



# Programación Lineal: Método SIMPLEX con tablas

Rodrigo Maranzana

# Concepto

El método SIMPLEX con tablas es un tipo de representación del algoritmo.

- **Resolución iterativa** de problemas lineales.
- **Forma didáctica**: permite entender cada operación.
- **Definición clara** de cada componente en las operaciones (ej: variables básicas y no básicas)

# Ejemplo

Una empresa fabrica el producto A, con una utilidad de 2 \$/u, y el producto B, con una ganancia de 3 \$/u.

El producto A requiere para su fabricación 2 kg de cobre y 1 kg de aluminio. El producto B, en cambio, requiere 1 kg de cobre y 2 kg de aluminio. El máximo disponible de cobre y aluminio es 160 kg y 180 kg, respectivamente.

- Plantear modelo matemático.
- Resolver mediante método de tablas SIMPLEX.

# Componentes del modelo

**Función objetivo:** Maximizar la utilidad de un mix de productos A y B.

Tipo: Lineal

**Variables de decisión:** Cantidad de producto A ( $X_1$ ) y B ( $X_2$ )

Tipo: Lineal

**Restricciones:**

- Máximo de materia prima de cobre ( $Y_1$ ) y aluminio ( $Y_2$ )
- Restricciones y variables de decisión Reales
- Positividad

**Métodos de resolución posibles:**

- Método gráfico
- Algoritmo SIMPLEX
- Algoritmo de punto interior
- Otros algoritmos específicos de asignación de recursos.
- Algoritmos heurísticos.

**Método elegido:** SIMPLEX

# Construcción del modelo

Una empresa fabrica el **producto A**, que le aumenta su utilidad 2 \$ por unidad, y el **producto B**, que le aumenta la utilidad 3 \$ por unidad.

El producto A requiere de 2 kg de cobre y 1 kg de aluminio. El producto B requiere de 1 kg de cobre y 2 kg de aluminio. El máximo disponible de cobre es 160 kg y el máximo disponible de aluminio es de 180 kg.

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

*sujeto a:*

$$Y_1: 2X_1 + 1X_2 \leq 160$$

$$Y_2: 1X_1 + 2X_2 \leq 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

# Modelo extendido

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

*sujeto a:*

$$Y_1: 2X_1 + X_2 \leq 160$$

$$Y_2: X_1 + 2X_2 \leq 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Modelo Extendido



$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

*sujeto a:*

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

# Forma matricial

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

sujeto a:

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Modelo Extendido  
Matricial



$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

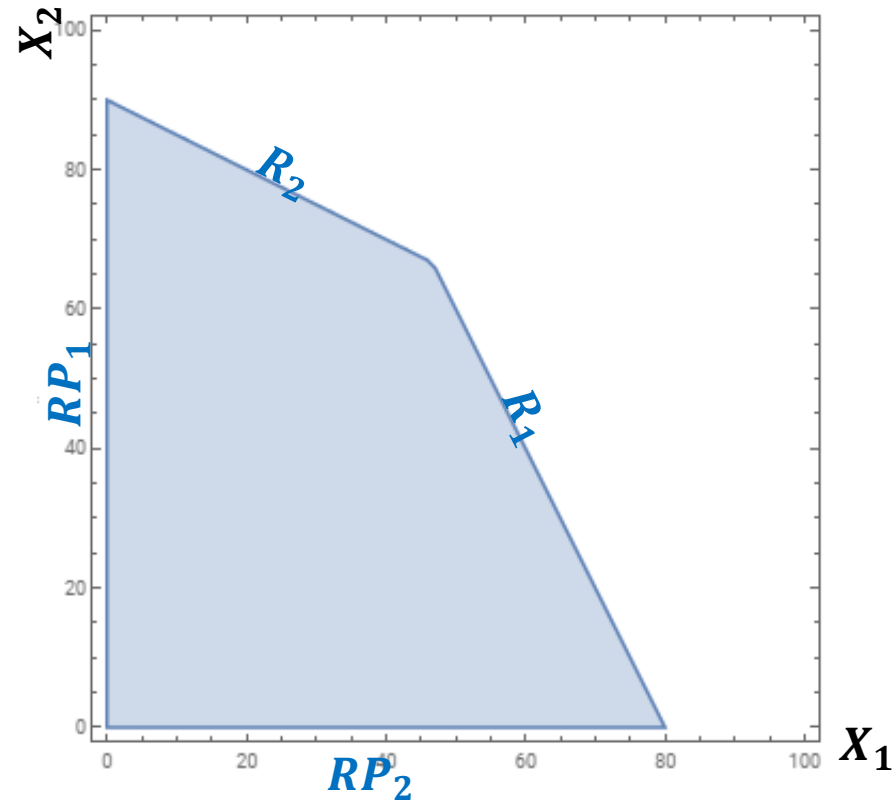
Valores de matrices:

