Investigación Operativa

C.C. Lauritto & Ing. Casanova

Guía 02: Solución de PL

Fecha de Entrega: 08 de Febrero de 2017

Ravera P. & Rivera R.

Índice

Ejercicios

Punto 01 - Modelos Lineales

Inciso A

Función Objetivo

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

Restricciones

$$x + y - 4 = 0 \tag{1}$$

$$x + 2y - 5 = 0 \tag{2}$$

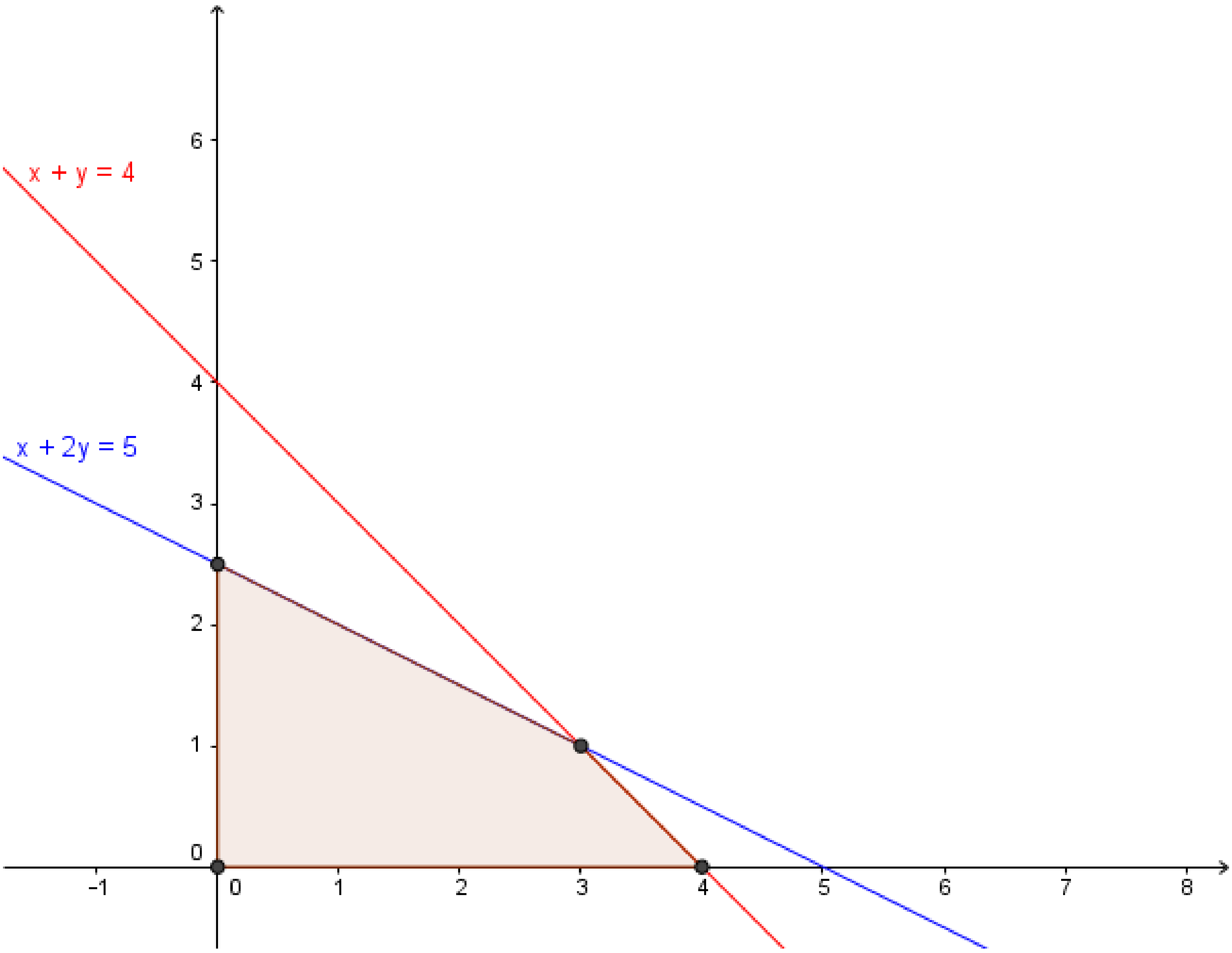
Por lo que los puntos son:

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

$$\begin{aligned} A &\rightarrow\ 2(0) + 4(2.5) = 10 \\ B &\rightarrow\ 2(3) + 4(1) = 10 \\ C &\rightarrow\ 2(4) + 4(0) = 8 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el problema cuenta con Soluciones Alternativas, siendo Determinístico - Lineal - Continuo.
Región factible:

Punto 01 cont. en pág. siguiente...



