

# Investigación Operativa

*C.C. Lauritto & Ing. Casanova*

## Guía 02: Solución de PL

Fecha de Entrega: –

**Ravera P. & Rivera R.**

# Índice

<b>Ejercicios</b>	<b>3</b>
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 . . . . .	21
Punto 09 - Compañía de Seguros . . . . .	23
Punto 10 - Criador de Perros . . . . .	25
Punto 11 - Banco Gane . . . . .	27
Punto 12 - Papelera Moderna . . . . .	30
Punto 13 - Ciudad de Progreso . . . . .	31

## Ejercicios

### Punto 01 - Modelos Lineales

#### Inciso A

Función Objetivo

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 4X_2$$

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)

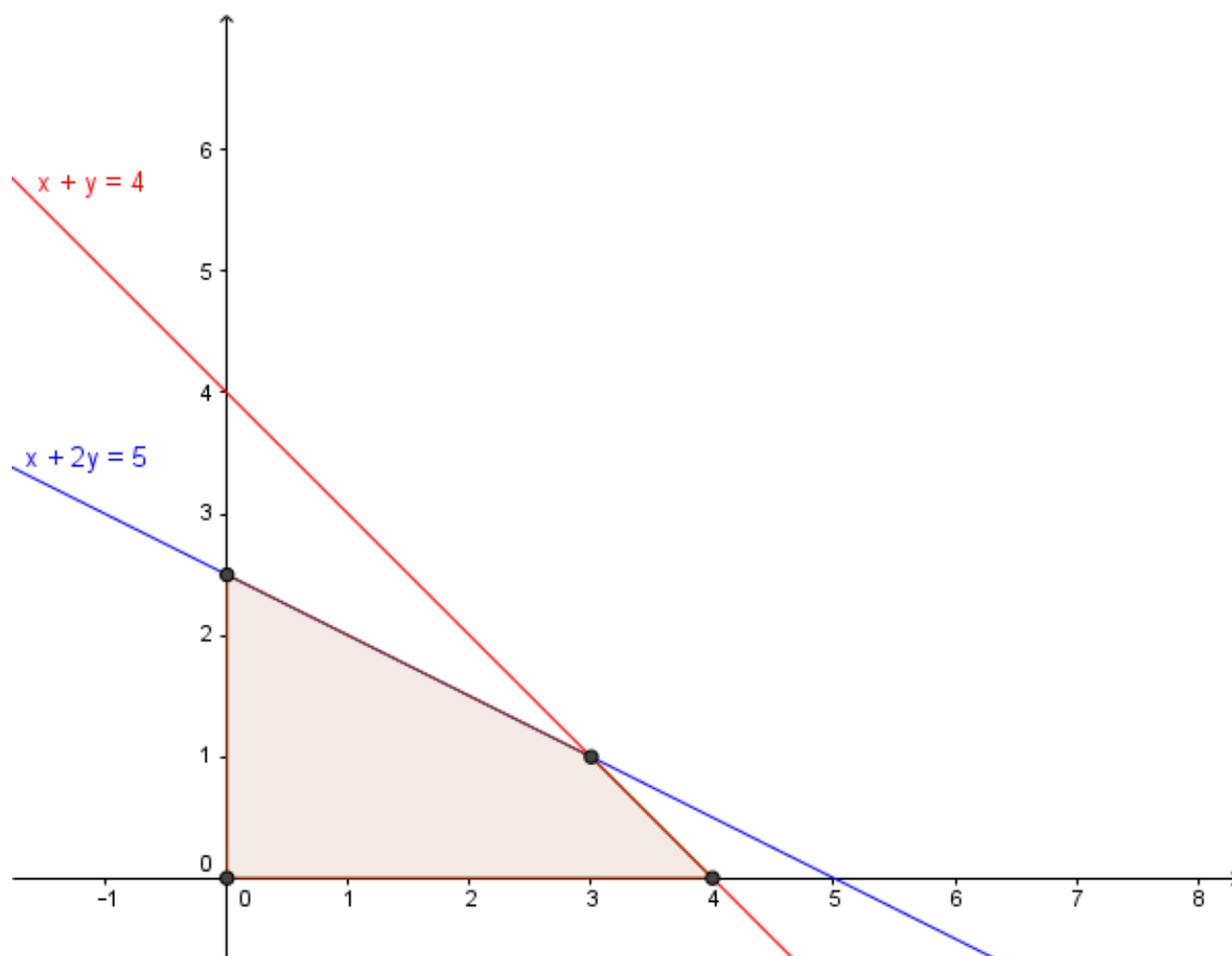
$$A \rightarrow 2(0) + 4(2.5) = 10$$

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

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

Por lo tanto, el problema cuenta con Soluciones Alternativas, siendo Determinístico - 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:

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

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

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

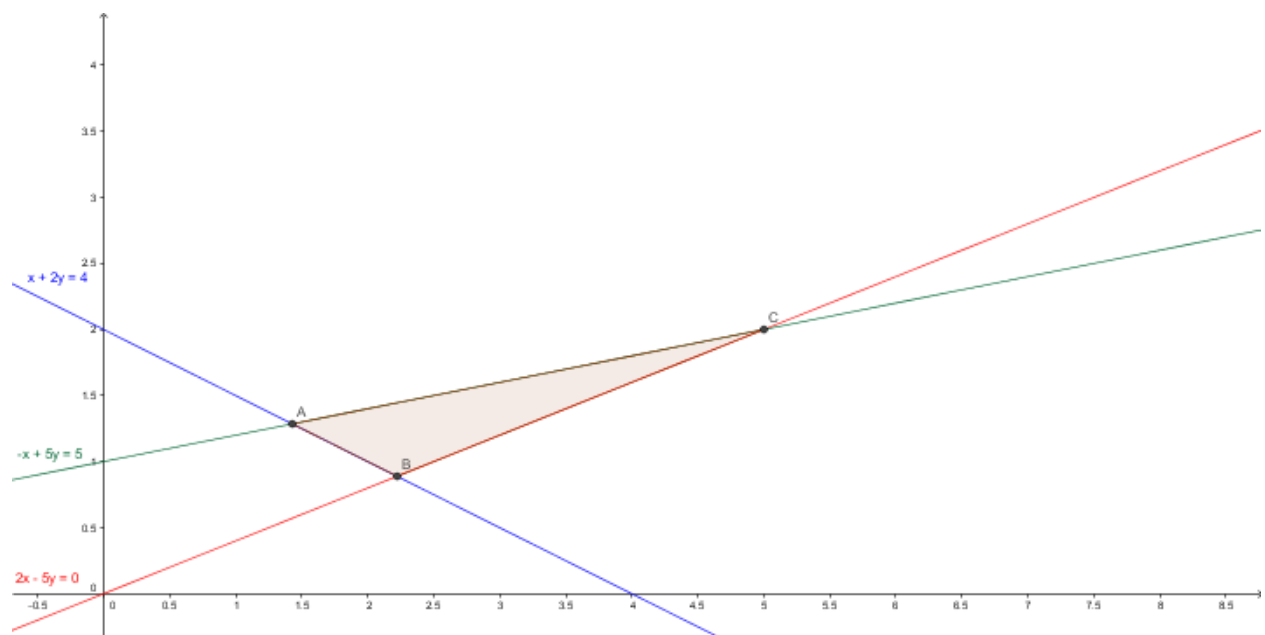
$$A \rightarrow 2\left(\frac{10}{7}\right) + 8\left(\frac{9}{7}\right) = 13.14$$