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

# Representación gráfica





# Estructura de tabla SIMPLEX

$C_j$							
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$					$B_k / A_{ij}$
<b>Z</b>	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

sujeto a:

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$							$B_k$
$C_j \text{ Base}$	$X_j \text{ Base}$	$B_k$					$/A_{ij}$
<b>Z</b>	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2 + 0X_3 + 0X_4$$

sujeto a:

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$					$B_k / A_{ij}$
Z	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2 + 0X_3 + 0X_4$$

sujeto a:

$$2X_1 + 1X_2 + 1X_3 = 160$$

$$1X_1 + 2X_2 + 1X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
Z	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

sujeto a:

$$2X_1 + 1X_2 + 1X_3 = 160$$

$$1X_1 + 2X_2 + 1X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
			2	1	1	0	
			1	2	0	1	
Z	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

sujeto a:

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
		160	2	1	1	0	
		180	1	2	0	1	
<b>Z</b>	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2$$

sujeto a:

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

sujeto a:

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
	$X_3$	160	2	1	1	0	
	$X_4$	180	1	2	0	1	
<b>Z</b>	$Z_j - C_j$						

# Configuración inicial (#0)

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 3X_2 + 0X_3 + 0X_4$$

*sujeto a:*

$$2X_1 + X_2 + X_3 = 160$$

$$X_1 + 2X_2 + X_4 = 180$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$$\text{Max } Z = C^T X$$

*sujeto a:*

$$AX = b$$

$$C = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 160 \\ 180 \end{bmatrix}$$

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
Z	$Z_j - C_j$						



# Configuración inicial (#0)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
<b>Z</b>	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