Inciso B

Función Objetivo

$$Max\ Z = 2X_1 + 8X_2$$

Restricciones

$$2x - 5y = 0 \tag{3}$$

$$-x + 5y = 5 \tag{4}$$

$$x + 2y = 4 \tag{5}$$

Por lo que los puntos son:

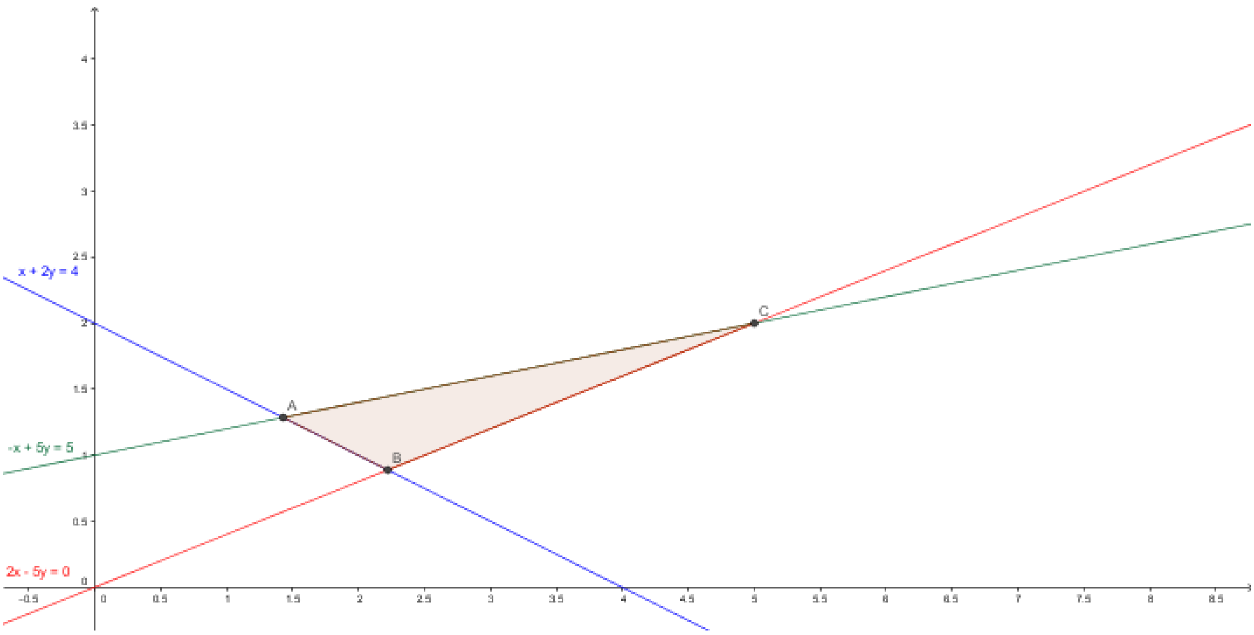
$$\begin{cases} (??) \\ (??) \end{cases} \rightarrow A = \left(\frac{10}{7}, \frac{9}{7}\right)$$

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

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

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \; 2\left(\frac{10}{7}\right) + 8\left(\frac{9}{7}\right) = 13.14 \\ B &\rightarrow \; 2(5) + 8(2) = 26 \\ C &\rightarrow \; 2(2.22) + 8(0.88) = 11.48 \end{aligned}$$

