\mu_1 + 1\mu_2 &= 10 \\
 1X_1 + 0X_2 - 0X_3 - 0X_4 + 1X_5 + 0X_6 + 0\mu_1 + 0\mu_2 &= 40 \\
 0X_1 + 1X_2 - 0X_3 - 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0\mu_1 + 0\mu_2 &= 30 \\
 X_1, X_2 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Cuadro 8: Tableau Simplex 05

	C_k	X_k	B_k	1	6	0	0	0	0	M	M	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
				A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	
	M	M_1	80	1	2	-1	0	0	0	1	0	$\theta_1 = X$
←	M	M_2	10	0	1	0	-1	0	0	0	1	$\theta_2 = 10$
	0	X_5	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = X$
	0	X_6	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_4 = 30$
$Z = 90M$				$M - 1$	$3M - 6$	$-M$	$-M$	0	0	0	0	
↑												
	M	M_1	60	1	0	-1	-2	0	0	1	-2	$\theta_1 = 30$
	6	X_2	10	0	1	0	-1	0	0	0	1	$\theta_2 = X$
	0	X_5	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = X$
←	0	X_6	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = 20$
$Z = 60M + 60$				$M - 1$	0	$-M$	$2M - 6$	0	0	0	$-3M + 6$	
↑												
←	M	M_1	20	1	0	-1	0	0	-2	1	0	$\theta_1 = 20$
	6	X_2	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
	0	X_5	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = 40$
	0	X_4	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = X$
$Z = 180 + 20M$				$M - 1$	0	$-M$	0	0	$-2M + 6$	0	$-M$	
↑												
	1	X_1	20	1	0	-1	0	0	-2	1	0	$\theta_1 = X$
	6	X_2	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_2 = 30$
←	0	X_5	20	0	0	1	0	1	2	-1	0	$\theta_3 = 10$
	0	X_4	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = 20$
$Z = 200$				0	0	-1	0	0	4	$1 - M$	$-M$	
↑												
	1	X_1	40	1	0	0	0	1	0	0	0	
	6	X_2	20	0	1	$-1/2$	0	$-1/2$	0	$1/2$	0	
	0	X_6	10	0	0	$1/2$	0	$1/2$	1	$-1/2$	0	
	0	X_4	10	0	0	$-1/2$	1	$-1/2$	0	$1/2$	-1	
$Z = 160$				0	0	-3	0	-2	0	$3 - M$	$-M$	

De esta manera, podemos alcanzar el costo mínimo (de \$160) si traemos del deposito la totalidad de las cajas disponibles (40) y le compramos al proveedor el 66.67% de su stock disponible (osea 20 de 30 cajas).

Punto 06 - Lotería

Las variables de decisión son:

- X_1 : Cantidad de acciones del tipo A invertidas (en millones).
- X_2 : Cantidad de acciones invertidas del tipo B (en millones).

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 0.10X_1 [\text{\$}] + 0.07X_2 [\text{\$}] \quad (9)$$

Sujeta a:

$$X_1 [\text{\$}] + X_2 [\text{\$}] = 10 [\text{\$}]$$

$$X_1 [\text{\$}] \leq 6 [\text{\$}]$$

$$X_2 [\text{\$}] \geq 2 [\text{\$}]$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Forma Estándar:

$$0.1X_1 + 0.07X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1 - M\mu_2$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 - 0\mu_2 = 10$$

$$1X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 0X_4 - 0\mu_1 - 0\mu_2 = 6$$