$$Z_1 = C_3 * A_{11} + C_4 * A_{21} = 0 * 2 + 0 * 1 = 0$$

$$C_1 = 2$$

$$Z_1 - C_1 = 0 - 2 = -2$$

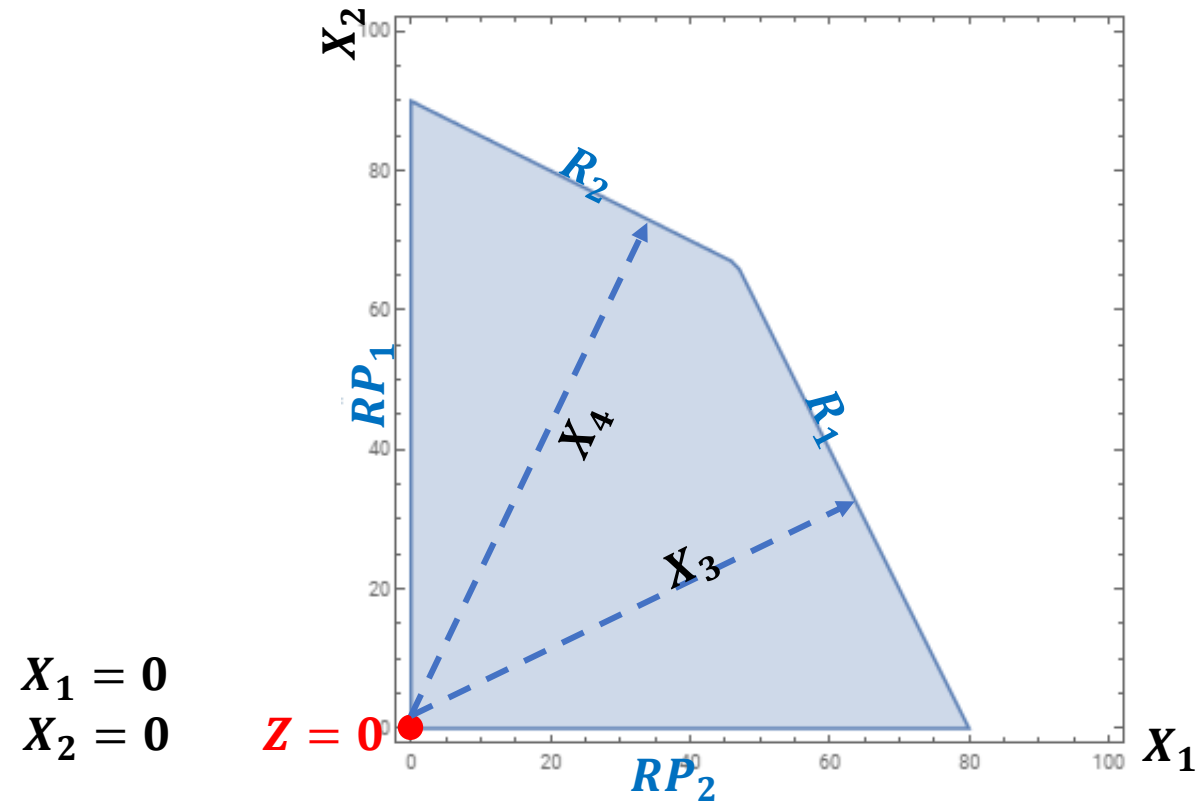
# Configuración inicial (#0)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

$$Z = 0 * 160 + 0 * 180 = 0$$

¡Hay valores negativos, puede mejorar!

# Representación gráfica (#0)



# Optimización (#0)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Columna pivote:  $\min(Z_j - C_j)$

$X_2$  el más negativo, entra a la base. ¿Quién sale?

# Optimización (#0)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	160
0	$X_4$	180	1	2	0	1	90
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