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

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

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

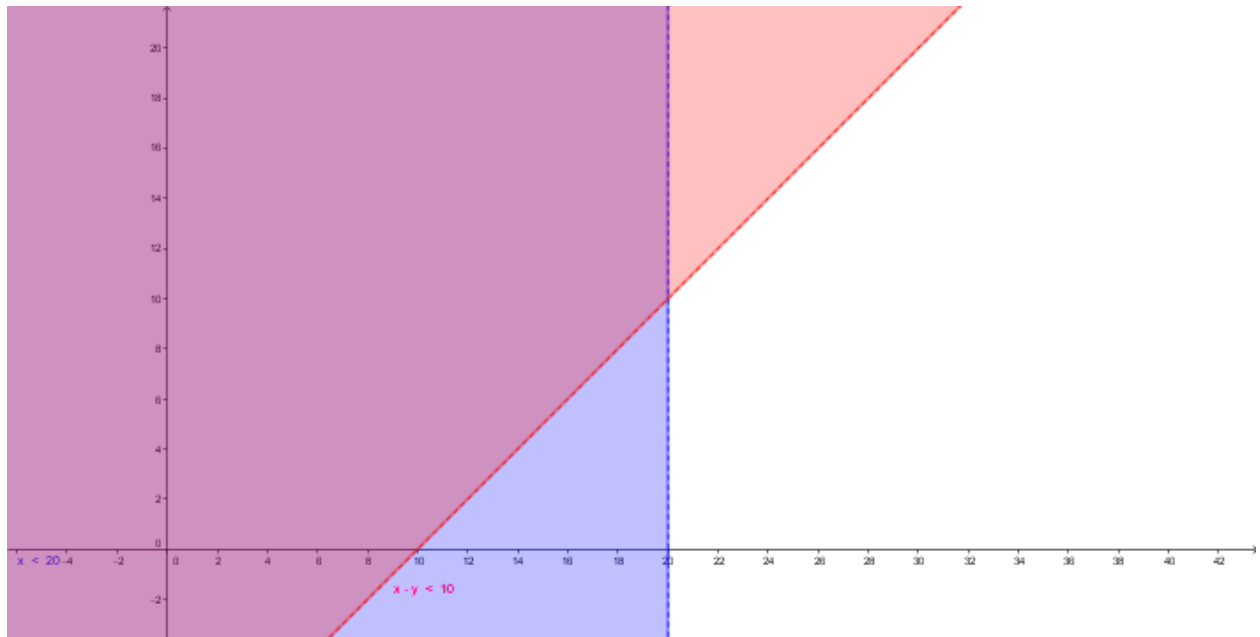
Región factible:



### Inciso C

La función objetivo es:

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



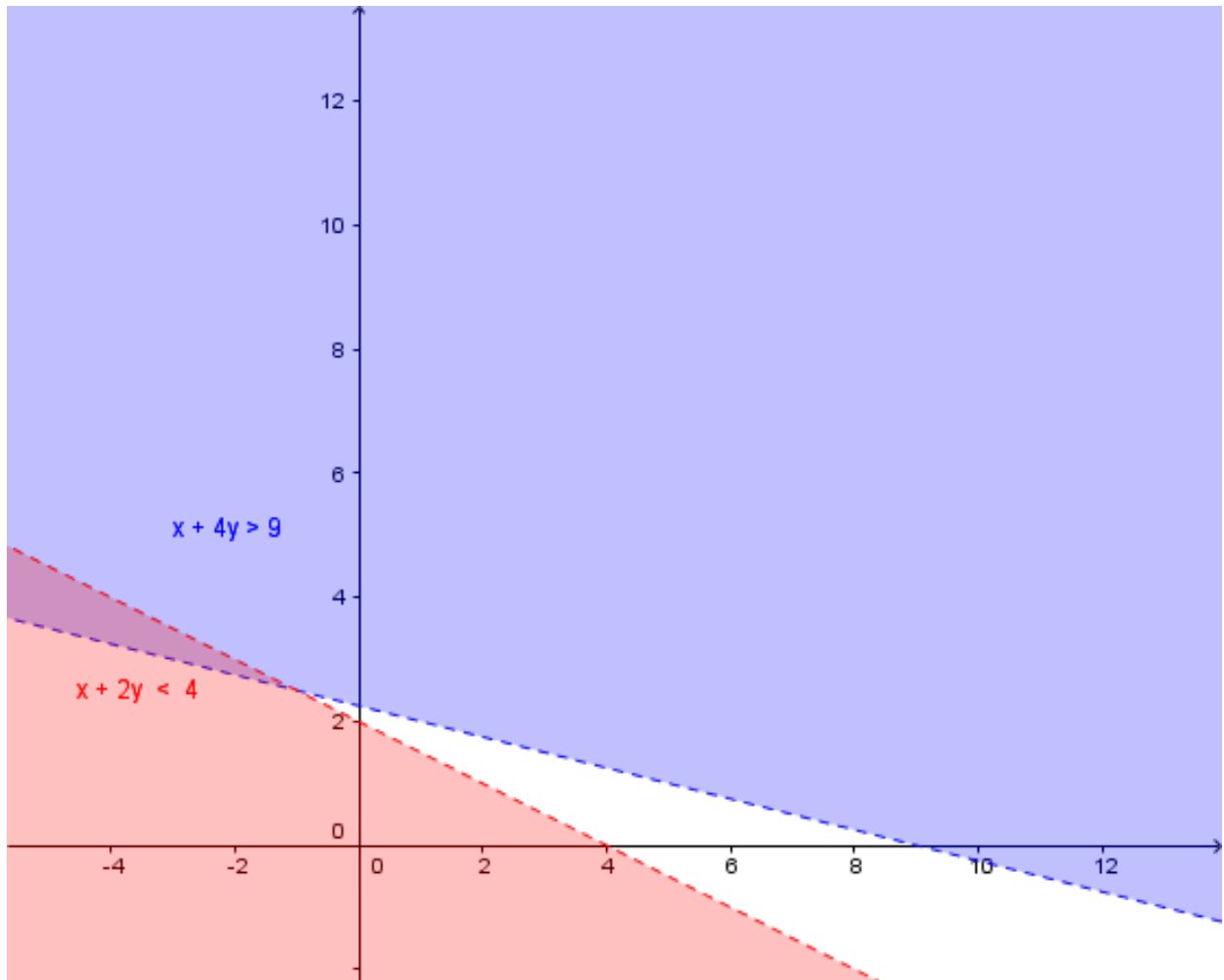
La región factible no está acotada, por lo que el valor de  $Z$  es  $\infty$ . La variable  $X_2$  puede crecer libremente.