$$0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 - 0\mu_1 + 1\mu_2 = 2$$

Cuadro 9: Tableau Simplex 06

	C_k	X_k	B_k	0,1 A_1	0,07 A_2	0 A_3	0 A_4	$-M$ A_5	$-M$ A_6	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	M_1	10	1	1	0	0	1	0	$\theta_1 = 10$
	0	X_3	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = X$
←	$-M$	M_2	20	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = 2$
	$Z = -12M$			$-M$	$-2M$	0	M	0	0	
	↑									
	$-M$	M_1	8	1	0	0	1	1	-1	$\theta_1 = 8$
←	0	X_3	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = 6$
	0,07	X_2	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -8M$			$-M$	0	0	$-M$	0	$2M$	
	↑									
←	$-M$	M_1	2	0	0	-1	1	1	-1	$\theta_1 = 2$
	0,1	X_1	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = X$
	0,07	X_2	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -2M$			0	0	M	$-M$	0	$2M$	
	↑									
	0	X_4	2	0	0	-1	1	1	-1	
	0,1	X_1	6	1	0	1	0	0	0	
	0,07	X_2	4	0	1	-1	0	1	0	
	$Z = 8,8$			0	0	-0,07	0	M	M	

Punto 07 - Turkeyco

Las variables de decisión son:

- B_1 : Cantidad de carne "blanca" utilizada en chuleta tipo 1.
- N_1 : Cantidad de carne "negra" utilizada en chuleta tipo 1.
- B_2 : Cantidad de carne "blanca" utilizada en chuleta tipo 2.
- N_2 : Cantidad de carne "negra" utilizada en chuleta tipo 2.
- P_1 : Cantidad de pavos del tipo 1 utilizados.
- P_2 : Cantidad de pavos del tipo 2 utilizados.

La función objetivo es:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = 4 \left[\frac{\$}{Kg_{C1}} \right] (B_1 + N_1) [Kg_{C1}] + 3 \left[\frac{\$}{Kg_{C2}} \right] (B_2 + N_2) [Kg_{C2}] - \\ 10 \left[\frac{\$}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] - 8 \left[\frac{\$}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{P2}] \quad (10) \end{aligned}$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} B_1 [Kg_{C1}] + N_1 [Kg_{C1}] &\leq 50 [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] + N_2 [Kg_{C2}] &\leq 30 [Kg_{C2}] \\ B_1 [Kg_{C1}] &\geq 0.7 (B_1 + N_1) [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] &\geq 0.6 (B_2 + N_2) [Kg_{C2}] \\ 1 \left[\frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] B_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[\frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] B_2 [Kg_{C2}] &\leq 5 \left[\frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[\frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{P2}] \\ 1 \left[\frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] N_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[\frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] N_2 [Kg_{C2}] &\leq 2 \left[\frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[\frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{P2}] \\ B_1, B_2, N_1, N_2, P_1, P_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Podemos observar entonces que lo mas conveniente para la empresa es utilizar para la confección de la chuleta numero 1, 35Kg de carne blanca y 15Kg de carne oscura, mientras que para la chuleta numero 2 las cantidades son 18Kg y 12Kg respectivamente. Por otra parte es conveniente adquirir casi 9 pavos del tipo 1 y un poco mas de 3 del tipo 2.

Punto 08 - Importador

Las variables de decisión son:

- X_1 : Cantidad de dinero (en millones) dispuesto para importar repuestos.
- X_2 : Cantidad de dinero (en millones) destinado a importar sustancias químicas.

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 0.02X_1 [\$] + 0.06X_2 [\$] \quad (11)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} X_1 [\$] + X_2 [\$] &\leq 20 [\$] \\ X_1 [\$] &\leq 16 [\$] \\ X_2 [\$] &\leq 8 [\$] \\ 2X_2 [\$] - X_1 [\$] &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