$$B_k / A_{ij} \text{ (de la columna pivote)} = B_k / A_{i2}$$

# Optimización (#0)

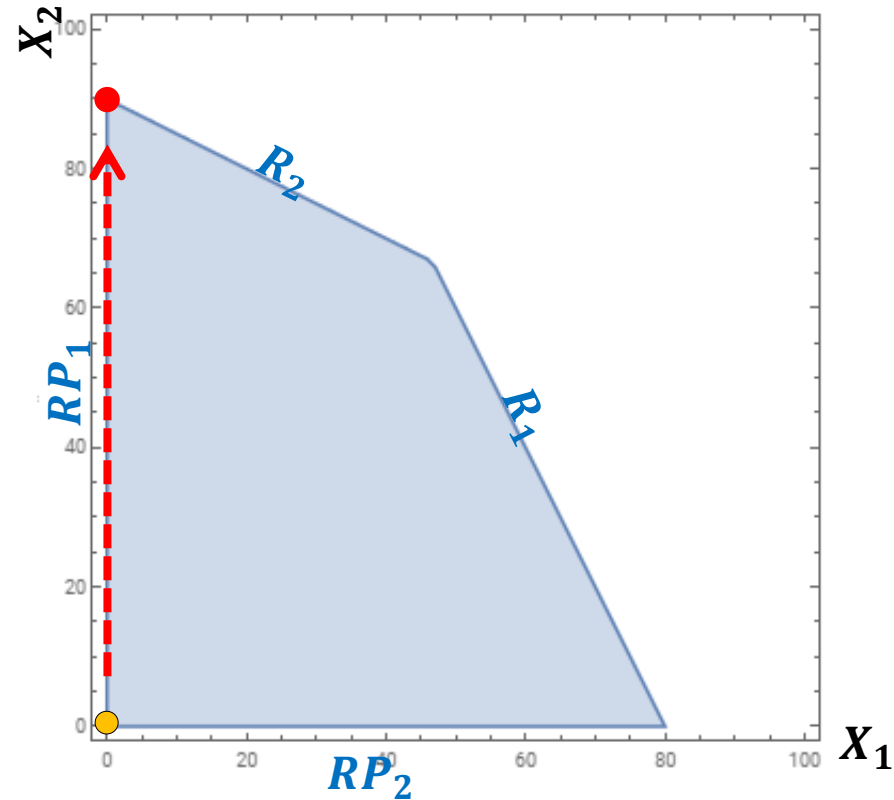
$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$B_k / A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	160
0	$X_4$	180	1	2	0	1	90
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Fila pivote:  $\min \left( \frac{B_k}{A_{ij}} \right)$ , si  $\frac{B_k}{A_{ij}} > 0$

$X_4$  Sale de la base, entra  $X_2$

pivote

# Representación gráfica (#0 a #1)



# Optimización (#0 a #1)

Tabla iteración 0

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$						
3	$X_2$						
0	$Z_j - C_j$						



# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores de la fila pivote:

$$B'_{kp} = B_{kp} / A_{ipjp}$$

$$A'_{ipj} = A_{ipj} / A_{ipjp}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Valores de la fila pivote      Valor pivote

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k / A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores de la fila pivote:  $B'_{kp} = B_{kp} / A_{ipjp}$

$$A'_{ipj} = A_{ipj} / A_{ipjp}$$

↓  
Valores de la fila pivote

↓  
Valor pivote

# Actualización (#1)

Tabla iteración 0

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$						
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

$$B'_k = B_k - \frac{B_{kp} * A_{ijp}}{A_{ipjp}}$$

Valor de la columna pivote

Valor pivote

Valor a actualizar

# Actualización (#1)

Tabla iteración 0

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70					
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$B_k / A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

$$A'_{ij} = A_{ij} - \frac{A_{ipj} * A_{ijp}}{A_{ipjp}}$$

Valor de la columna pivote  
 Valor pivote  
 Valor a actualizar

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$B_k / A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

$$A'_{ij} = A_{ij} - \frac{A_{ipj} * A_{ijp}}{A_{ipjp}}$$

Valor de la columna pivote  
 Valor pivote  
 Valor a actualizar



# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	-0.5
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

$$A'_{ij} = A_{ij} - \frac{A_{ipj} * A_{ijp}}{A_{ipjp}}$$

Valor de la columna pivote  
 Valor pivote  
 Valor a actualizar

# Actualización (#1)

Tabla iteración 0

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

Valor de la columna pivote

$$(Z_j - C_j)' = (Z_j - C_j) - \frac{A_{ipj} * (Z_{jp} - C_{jp})}{A_{ipjp}}$$

Valor a actualizar

Valor pivote

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$B_k / A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

Valor de la columna pivote

$$(Z_j - C_j)' = (Z_j - C_j) - \frac{A_{ipj} * (Z_{jp} - C_{jp})}{A_{ipjp}}$$

Valor a actualizar

Valor pivote

# Actualización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	
			-0.5	0	0	1.5	

Actualizar valores del resto de las filas:

Valor de la fila pivote

Valor de la columna pivote

$$(Z_j - C_j)' = (Z_j - C_j) - \frac{A_{ipj} * (Z_{jp} - C_{jp})}{A_{ipjp}}$$

Valor a actualizar

Valor pivote

# Actualización (#1)

Tabla iteración 0

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	160	2	1	1	0	
0	$X_4$	180	1	2	0	1	
0	$Z_j - C_j$		-2	-3	0	0	

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
Z	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

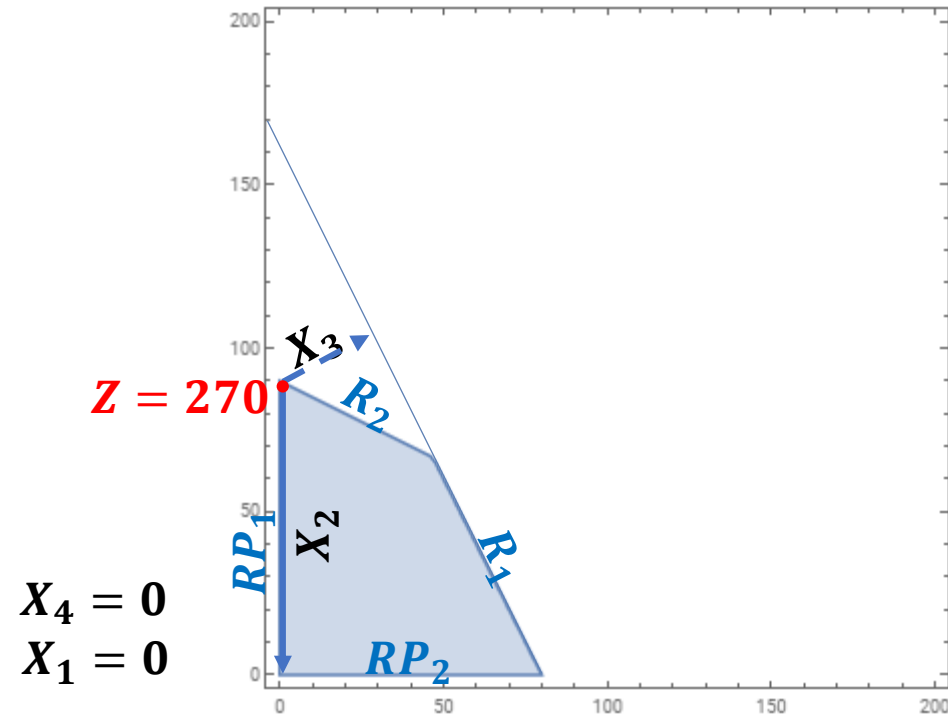
# Optimización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
<b>270</b>	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

$$Z = 0 * 70 + 3 * 90 = 270$$

¡Hay valores negativos, puede mejorar!

# Representación gráfica (#1)





# Optimización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$ $/A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