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

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

Forma Estándar:

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

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

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

Inciso B

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



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 Óptima 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	$\textcolor{red}{X}_5$	5	-1	$\mathbf{5}$	0	0	1	0	$\boldsymbol{\theta}_3 = \mathbf{1}$
<hr/>										
	$Z = -8M$			$-2M$	$\textcolor{blue}{-4M}$	$M$	0	0	0	
<hr/>										
	↑									
<hr/>										
←	$-M$	$\textcolor{red}{M}_1$	4	$\mathbf{14/5}$	0	-1	0	$-4/5$	1	$\boldsymbol{\theta}_1 = \mathbf{10/7}$
	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	$\theta_3 = X$
<hr/>										
	#REF!	$Z = -4M + 8$		$\textcolor{blue}{-14/5}$	0	$M$	0	$4/5M$	0	
<hr/>										
	↑									

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	<b><math>X_4</math></b>	$25/7$	0	0	<b><math>5/14</math></b>	1	$9/7$	$-5/14$	<b><math>\theta_2 = 10</math></b>
	8	$X_2$	$9/7$	0	1	$-1/14$	0	$1/7$	$1/14$	$\theta_3 = -18X$
	$Z = 92/7$			0	0	<b><math>-9/7</math></b>	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

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

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 $A_1$	1 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	10	<b>1</b>	-1	1	0	<b><math>\theta_1 = 10</math></b>
	0	$X_4$	40	2	0	0	1	$\theta_2 = 20$
	$Z = 0$			<b>-2</b>	-1	0	0	
	↑							
	2	$X_1$	10	1	-1	1	0	$\theta_1 = 10X$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	20	0	<b>2</b>	-2	1	<b><math>\theta_2 = 10</math></b>
	$Z = 10$			0	<b>-2</b>	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	<b>-1</b>	3/2	
	↑							

Como podemos ver, en la última iteración del Simplex no existe un  $\theta \geq 0$  por lo que la solución no está acotada, o sea,  $Z \rightarrow \infty$ .