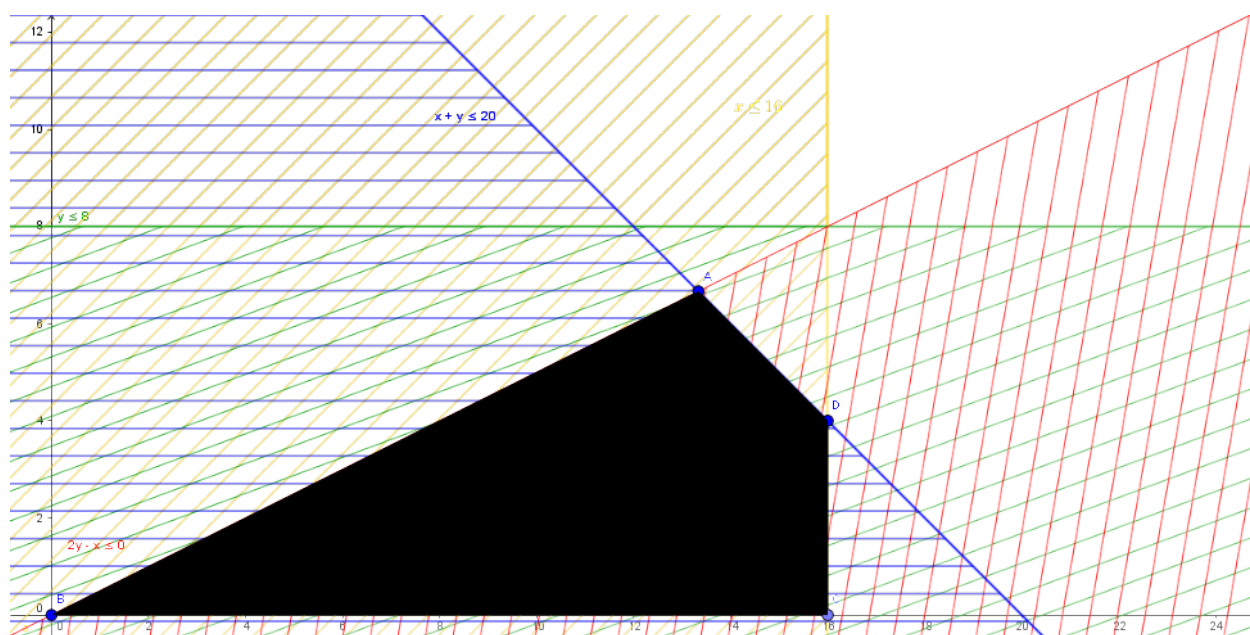
$$0.02X_1 + 0.06X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6$$

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 = 20$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1X_4 + 1X_5 + 0X_6 = 16$$

$$0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 + 0X_6 = 8$$

$$-1X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1X_6 = 0$$



Cuadro 10: Tableau Simplex 08

	C_k	X_k	B_k	0,02 A_1	0,06 A_2	0 A_3	0 A_4	0 A_5	0 A_6	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	0	X_3	20	1	1	1	0	0	0	$\theta_1 = 20$
	0	X_4	16	1	0	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
	0	X_5	8	0	1	0	0	1	0	$\theta_3 = 8$
←	0	X_6	0	-1	2	0	0	0	1	$\theta_4 = X$
	$Z = 0$			-0,02	-0,06	0	0	0	0	
	↑									
←	0	X_3	20	3/2	0	1	0	0	-1/2	$\theta_1 = 13,33$
	0	X_4	16	1	0	0	1	0	0	$\theta_2 = 16$
	0	X_5	8	1/2	0	0	0	1	-1/2	$\theta_3 = 16$
0,06		X_2	0	-1/2	1	0	0	0	1/2	$\theta_4 = X$
	$Z = 0$			-0,05	0	0	0	0	0,03	
	↑									
0,02		X_1	13,33	1	0	2/3	0	0	-1/3	
0		X_4	2,66	0	0	-2/3	1	0	1/3	
0		X_5	1,33	0	0	-1/3	0	1	-1/3	
0,06		X_2	6,66	0	1	1/3	0	0	1/3	
	$Z = 0,66$			0	0	1/30	0	0	1/75	

Solucion por Software 1: Ejercicio 07 - LINGO

```

Global optimal solution found.
Objective value:                177.5556
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        4
Elapsed runtime seconds:        0.03

Model Class:                    LP

Total variables:                6
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              13
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                28
Nonlinear nonzeros:            0