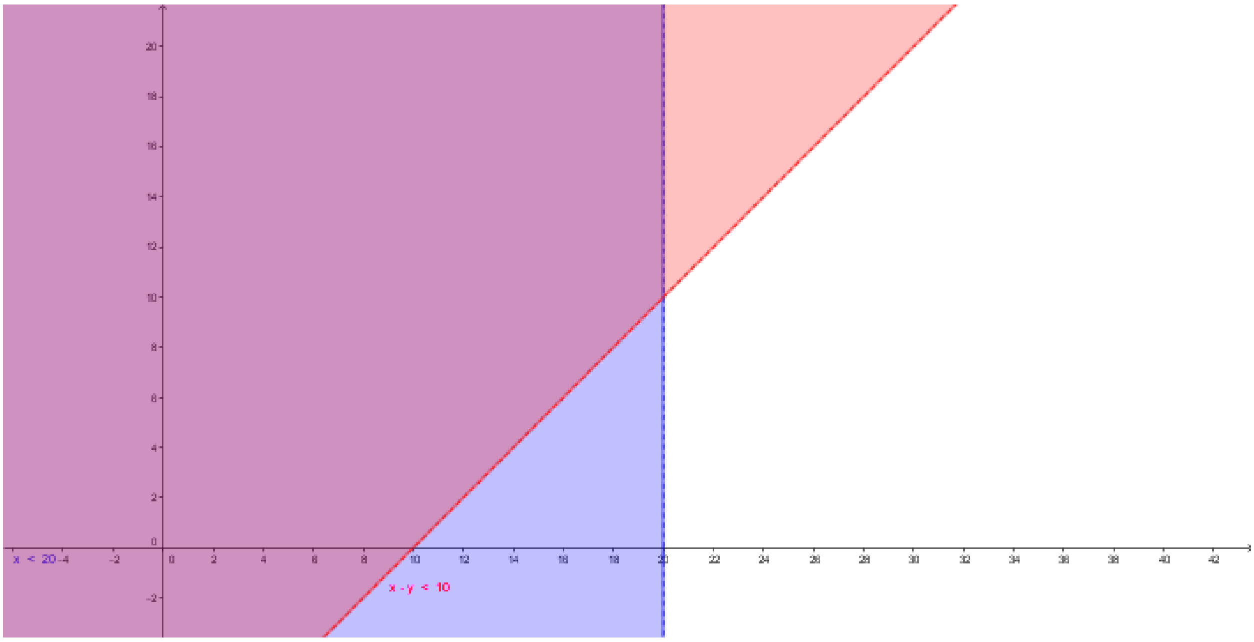
El máximo se halla en B. El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.
Región factible:



Inciso C

La función objetivo es:

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

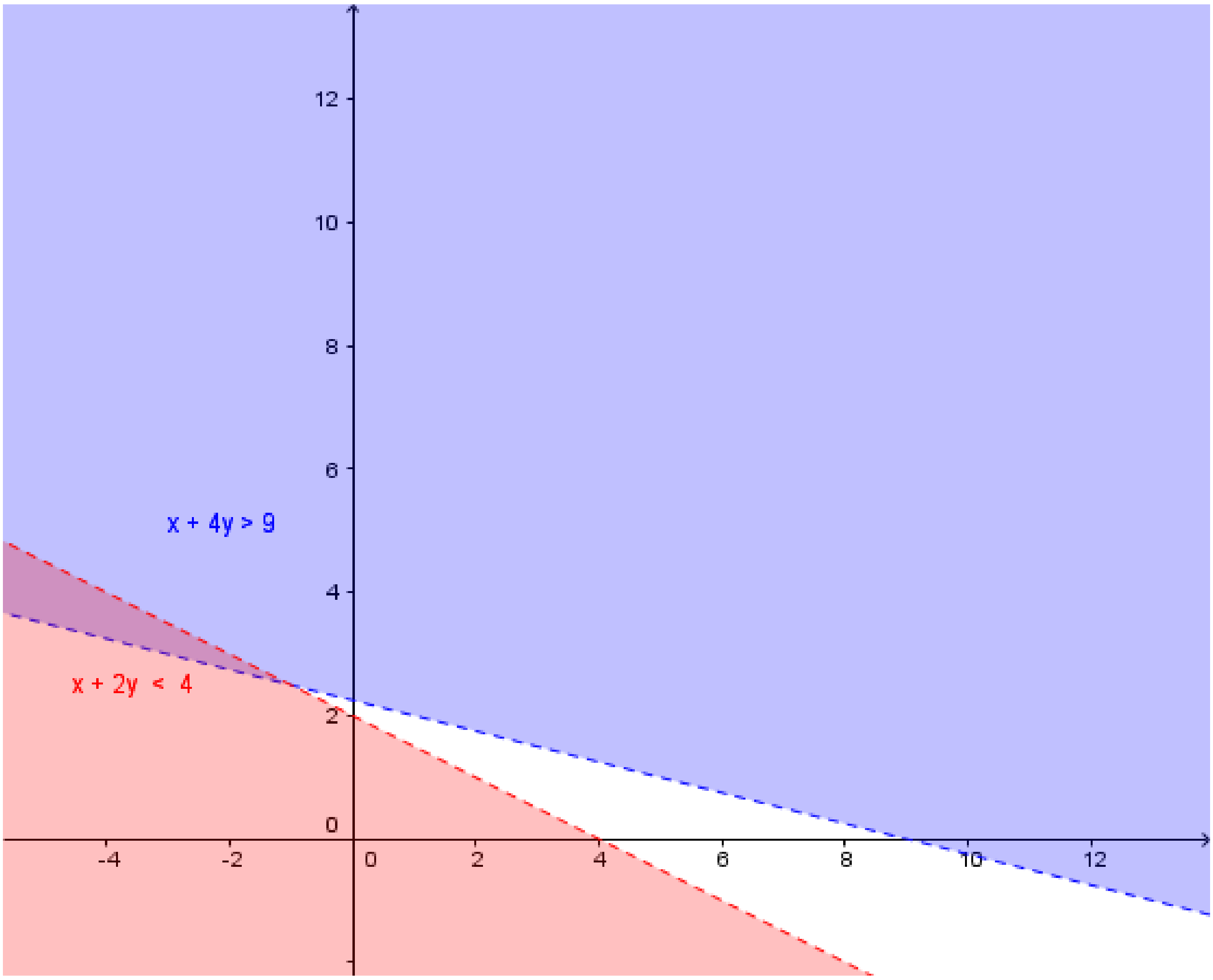


La región factible no está acotada, por lo que el valor de Z es ∞. La variable X_2 puede crecer libremente.
El problema e Deterministico - Lineal - Continuo.

Inciso D

La función objetivo es:

$$Max\ Z = 3X_1 + 9X_2$$



En este caso la solución es Infactible o Incompatible ya que la región factible es un conjunto vació al ser no convexo.
El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

Punto 02 - Simplex Modelos Lineales

Inciso A

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

Forma Estándar:

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

Éste 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	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_3}$	5	1	**2**	1	0	$\boldsymbol{\theta_1 = 1.66}$
	0	X_4	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
		$Z = 0$		-2	**-4**	0	0	
					$\uparrow$			
	4	X_2	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_4}$	1,5	**0,5**	0	-0,5	1	$\boldsymbol{\theta_2 = 3}$
		$Z = 10$		**0**	0	2	0	
				$\uparrow$				
$\leftarrow$	4	$\boldsymbol{X_2}$	1	1	2	1	**0**	
	2	X_1	3	1	1	0	1	
		$Z = 10$		0	0	2	**0**	
							$\uparrow$	

Inciso B

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

Forma Estándar:

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

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	$\boldsymbol{X_5}$	5	-1	**5**	0	0	1	0	$\boldsymbol{\theta_3 = 1}$
		$Z = -8M$		$-2M$	$\boldsymbol{-4M}$	M	0	0	0	
					↑					
←	$-M$	$\boldsymbol{M_1}$	4	**14/5**	0	-1	0	$-4/5$	1	$\boldsymbol{\theta_1 = 10/7}$
	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!	$Z = -4M + 8$		$\boldsymbol{-14/5}$	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	$\boldsymbol{X_4}$	$25/7$	0	0	**5/14**	1	$9/7$	$-5/14$	$\boldsymbol{\theta_2 = 10}$
	8	X_2	$9/7$	0	1	$-1/14$	0	$1/7$	$1/14$	$\theta_3 = -18X$
		$Z = 92/7$		0	0	$\boldsymbol{-9/7}$	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

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

Forma Estándar:

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

Cuadro 4: Tableau Simplex 02.C

				2	1	0	0	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_3}$	10	**1**	-1	1	0	$\boldsymbol{\theta_1 = 10}$
	0	X_4	40	2	0	0	1	$\theta_2 = 20$
		$Z = 0$		**-2**	-1	0	0	
				$\uparrow$				
	2	X_1	10	1	-1	1	0	$\theta_1 = 10X$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_4}$	20	0	**2**	-2	1	$\boldsymbol{\theta_2 = 10}$
		$Z = 10$		0	**-2**	2	0	
					$\uparrow$			
	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	
						$\uparrow$		

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

Inciso D

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

Forma Estándar:

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

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	$\theta_1 = 9/4$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_4}$	4	1	**2**	0	1	0	$\boldsymbol{\theta_2 = 2}$
		$Z = -9M$		$-M-3$	$\boldsymbol{-4M-9}$	M	0	0	
					$\uparrow$				
	$-M$	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 esté caso, el problema es incompatible ya que la región de factibilidad es igual al conjunto vacio.