## Inciso D

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z &= 3X_1 + 9X_2 \\
\text{s.a. } :1X_1 + 4X_2 &\geq 9 \\
1X_1 + 2X_2 &\leq 4 \\
X_1, X_2 &\geq 0
\end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
\text{Max } Z &= 3X_1 + 9X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1 \\
\text{s.a. } :1X_1 + 4X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 &= 9 \\
1X_1 + 2X_2 - 0X_3 + 1X_4 + 0\mu_1 &= 4 \\
X_1, X_2, X_3, X_4 &\geq 0
\end{aligned}$$

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	<b><math>X_4</math></b>	4	1	<b>2</b>	0	1	0	<b><math>\theta_2 = 2</math></b>
	$Z = -9M$			$-M - 3$	<b><math>-4M - 9</math></b>	$M$	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	<b><math>X_4</math></b>	110	<b>5</b>	3	0	1
	$Z = 0$			<b>-70</b>	-50	0	0
				↑			
←	0	<b><math>X_3</math></b>	56	0	<b>14/5</b>	1	-2/5
	70	$X_1$	22	1	3/5	0	1/5
	$Z = 1540$			0	<b>-8</b>	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 más recursos (una unidad mas) son los siguientes:

- Hora de la Máquina 1: Nuestra ganancia aumentaría en  $20/7$  [\$], podríamos producir  $5/4$  unidades más del producto A, pero deberíamos producir  $3/4$  unidades menos del B.
- Hora de la Máquina 2: Nuestra ganancia aumentaría en  $90/7$  [\$], produciendo  $1/7$  menos unidades del producto A y  $10/35$  más 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 determinó 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	$\theta_1 = 800$
	$M$	<b><math>M_2</math></b>	0	-0,21	<b>0,03</b>	0	-1	0	0	1	<b><math>\theta_2 = 0</math></b>
	0	$X_5$	0	-0,03	0,01	0	0	1	0	0	$\theta_3 = 0$
←	$Z = 800M$			0,79M	<b>0,13M</b>	$-M$	$-M$	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	<b><math>X_5</math></b>	0	-0,023	0	0	<b>0,03</b>	1	0	-0,03	<b><math>\theta_3 = 0</math></b>
	$Z = 800M$			0,17M	0	$-M$	<b>3,33M</b>	0	0	-4,33M	
	↑										
←	$M$	<b><math>M_1</math></b>	800	<b>4</b>	0	-1	0	-100	1	0	<b><math>\theta_1 = 200</math></b>
	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	$\theta_3 = X$
	$Z = 800M$			<b>41</b>	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			
	$Z = 114$			<b>0</b>	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 depósito
- $X_2$ : 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 depósito la totalidad de las cajas disponibles (40) y le compramos al proveedor el 66.67% de su stock disponible (o sea 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:

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



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	$\theta_2 = X$
←	$-M$	<b><math>M_2</math></b>	20	0	<b>1</b>	0	-1	0	1	<b><math>\theta_3 = 2</math></b>
	$Z = -12M$			$-M$	<b><math>-2M</math></b>	0	$M$	0	0	
	↑									
	$-M$	$M_1$	8	1	0	0	1	1	-1	$\theta_1 = 8$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	6	<b>1</b>	0	1	0	0	0	<b><math>\theta_2 = 6</math></b>
	0,07	$X_2$	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -8M$			<b><math>-M</math></b>	0	0	$-M$	0	$2M$	
	↑									
←	$-M$	<b><math>M_1</math></b>	2	0	0	-1	<b>1</b>	1	-1	<b><math>\theta_1 = 2</math></b>
	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	$M$	<b><math>-M</math></b>	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:

$$\begin{aligned} B_1 [Kg_{C1}] + N_1 [Kg_{C1}] &\leq 50 [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] + N_2 [Kg_{C2}] &\leq 30 [Kg_{C2}] \\ B_1 [Kg_{C1}] &\geq 0.7 (B_1 + N_1) [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] &\geq 0.6 (B_2 + N_2) [Kg_{C2}] \\ 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] B_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] B_2 [Kg_{C2}] &\leq 5 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{CP2}] \\ 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] N_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] N_2 [Kg_{C2}] &\leq 2 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{CP2}] \\ B_1, B_2, N_1, N_2, P_1, P_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

## Solución 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 07 cont. en pág. siguiente...	20	7	
0.000000	1.111111		
		8	
15.00000	0.000000		
		9	
12.00000	0.000000		
		10	
25.00000	0.000000		