$X_1$  Columna pivote, entra a la base

# Optimización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

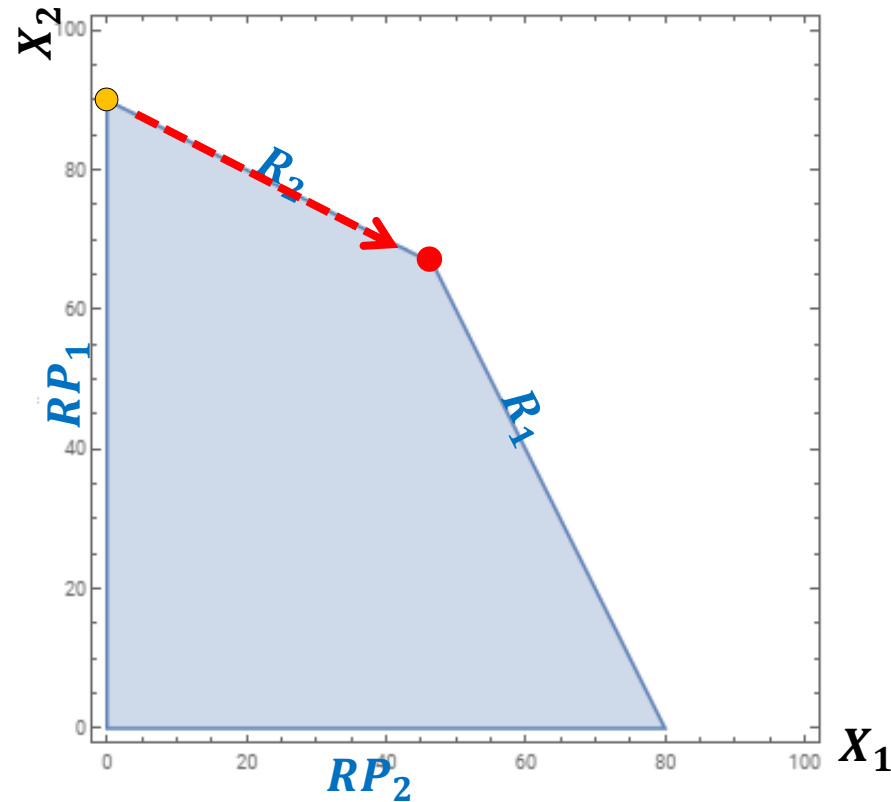
Calculamos  $B_k / A_{ij}$

# Optimización (#1)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$B_k / A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

El menor positivo  $B_k / A_{ij}$  es el saliente,  $X_3$ . Entra  $X_1$

# Representación gráfica (#1 a #2)



# Optimización (#1 a #2)

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

Tabla iteración 2

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
2	$X_1$						
3	$X_2$						
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#2)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

Actualizamos la fila pivote

$$B'_{kp} = B_{kp} / A_{ipjp}$$

$$A'_{ipj} = A_{ipj} / A_{ipjp}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Valores de la fila pivote    Valor pivote

# Actualización (#2)

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

Tabla iteración 2

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
2	$X_1$	46.67	1	0	0.67	-0.33	
3	$X_2$						
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#2)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$	66.67	-0.5	0	0	1.5	

Actualizamos el resto de las filas:

$$B'_k = B_k - \frac{B_{kp} * A_{ijp}}{A_{ipjp}} \quad A'_{ij} = A_{ij} - \frac{A_{ipj} * A_{ijp}}{A_{ipjp}}$$

Valor de la fila pivote (points to  $B_{kp}$ )  
 Valor de la columna pivote (points to  $A_{ijp}$ )  
 Valor a actualizar (points to  $B_k$ )  
 Valor pivote (points to  $A_{ipjp}$ )



# Actualización (#2)

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

Tabla iteración 2

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
2	$X_1$	46.67	1	0	0.67	-0.33	
3	$X_2$	66.67	0	1	-0.33	0.67	
Z	$Z_j - C_j$						

# Actualización (#2)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

0      0      0.33      1.33

Actualizamos el resto de las filas:

$$(Z_j - C_j)' = (Z_j - C_j) - \frac{\text{Valor de la fila pivote} \times (Z_j - C_j)}{\text{Valor pivote}}$$

Valor a actualizar

# Actualización (#2)

Tabla iteración 1

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
0	$X_3$	70	1.5	0	1	-0.5	46.67
3	$X_2$	90	0.5	1	0	0.5	180.00
270	$Z_j - C_j$		-0.5	0	0	1.5	

Tabla iteración 2

$C_j$			2	3	0	0	$B_k$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$/A_{ij}$
2	$X_1$	46.67	1	0	0.67	-0.33	
3	$X_2$	66.67	0	1	-0.33	0.67	
Z	$Z_j - C_j$		0	0	0.33	1.33	

