TEMA 3.4. ALGORITMO SIMPLEX REVISADO + TÉCNICA DE LAS COTAS

3.4.1 Dado el siguiente modelo de programación lineal:

MAX Z = X1 + 3X2 - 2X3

s.a [R1] X2 - 2X3 ≤ 2

[R2] 2X1 + X2 + 2X3 ≤ 8

[R3] X1 + ½ X2 ≥ 2

[C1] 0 ≤ X1 ≤ 1

[C2] 0 ≤ X2 ≤ 3

[C3] 1 ≤ X3 ≤ 2

Obtener la **solución óptima** aplicando el algoritmo **simplex revisado con variables acotadas y el método de las 2 fases**. En cada iteración calcular los valores de los parámetros β, u_j, δ para justificar el cambio de solución. Indicar el valor de las variables y la función objetivo en la solución óptima.

3.4.2 Resolver el siguiente programa lineal aplicando el algoritmo del **Simplex con variables acotadas:**

MAX Z = 3x1 + x2

s.a: x1 + x2 ≥ 4

x1 + 2x2 ≤ 10

2x1 + x2 = 6

0 ≤ x1 ≤ 1

x2 ≥ 2

En cada iteración, calcular el valor de ß, uj y δ. Indicar claramente el valor de las variables decisión y de holgura en la solución óptima.

3.4.3 Resolver el siguiente programa lineal aplicando el algoritmo **Simplex con variables acotadas**:

Max 4 x1 + 5 x2

s.a: 2 x1 + 3 x2 ≤ 9;

2 x1 + x2 ≤ 9;

1 ≤ x1 ≤ 4;

0 ≤ x2 ≤ 1;

Soluciones Problemas Tema 3.4

3.4.1

En primer lugar, se transforma el modelo teniendo en cuenta la cota inferior definida sobre X3:

MAX $X1 + 3X2 - 2X3$	MAX $X1 + 3X2 - 2(1 + \ell3)$	MAX $-2 + X1 + 3X2 - 2\ell3$
$X2 - 2X3 \le 2$	$X2 - 2(1 + \ell3) \le 2$	$X2 - 2\ell3 \le 4$
$2X1 + X2 + 2X3 \le 8$	$2X1 + X2 + 2(1 + \ell3) \le 8$	$2X1 + X2 + 2\ell3 \le 6$
$X1 + 1/2\, X2 \ge 2$	$X1 + 1/2\, X2 \ge 2$	$X1 + 1/2\, X2 \ge 2$
$0 \le X1 \le 1$	$0 \le X1 \le 1$	$0 \le X1 \le 1$
$0 \le X2 \le 3$	$0 \le X2 \le 3$	$0 \le X2 \le 3$
$1 \le X3 \le 2;\ X3 \ge 1 \rightarrow X3 = 1+\ell3$	$0 \le \ell3 \le 1$	$0 \le \ell3 \le 1$

Dado que el modelo incluye restricciones de tipo ≥ para poder obtener la Solución Básica inicial factible es necesario definir variables artificiales. Al definir dichas variables se obtiene el siguiente **MODELO AMPLIADO** expresado en forma estándar:

MODELO AMPLIADO (forma Estándar)

$$\text{MAX } -2 + X1 + 3X2 - 2\ell3$$

$$X2 - 2\ell3 + S1 = 4$$
$$2X1 + X2 + 2\ell3 + S2 = 6$$
$$X1 + 1/2\, X2 - S3 + A3 = 2$$

$$0 \le X1 \le 1$$
$$0 \le X2 \le 3$$
$$0 \le \ell3 \le 1$$

- Para resolver el modelo ampliado aplicaremos el Método de las 2 Fases.
- Además, deberemos tener en cuenta las cotas superiores definidas sobre X1, X2 y $\ell3$:

$$\mathbf{X1 = 1 - uX1\ ;\ uX1 \le 1}$$
$$\mathbf{X2 = 3 - uX2\ ;\ uX2 \le 3}$$
$$\mathbf{\ell3 = 1 - u\ell3;\ u\ell3 \le 1}$$

En cada una de las cotas superiores existentes las correspondientes variables auxiliares están acotadas superiormente por lo que trabajaremos con una u otra variable de cada una de las expresiones anteriores según que X1, X2 o $\ell3$ estén o no en su cota superior.

FASE 1: MIN A3

SB0:

VARIABLES = (X1, X2, ℓ3, S1, S2, S3, A3)

v.básicas	B^{-1}			x_B
S1	1	0	0	4
S2	0	1	0	6
A3	0	0	1	2
$c_B^t\, B^{-1}$	0	0	1	Z=2

Cx1-Zx1 = -1
Cx2-Zx2 = -1/2
Cℓ3-Zℓ3 = 0
Cs3-Zs3 = 1

La variable que entre en la base (**JE**) es **X1**

Calculamos el vector $y_{\mathbf{x1}}$:

$$y_{\mathbf{x1}} = B^{-1}a_{\mathbf{x1}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Como X1 está acotada superiormente calculamos β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

β= min (bi/α^{+}_{iJE})= 2 uj= 1 δ no existe ya que ninguna de las var. básicas tienen cota superior

θj = min (β, uj, δ) = 1 (uj)

Es decir, antes de que ninguna variable básica se haga 0, la variable X1 alcanza su cota superior.