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

$$X_1 [\$] + X_2 [\$] \leq 20 [\$]$$

$$X_1 [\$] \leq 16 [\$]$$

$$X_2 [\$] \leq 8 [\$]$$

$$2X_2 [\$] - X_1 [\$] \geq 0$$

Forma Estándar:

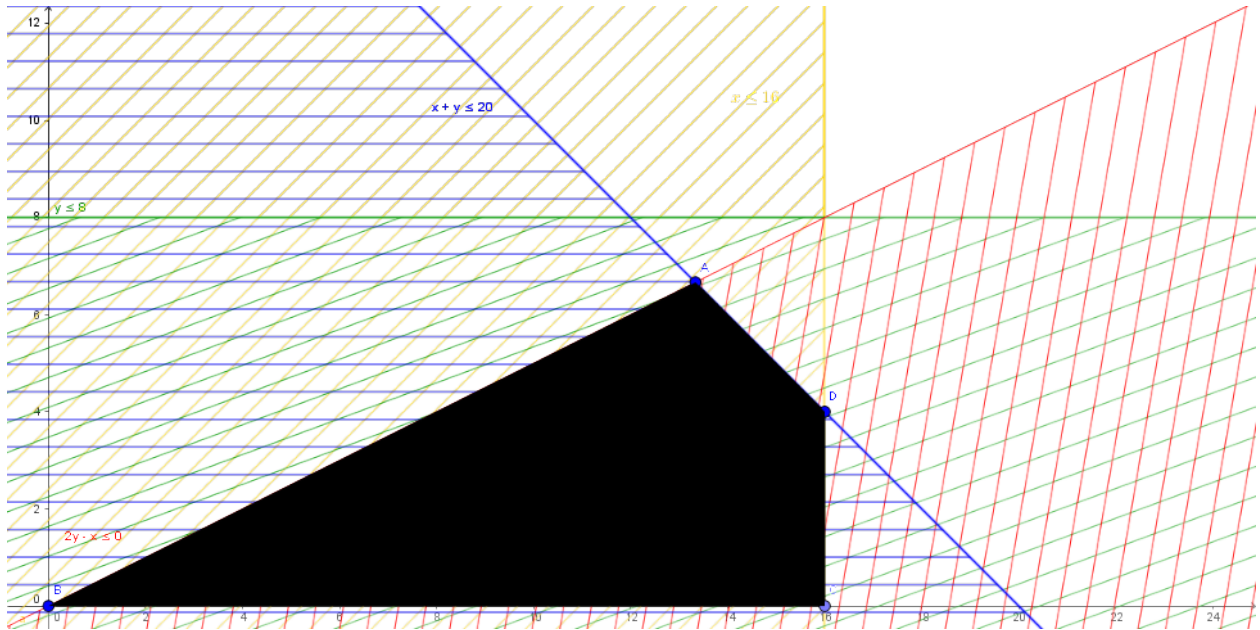
$$0.02X_1 + 0.06X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6$$

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

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

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

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



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	<b><math>X_6</math></b>	0	-1	<b>2</b>	0	0	0	1	<b><math>\theta_4 = X</math></b>
	$Z = 0$			-0,02	<b>-0,06</b>	0	0	0	0	
	↑									
←	0	<b><math>X_3</math></b>	20	<b>3/2</b>	0	1	0	0	-1/2	<b><math>\theta_1 = 13,33</math></b>
	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	<b>0</b>	0	1/2	$\theta_4 = X$
	$Z = 0$			<b>-0,05</b>	0	0	<b>0</b>	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	<b>0</b>	0	1/75	

Entonces, lo recomendable resulta la inversión de 13.33 millones aproximadamente en re-puestos 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:

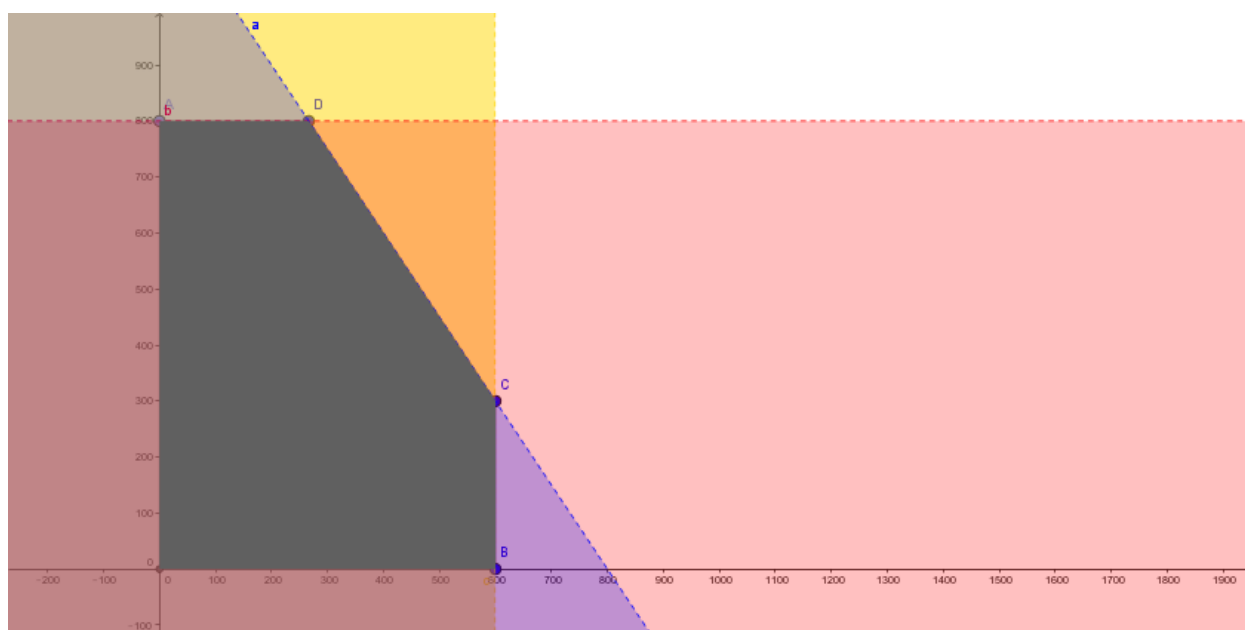
$$Max \ Z = 5 \left[ \frac{\$}{u1} \right] X_1 [u1] + 2 \left[ \frac{\$}{u2} \right] X_2 [u2] \quad (12)$$

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

			5	2	0	0	0		
	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	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	<b><math>X_5</math></b>	1200	<b>2</b>	0	0	0	1	<b><math>\theta_3 = 600</math></b>
	$Z = 0$			<b>-5</b>	-2	0	0	0	
				↑					
←	0	<b><math>X_3</math></b>	600	0	<b>2</b>	1	0	-3/2	<b><math>\theta_1 = 300</math></b>
	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	<b>-2</b>	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 más beneficioso sería la venta de 600 unidades del producto 1 ('Riesgo Especial') y 300 unidades del producto 2 ('Hipotecas'). También 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:

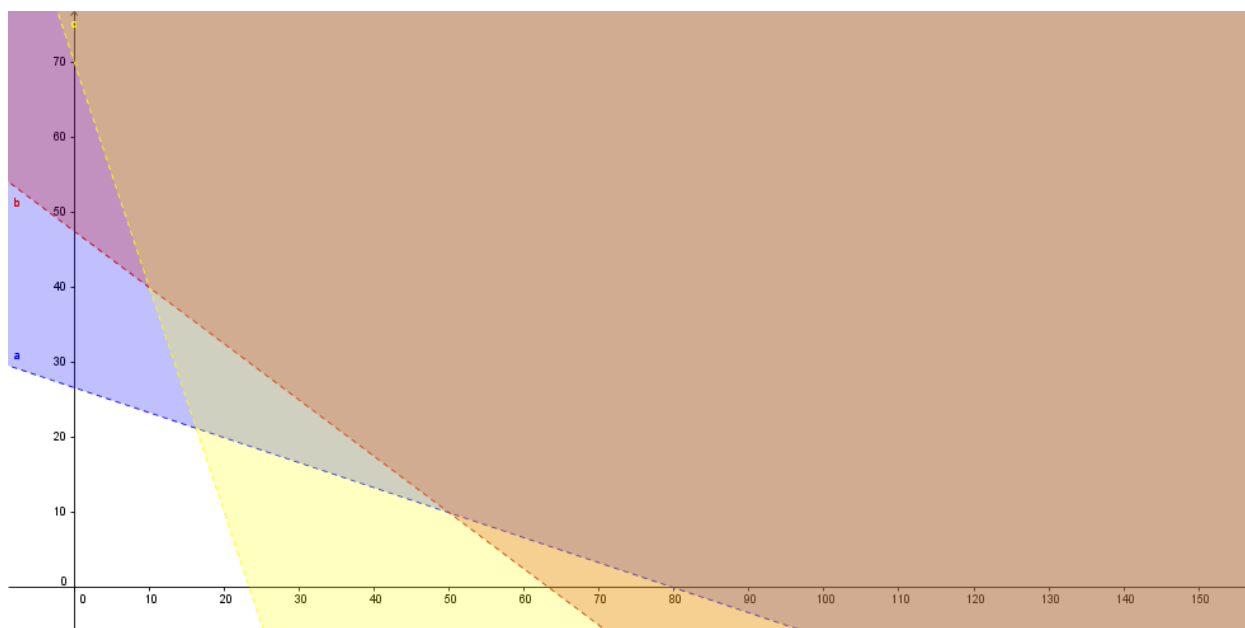
$$\text{Min } Z = 50 \left[ \frac{\$}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 25 \left[ \frac{\$}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] \quad (13)$$

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	<b>0,3</b>	-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	<b>0,8M</b>	$-M$	$-M$	$-M$	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	<b>1,33</b>	-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	<b>1,66M</b>	$-M$	$-M$	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	<b>0,25</b>	-1	0	-0,25	1	$\theta_3 = 9$
	$Z = 2,25M$			0,23M	0	0	<b>0,25M</b>	$-M$	$-M$	-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	<b>0,9</b>	0	0	1	-4	$\theta_3 = 10$			
	$Z = 1750$			<b>25</b>	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 préstamos Personales.
- $X_2$ : Dinero (en millones) que se destina a préstamos Automovilísticos.
- $X_3$ : Dinero (en millones) que se destina a préstamos para el Hogar.
- $X_4$ : Dinero (en millones) que se destina a préstamos Agrícolas.
- $X_5$ : Dinero (en millones) que se destina a préstamos 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	<b><math>X_3</math></b>	5	1	<b>2</b>	1	0	<b><math>\theta_1 = 1.66</math></b>
	0	$X_4$	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
	$Z = 0$			-2	<b>-4</b>	0	0	
					↑			
←	4	$X_2$	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
	0	<b><math>X_4</math></b>	1,5	<b>0,5</b>	0	-0,5	1	<b><math>\theta_2 = 3</math></b>
	$Z = 10$			<b>0</b>	0	2	0	
					↑			
←	4	<b><math>X_2</math></b>	1	1	2	1	<b>0</b>	
	2	$X_1$	3	1	1	0	1	
	$Z = 10$			0	0	2	<b>0</b>	
							↑	

## Solución por Software 2: Ejercicio 11 - LINGO

```

Global optimal solution found.
Objective value:                0.9936000
Infeasibilities:                0.000000
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
7	0.000000	0.000000
8	7.200000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	4.800000	0.000000

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

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

De esta manera, la ganancia del banco sería 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	<b><math>X_4</math></b>	25/2	-0,13	0,38	<b>1/2</b>	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	<b>0</b>	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

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 sólo 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

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	1 $A_1$	1 $A_2$	1 $A_3$	1 $A_4$	1 $A_5$	1 $A_6$	0 $A_7$	0 $A_8$	0 $A_9$	0 $A_{10}$	0 $A_{11}$	0 $A_{12}$
	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	<b><math>X_8</math></b>	6	0	0	<b>1</b>	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	<b>0</b>	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	<b><math>X_5</math></b>	4	0	0	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	<b>0</b>	-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	<b><math>X_1</math></b>	0	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	<b>1</b>
	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	<b>0</b>
	↑														
	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