```

		Variable	
Value	Reduced Cost		
		B1	
35.00000	0.000000		
		N1	
15.00000	0.000000		
		B2	
18.00000	0.000000		
		N2	
12.00000	0.000000		
		P1	
8.666667	0.000000		
		P2	
3.222222	0.000000		
		Row	
Slack or Surplus	Dual Price		
		1	
177.5556	1.000000		
		2	
0.000000	2.577778		
		3	
0.000000	1.622222		
		4	
0.000000	-0.4444444		
		5	
0.000000	-0.4444444		
		6	
0.000000	1.555556		
Punto 08 cont. en pag. siguiente...	22	7	
0.000000	1.111111		
		8	
15.00000	0.000000		
		9	
12.00000	0.000000		
		10	
25.00000	0.000000		

Entonces, lo recomendable resulta la inversión de 13.33 millones aproximadamente en repuestos para maquinarias agrícolas y 6.66 millones por otra parte en sustancias químicas.

Punto 09 - Compañía de Seguros

Las variables de decisión son:

- X_1 : Unidades de Riesgos Especiales”vendidas.
- X_2 : Unidades de ”Hipotecas”vendidas.

La función objetivo es:

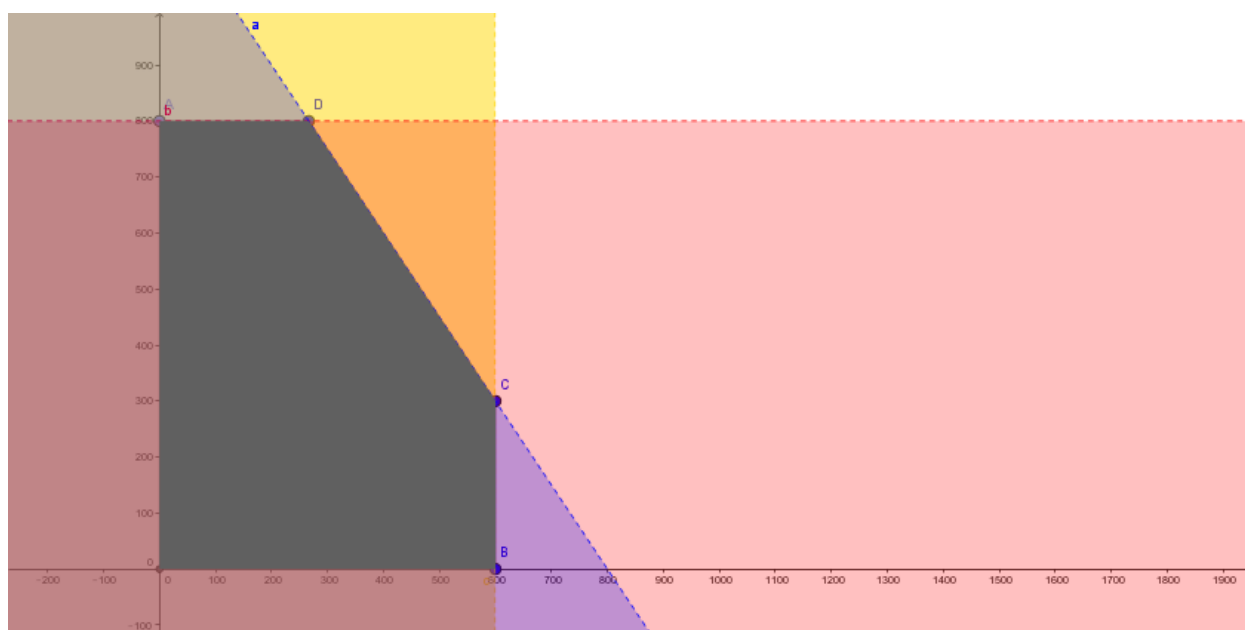
$$\text{Max } Z = 5 \left[\frac{\$}{u1} \right] X_1 [u1] + 2 \left[\frac{\$}{u2} \right] X_2 [u2] \quad (12)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} 3 \left[\frac{Hs}{u1} \right] X_1 [u1] + 2 \left[\frac{Hs}{u2} \right] X_2 [u2] &\leq 2400 [Hs] \\ 1 \left[\frac{Hs}{u2} \right] X_2 [u2] &\leq 800 [Hs] \\ 2 \left[\frac{Hs}{u1} \right] X_1 [u1] &\leq 1200 [Hs] \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} 5X_1 + 2X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 \\ 3X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 &= 2400 \\ 0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 + 0X_5 &= 800 \\ 2X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 &= 1200 \end{aligned}$$