Punto 03 - Compañía

Las variables de decisión son:

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

Punto 03 cont. en pág. siguiente...

Función Objetivo:

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

Restricciones:

$$2\left[\frac{Hs}{Ua}\right]X_a\,[Ua] + 4\left[\frac{Hs}{Ub}\right]X_b\,[Ub] \le 100\,[Hs]$$
$$5\left[\frac{Hs}{Ua}\right]X_a\,[Ua] + 3\left[\frac{Hs}{Ub}\right]X_b\,[Ub] \le 110\,[Hs]$$

Forma Estándar:

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

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	$\boldsymbol{X_4}$	110	**5**	3	0	1
		$Z = 0$		**-70**	-50	0	0
				↑			
←	0	$\boldsymbol{X_3}$	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 más recursos (una unidad más) 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:

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

Restricciones:

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

Forma Estándar:

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

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	$\boldsymbol{M_2}$	0	-0,21	**0,03**	0	-1	0	0	1	$\boldsymbol{\theta_2 = 0}$
	0	X_5	0	-0,03	0,01	0	0	1	0	0	$\theta_3 = 0$
←		$Z = 800M$		$0,79M$	$\boldsymbol{0,13M}$	$-M$	$-M$	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	$\boldsymbol{X_5}$	0	-0,023	0	0	**0,03**	1	0	-0,03	$\boldsymbol{\theta_3 = 0}$
		$Z = 800M$		$0,17M$	0	$-M$	$\boldsymbol{3,33M}$	0	0	$-4,33M$	
							↑				
←	M	$\boldsymbol{M_1}$	800	**4**	0	-1	0	-100	1	0	$\boldsymbol{\theta_1 = 200}$
	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 depósito
- X_2: cantidad de cajas que se solicitan al proveedor

La función objetivo es:

$$Min\ Z = 1\left[\frac{\$}{C_d}\right] X_1\,[C_d] + 6\left[\frac{\$}{C_p}\right] X_2\,[C_p] \tag{8}$$

Punto 05 cont. en pág. siguiente. . .

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:

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

Punto 05 cont. en pág. siguiente. . .

Cuadro 8: Tableau Simplex 05

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

$$Max\ Z = 0.10X_1\,[\$] + 0.07X_2\,[\$] \tag{9}$$

Punto 06 cont. en pág. siguiente. . .

Sujeta a:

$$
\begin{aligned}
X_1\,[\$] + X_2\,[\$] &= 10\,[\$] \\
X_1\,[\$] &\leq 6\,[\$] \\
X_2\,[\$] &\geq 2\,[\$] \\
X_1, X_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

Forma Estándar:

$$
\begin{aligned}
&0.1X_1 + 0.07X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1 - M\mu_2 \\
&1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 - 0\mu_2 = 10 \\
&1X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 0X_4 - 0\mu_1 - 0\mu_2 = 6 \\
&0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 - 0\mu_1 + 1\mu_2 = 2
\end{aligned}
$$

Cuadro 9: Tableau Simplex 06

				0,1	0,07	0	0	$-M$	$-M$	
	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	10	1	1	0	0	1	0	$\theta_1 = 10$
	0	X_3	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = X$
$\leftarrow$	$-M$	$\boldsymbol{M_2}$	20	0	**1**	0	-1	0	1	$\boldsymbol{\theta_3 = 2}$
	$Z = -12M$			$-M$	$\boldsymbol{-2M}$	0	M	0	0	
					$\uparrow$					
	$-M$	M_1	8	1	0	0	1	1	-1	$\theta_1 = 8$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_3}$	6	**1**	0	1	0	0	0	$\boldsymbol{\theta_2 = 6}$
	0,07	X_2	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -8M$			$\boldsymbol{-M}$	0	0	$-M$	0	$2M$	
				$\uparrow$						
$\leftarrow$	$-M$	$\boldsymbol{M_1}$	2	0	0	-1	**1**	1	-1	$\boldsymbol{\theta_1 = 2}$
	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	$\boldsymbol{-M}$	0	$2M$	
							$\uparrow$			
	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.