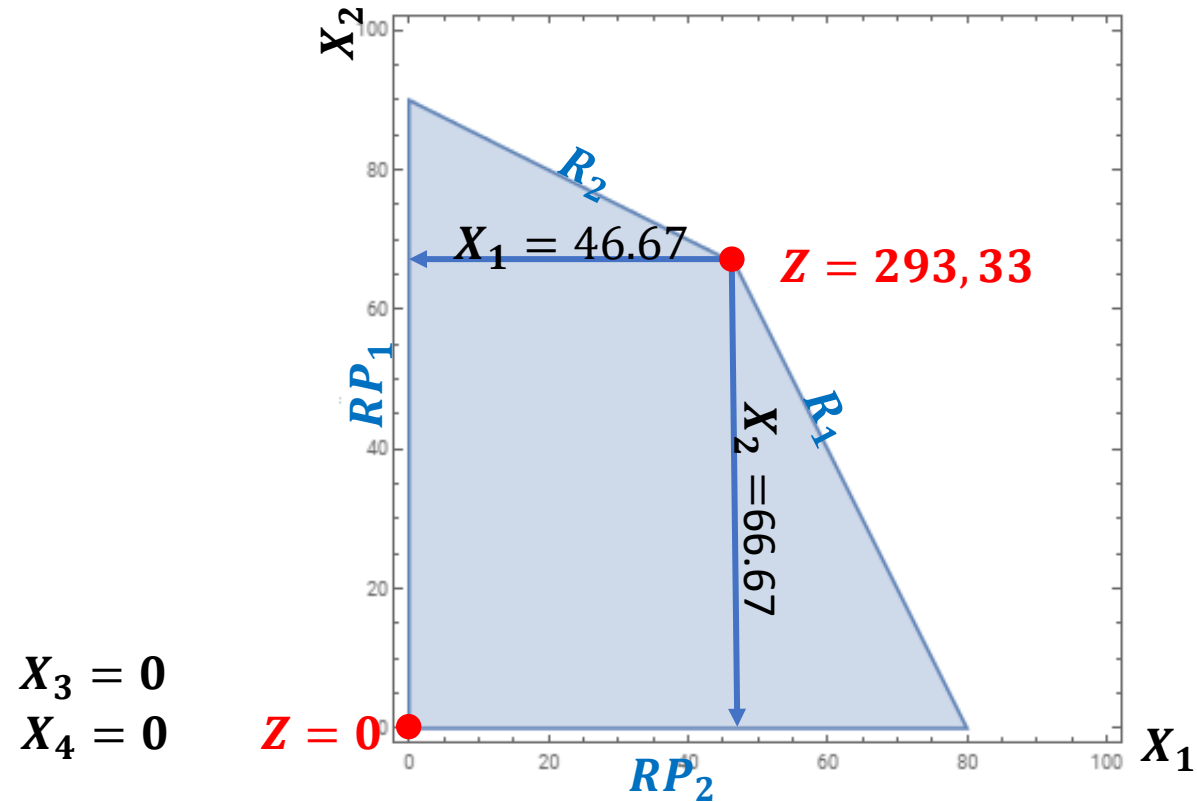
# Optimización (#2)

$C_j$			2	3	0	0	$B_k / A_{ij}$
$C_j$ Base	$X_j$ Base	$B_k$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
2	$X_1$	46.67	1	0	0.67	-0.33	
3	$X_2$	66.67	0	1	-0.33	0.67	
<b>293.33</b>	$Z_j - C_j$		0	0	0.33	1.33	

$$Z = 2 * 46.67 + 3 * 66.67 = \mathbf{293.33}$$

No hay valores negativos, las variables slack salieron de la base, ¡es el óptimo!

# Representación gráfica (#2)



# Conclusión

Dado el modelo formulado, bajo las suposiciones tomadas al principio:

Se logró maximizar la solución para cantidades de producto A y B de  $X_1^* = 46.67$  y  $X_2^* = 66.67$  respectivamente; con un ingreso máximo de  $Z^* = \$ 293.33$