Cuadro 11: Tableau Simplex 09

C_k	X_k	B_k	5	2	0	0	0	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
0	X_3	2400	3	2	1	0	0	$\theta_1 = 800$
0	X_4	800	0	1	0	1	0	$\theta_2 = X$
← 0	X_5	1200	2	0	0	0	1	$\theta_3 = 600$
$Z = 0$			-5	-2	0	0	0	
↑								
← 0	X_3	600	0	2	1	0	-3/2	$\theta_1 = 300$
0	X_4	800	0	1	0	1	0	$\theta_2 = 800$
5	X_1	600	1	0	0	0	1/2	$\theta_3 = X$
$Z = 3000$			0	-2	0	0	5/2	
↑								
2	X_2	300	0	1	1/2	0	-3/4	
0	X_4	500	0	0	-1/2	1	3	
5	X_1	600	1	0	0	0	1/2	
$Z = 3600$			0	0	1	0	1	

Podemos observar que lo mas beneficioso seria la venta de 600 unidades del producto 1 (-iesgo Especial”) y 300 unidades del producto 2 (”Hipotecas”). Tambien cabe aclarar que las horas administrativas no se llegan a consumir en su totalidad, existiendo un sobrante de 500,

que podrían ser utilizadas en otras actividades.

Punto 10 - Criador de Perros

Las variables de decisión son:

- X_1 : Cantidad de alimento del tipo 1 utilizado.
- X_2 : Cantidad de alimento del tipo 2 utilizado.

La función objetivo es:

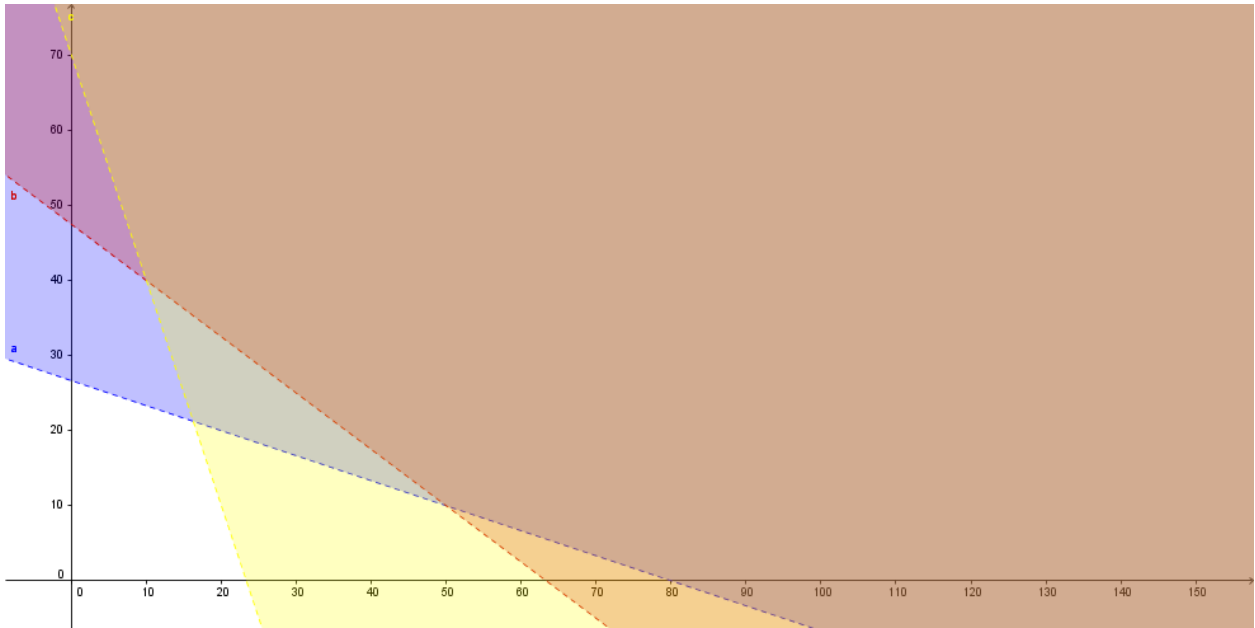
$$\text{Min } Z = 50 \left[\frac{\$}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 25 \left[\frac{\$}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] \quad (13)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} 0.1 \left[\frac{Kg_G}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.3 \left[\frac{Kg_G}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 8 [Kg_G] \\ 0.3 \left[\frac{Kg_C}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.4 \left[\frac{Kg_C}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 19 [Kg_C] \\ 0.3 \left[\frac{Kg_{Ca}}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.1 \left[\frac{Kg_{Ca}}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 7 [Kg_{Ca}] \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} 50X_1 + 25X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + M\mu_1 + M\mu_2 + M\mu_3 \\ 0.1X_1 + 0.3X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 &= 8 \\ 0.3X_1 + 0.4X_2 + 0X_3 - 1X_4 + 0X_5 + 0\mu_1 + 1\mu_2 + 0\mu_3 &= 19 \\ 0.3X_1 + 0.1X_2 + 0X_3 + 0X_4 - 1X_5 + 1\mu_1 + 0\mu_2 + 1\mu_3 &= 7 \end{aligned}$$