Punto 07 cont. en pág. siguiente...

La función objetivo es:

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

Sujeta a:

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

Punto 07 cont. en pág. siguiente. . .

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
                                     7
0.000000             1.111111
                                     8
15.00000             0.000000
                                     9
12.00000             0.000000
                                    10
```

Punto 07 cont. en pág. siguiente. . .

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:

$$Max\ Z = 0.02X_1\,[\$] + 0.06X_2\,[\$] \tag{11}$$

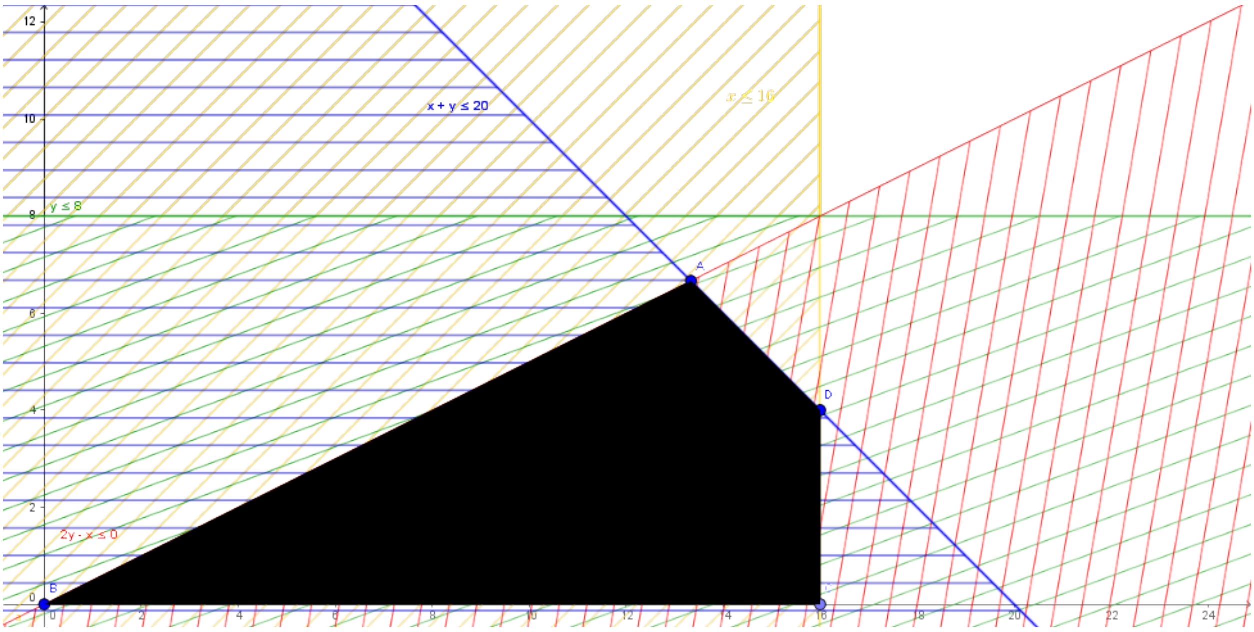
Sujeta a:

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

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} 0.02X_1 + 0.06X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 & \\ 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 &= 20 \\ 1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1X_4 + 1X_5 + 0X_6 &= 16 \\ 0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 + 0X_6 &= 8 \\ -1X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1X_6 &= 0 \end{aligned}$$

Punto 08 cont. en pág. siguiente…



Cuadro 10: Tableau Simplex 08

				0,02	0,06	0	0	0	0	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	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	$\boldsymbol{X_6}$	0	-1	**2**	0	0	0	1	$\boldsymbol{\theta_4 = X}$
	$Z = 0$			-0,02	**-0,06**	0	0	0	0	
					↑					
←	0	$\boldsymbol{X_3}$	20	**3/2**	0	1	0	0	$-1/2$	$\boldsymbol{\theta_1 = 13,33}$
	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	$1/75$	

Punto 08 cont. en pág. siguiente. . .

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:

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

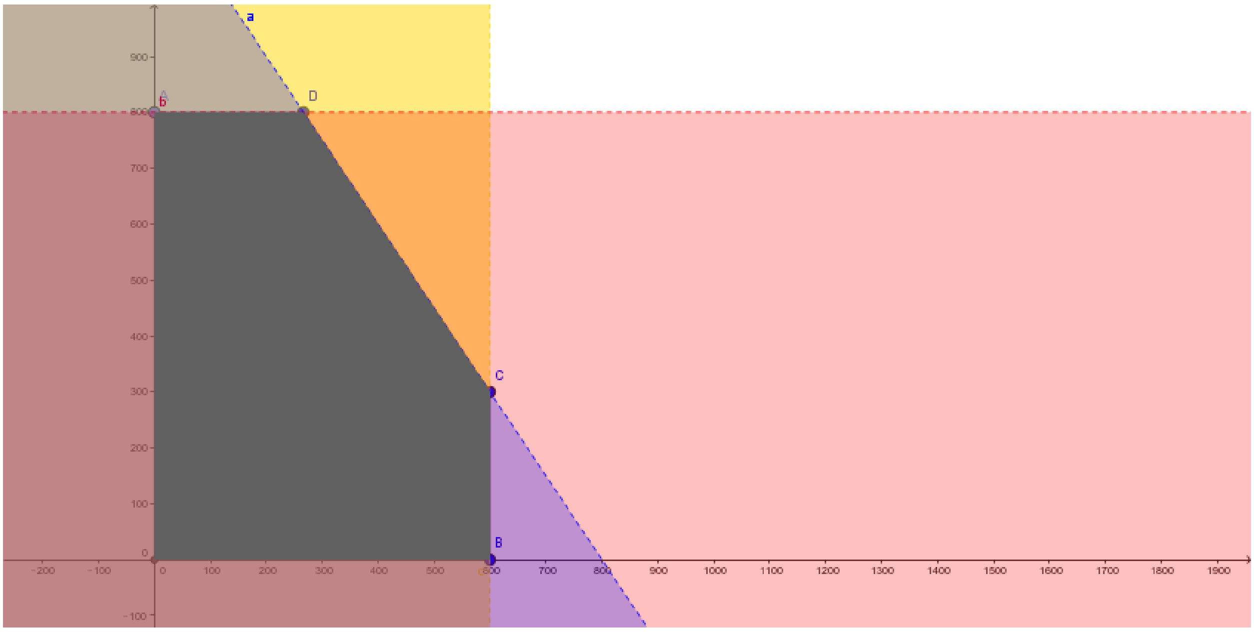
Sujeta a:

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

Forma Estándar:

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

Punto 09 cont. en pág. siguiente. . .



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	$\theta_2 = X$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_5}$	1200	**2**	0	0	0	1	$\boldsymbol{\theta_3 = 600}$
		$Z = 0$		**-5**	-2	0	0	0	
				$\uparrow$					
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_3}$	600	0	**2**	1	0	$-3/2$	$\boldsymbol{\theta_1 = 300}$
	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	$5/2$	
					$\uparrow$				
	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

Punto 09 cont. en pág. siguiente. . .

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:

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

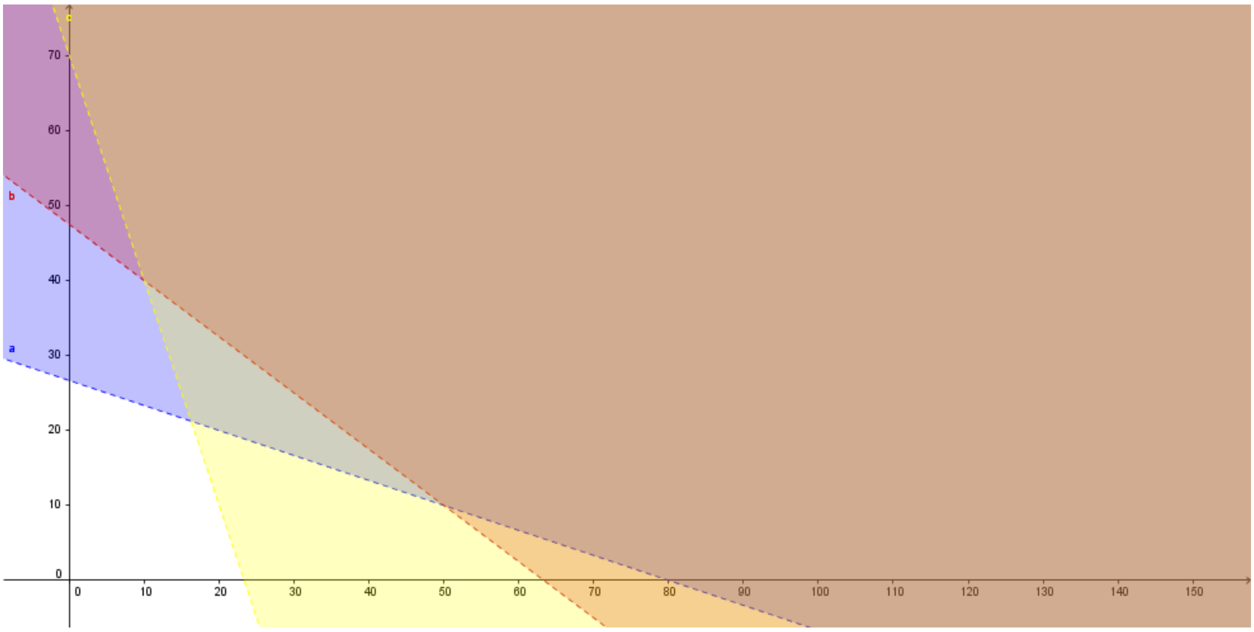
Sujeta a:

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

Forma Estándar:

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

Punto 10 cont. en pág. siguiente...



Cuadro 12: Tableau Simplex 10

				50	25	0	0	0	M	M	M	
	C_k	X_k	B_k	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	M	$\boldsymbol{M_1}$	8	0,1	**0,3**	-1	0	0	1	0	0	$\boldsymbol{\theta_1 = 26,666}$
	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	$\theta_3 = 70$
	$Z = 34M$			$0,7M$	$\boldsymbol{0,8M}$	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	0	
					↑							
	25	X_2	26,66667	0,33	1	-3,33	0	0	3,33	0	0	$\theta_1 = X$
←	M	$\boldsymbol{M_2}$	8,333333	0,16	0	**1,33**	-1	0	-1,33	1	0	$\boldsymbol{\theta_2 = 6,25}$
	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	$\boldsymbol{1,66M}$	$-M$	$-M$	$2,67M$	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	$\boldsymbol{M_3}$	2,25	0,23	0	0	**0,25**	-1	0	-0,25	1	$\boldsymbol{\theta_3 = 9}$
	$Z = 2,25M$			$0,23M$	0	0	$\boldsymbol{0,25M}$	$-M$	$-M$	$-1,25M$	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	$\boldsymbol{X_4}$	9	**0,9**	0	0	1	-4	$\boldsymbol{\theta_3 = 10}$			
	$Z = 1750$			**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

Punto 10 cont. en pág. siguiente...

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:

$$Max\ Z = 0.026X_1\,[\$] + 0.051X_2\,[\$] + 0.086X_3\,[\$] + 0.069X_4\,[\$] + 0.078X_5\,[\$] \tag{14}$$

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	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_3}$	5	1	**2**	1	0	$\boldsymbol{\theta_1 = 1.66}$
	0	X_4	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
		$Z = 0$		-2	**-4**	0	0	
					$\uparrow$			
	4	X_2	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_4}$	1,5	**0,5**	0	-0,5	1	$\boldsymbol{\theta_2 = 3}$
		$Z = 10$		**0**	0	2	0	
				$\uparrow$				
$\leftarrow$	4	$\boldsymbol{X_2}$	1	1	2	1	**0**	
	2	X_1	3	1	1	0	1	
		$Z = 10$		0	0	2	**0**	
							$\uparrow$	

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
```

Punto 11 cont. en pág. siguiente. . .

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:

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

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	$\mathbf{X_4}$	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

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.

Punto 13 cont. en pág. siguiente...

La función objetivo es:

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{6} X_i\,[C] \tag{15}$$

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
$\leftarrow$	0	$\boldsymbol{X_8}$	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}	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	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0
						$\uparrow$									
	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
$\leftarrow$	1	$\boldsymbol{X_5}$	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
									$\uparrow$						

Punto 13 cont. en pág. siguiente...

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}
$\leftarrow$	1	$\boldsymbol{X_1}$	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**
															$\uparrow$
	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