Cuadro 12: Tableau Simplex 10

	C_k	X_k	B_k	50 A_1	25 A_2	0 A_3	0 A_4	0 A_5	M A_6	M A_7	M A_8	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	M	M_1	8	0,1	0,3	-1	0	0	1	0	0	$\theta_1 = 26,666$
	M	M_2	19	0,3	0,4	0	-1	0	0	1	0	$\theta_2 = 47,5$
	M	M_3	7	0,3	0,1	0	0	-1	0	0	1	$\theta_3 = 70$
	$Z = 34M$			0,7M	0,8M	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	0	
	↑											
	25	X_2	26,66667	0,33	1	-3,33	0	0	3,33	0	0	$\theta_1 = X$
←	M	M_2	8,333333	0,16	0	1,33	-1	0	-1,33	1	0	$\theta_2 = 6,25$
	M	M_3	4,333333	0,27	0	0,33	0	-1	-0,33	0	1	$\theta_3 = 13$
	$Z = 12,67M$			0,43M	0	1,66M	$-M$	$-M$	2,67M	0	0	
	↑											
	25	X_2	47,5	0,75	1	0	-2,5	0	0	2,5	0	$\theta_1 = X$
	0	X_3	6,25	0,13	0	1	-0,75	0	-1	0,75	0	$\theta_2 = X$
←	M	M_3	2,25	0,23	0	0	0,25	-1	0	-0,25	1	$\theta_3 = 9$
	$Z = 2,25M$			0,23M	0	0	0,25M	$-M$	$-M$	-1,25M	0	
	↑											
	25	X_2	70	3	1	0	0	-10	$\theta_1 = 23,3$			
	0	X_3	13	0,8	0	1	0	-3	$\theta_2 = 41,56$			
←	0	X_4	9	0,9	0	0	1	-4	$\theta_3 = 10$			
	$Z = 1750$			25	0	0	0	-250				
	↑											
	25	X_2	40	0	1	0	-3,33	3,33				
	0	X_3	5	0	0	1	-2,66	0,55				
	50	X_1	10	1	0	0	1,11	-4,44				
	$Z = 1500$			0	0	0	-250/9	-1250/9				

En este caso, sugerimos al criador de perros el siguiente plan, con el cual podrá satisfacer

las necesidades alimentarias de sus animales con el menor costo:

- Utilizar 10 unidades del alimento tipo 1
- Utilizar 40 unidades del alimento tipo 2
- La necesidad de grasas saturadas de los animales se encuentra satisfecha con un nivel por encima del requerido.

Punto 11 - Banco Gane

Las variables de decisión son:

- X_1 : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Personales.
- X_2 : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Automovilísticos.
- X_3 : Dinero (en millones) que se destina a prestamos para el Hogar.
- X_4 : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Agrícolas.
- X_5 : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Comerciales.

La función objetivo es:

$$Max Z = 0.026X_1 [\$] + 0.051X_2 [\$] + 0.086X_3 [\$] + 0.069X_4 [\$] + 0.078X_5 [\$] \quad (14)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} X_4 [\$] + X_5 [\$] &\geq 0.4 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] \\ X_3 [\$] &\geq 0.5 (X_1 + X_2 + X_3) [\$] \\ (0.1X_1 + 0.07X_2 + 0.03X_3 + 0.05X_4 + 0.02X_5) [\$] &\leq 0.04 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] \\ (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] &\leq 12 [\$] \end{aligned}$$

Cuadro 13: Tableau Simplex 11

				2	4	0	0	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	X_3	5	1	2	1	0	$\theta_1 = 1.66$
	0	X_4	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
	$Z = 0$			-2	-4	0	0	
	↑							
	4	X_2	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
←	0	X_4	1,5	0,5	0	-0,5	1	$\theta_2 = 3$
	$Z = 10$			0	0	2	0	
	↑							
←	4	X_2	1	1	2	1	0	
	2	X_1	3	1	1	0	1	
	$Z = 10$			0	0	2	0	
	↑							

La mejor política de prestamos para el Banco Gane es la siguiente:

- Destinar 7,2 millones a prestamos para casas.
- Destinar 4,8 millones a prestamos comerciales.

De esta manera, la ganancia del banco seria de \$993600.

Punto 12 - Papelera Moderna

Las variables de decisión son:

- X_1 : Cantidad de cortes en posición 7-9.
- X_2 : Cantidad de cortes en posición 5-5-7.
- X_3 : Cantidad de cortes en posición 5-5-9.
- X_4 : Cantidad de cortes en posición 5-5-5-5.
- X_5 : Cantidad de cortes en posición 9-9.
- X_6 : Cantidad de cortes en posición 7-7-5.

La función objetivo es:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 4 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_1 [C] + 3 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_2 [C] + 1 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_3 [C] \\ & + 0 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_4 [C] + 2 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_5 [C] + 1 \left[\frac{\text{pies}}{C} \right] X_6 [C] \end{aligned}$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} 2X_2 [C] + 2X_3 [C] + 4X_4 [C] + 1X_6 [C] &\geq 150 [C] \\ 1X_1 [C] + 1X_2 [C] + 2X_6 [C] &\geq 200 [C] \\ 1X_1 [C] + 1X_3 [C] + 2X_5 [C] &\geq 300 [C] \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 14: Tableau Simplex 12

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
←	0	X_4	25/2	-0,13	0,38	1/2	1	0	0	-1/4	0,13	0
	1	X_6	100	1/2	1/2	0	0	0	1	0	-1/2	0
	2	X_5	150	1/2	0	1/2	0	1	0	0	0	-1/2
	$Z = 400$			5/2	5/2	0	0	0	0	0	1/2	1
	↑											
	1	X_3	25	-1/4	3/4	1	2	0	0	-1/2	1/4	0
	1	X_6	100	1/2	1/2	0	0	0	1	0	-1/2	0
	2	X_5	137,5	0,63	-0,38	0	-1	1	0	1/4	-0,13	-1/2
	$Z = 400$			5/2	5/2	0	0	0	0	0	1/2	1

Solucion por Software 2: Ejercicio 11 - LINGO

```

Global optimal solution found.
Objective value:                0.9936000
Infeasibilities:                0.0000000
Total solver iterations:        2
Elapsed runtime seconds:        0.07

```

```

Model Class:                    LP

```

```

Total variables:                6
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              10
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                28
Nonlinear nonzeros:            0

```

		Variable	
Value	Reduced Cost		
		X1	
0.000000	0.6000000E-01		
		X2	
0.000000	0.3500000E-01		
		X3	
7.200000	0.000000		
		X4	
0.000000	0.9000000E-02		
		X5	
4.800000	0.000000		
		Z2	
0.000000	0.000000		
		Row	
Slack or Surplus	Dual Price		
		1	
0.9936000	1.000000		
		2	
0.000000	-0.8000000E-02		
		3	
3.600000	0.000000		
		4	
0.1680000	0.000000		
		5	
0.000000	0.8280000E-01		
		6	
0.000000	0.000000		
Punto 12 cont. en pag. siguiente...	30	7	
0.000000	0.000000		
		8	
7.200000	0.000000		
		9	
0.000000	0.000000		
		10	
4.800000	0.000000		

Podemos ver que existen múltiples soluciones:

- Solución 01:
 - Realizar 100 cortes con el esquema 6
 - Realizar 150 cortes con el esquema 5
- Solución 02:
 - Realizar 25 cortes con el esquema 3
 - Realizar 100 cortes con el esquema 6
 - Realizar 137,5 cortes con el esquema 5

Ambas estrategias nos permiten alcanzar un desperdicio de solo 400 pies

Punto 13 - Ciudad de Progreso

Las variables de decisión son:

- X_1 : Cantidad de colectivos necesarios de 00 a 08 Hs.
- X_2 : Cantidad de colectivos necesarios de 04 a 23 Hs.
- X_3 : Cantidad de colectivos necesarios de 08 a 16 Hs.
- X_4 : Cantidad de colectivos necesarios de 12 a 20 Hs.
- X_5 : Cantidad de colectivos necesarios de 16 a 24 Hs.
- X_6 : Cantidad de colectivos necesarios de 20 a 04 Hs.

La función objetivo es:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^6 X_i [C] \quad (15)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} X_1 [C] + X_6 [C] &\geq 4 [C] \\ X_1 [C] + X_2 [C] &\geq 8 [C] \\ X_2 [C] + X_3 [C] &\geq 10 [C] \\ X_3 [C] + X_4 [C] &\geq 7 [C] \\ X_4 [C] + X_5 [C] &\geq 12 [C] \\ X_5 [C] + X_6 [C] &\geq 4 [C] \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 15: Tableau Simplex 13.A

			1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
←	1	X_1	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	1	X_2	10	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
	0	$\textcolor{red}{X}_8$	6	0	0	$\mathbf{1}$	0	0	1	-1	1	-1	0	0	0
	1	X_4	8	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	1
	0	X_{10}	1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	1	-1	1
	1	X_5	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1
$Z = 26$			0	0	$\textcolor{blue}{0}$	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0	
↑															
←	1	X_1	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	1	X_2	4	0	1	0	0	0	-1	1	-1	0	0	0	0
	1	X_3	6	0	0	1	0	0	1	-1	1	-1	0	0	0
	1	X_4	8	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	1
	0	X_{10}	7	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1
	1	$\textcolor{red}{X}_5$	4	0	0	0	0	1	$\mathbf{1}$	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	$\textcolor{blue}{0}$	-1	0	-1	0	-1	0
↑															

Cuadro 16: Tableau Simplex 13.B

	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
←	1	X_1	0	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	1
	1	X_2	8	0	1	0	0	1	0	1	-1	0	0	0	-1
	1	X_3	2	0	0	1	0	-1	0	-1	1	-1	0	0	1
	1	X_4	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0
	0	X_{10}	7	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1
	1	X_6	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0
	↑														
	0	X_{12}	0	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	1
	1	X_2	8	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
	1	X_3	2	-1	0	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
	1	X_4	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0
	0	X_{10}	7	-1	0	0	0	1	0	0	1	-1	1	-1	0
	1	X_6	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0