El cambio de solución implica no cambiar de base y pasar a trabajar con un modelo en el que $X1=1-\bar{u}_{X1}$ y u_{X1} es variable no básica:

<u>MODELO SOLUCIÓN BÁSICA 1</u>

$$MAX\ -2+(1-\bar{u}_{X1})+3X2-2\ell 3$$

$$X2-2\ell 3+S1=4$$
$$2(1-\bar{u}_{X1})+X2+2\ell 3+S2=6$$
$$(1-\bar{u}_{X1})+1/2\,X2-S3+A3=2$$

SB 1:

VARIABLES = ($\bar{u}_{X1}$, X2, $\ell 3$, S1, S2, S3, A3)

v.básicas	B^{-1}			x_B
S1	1	0	0	4
S2	0	1	0	4
A3	0	0	1	1
$c_B^t B^{-1}$	0	0	1	Z=1

$C_{\bar{u}X1}-Z_{\bar{u}X1}=1$
$Cx2-Zx2=-1/2$
$C\ell 3-Z\ell 3=0$
$Cs3-Zs3=1$

Por tanto, **JE: X2**

Calculamos el vector y_{x2}:

$$y_{x2}=B^{-1}a_{x2}=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}-2\\1\\1/2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1\\1\\1/2\end{pmatrix}$$

Como X2 está acotada superiormente calculamos β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

$\beta=\min(bi/\alpha^{+}_{iJE})=2$ uj= 3 δ no existe ya que ninguna de las var. básicas tienen cota superior

θj = min (β, uj, δ) = 2 (β)

por tanto se produce un cambio de base cuando entra X2 y la variable A3 alcanza el valor 0.

La variable con menor ratio ($X_b/y_{x2,i}^{+}$) es A3, por lo que la variable que sale de la base (**IS**) es **A3**

La nueva solución básica es:

SB2:

VARIABLES = (u_{X1}, X2, $\ell 3$, S1, S2, S3, A3)

v.básicas	B^{-1}			x_B
S1	1	0	-2	2
S2	0	1	-2	2
X2	0	0	2	2
$c_B^t\, B^{-1}$	0	0	0	Z=0

Esta es la **solución óptima de la FASE 1**. Pasamos por tanto a la FASE 2 del método.

FASE 2: MAX -2 + (1 - u_{X1}) + 3x2 -2 $\ell 3$

La tabla del simplex actualizada con la actual función objetivo es:

VARIABLES = (u_{X1}, X2, $\ell 3$, S1, S2, S3)

v.básicas	B^{-1}			x_B
S1	1	0	-2	2
S2	0	1	-2	2
X2	0	0	2	2
$c_B^t\, B^{-1}$	0	0	6	Z=5

$C_{u_{X1}} - Z_{u_{X1}} = 5$

$C_{\ell 3} - Z_{\ell 3} = -2$

$C_{s3} - Z_{s3} = 6$

La solución actual todavía **no** es solución óptima y se elige **JE: S3**.

Calculamos el vector y_{S3}:

$$y_{S3} = B^{-1} a_{S3} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ -2 \end{pmatrix}$$

y calculamos los parámetros β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

β= min (b_i/α^{+}_{iJE})= 1
uj no existe ya que S3 no está acotada superiormente
δ=min ((bi-cota superior Xi)/ α^{-}_{iJE})= (2 – 3) / -2 = 1/2

θj = min (β, uj, δ) = 1/2 (δ)

por tanto, se trata de un cambio de base porque la variable básica X2 alcanza su cota superior:

JE: S3 y IS: X2.

Trabajamos con un modelo en el que $X2=3-u_{X2}$ y en la nueva solución u_{X2} es variable no básica:

MODELO SOLUCIÓN BÁSICA 3

$$\text{MAX} \quad -2+1-u_{X1}+3(3-u_{X2})-2\ell 3$$

$$(3-u_{X2})-2\ell 3+S1=4$$

$$-2u_{X1}+(3-u_{X2})+2\ell 3+S2=4$$

$$-u_{X1}+1/2(3-u_{X2})-S3+A3=1$$

La nueva solución es la de la siguiente tabla:

SB3:

VARIABLES = (u_{X1}, u_{X2}, $\ell 3$, S1, S2, S3)

v.básicas	B^{-1}			x_B
S1	1	0	0	1
S2	0	1	0	1
S3	0	0	-1	1/2
$c_B^t B^{-1}$	0	0	0	Z=8

$$\mathbf{C_{u_{X1}}-Z_{u_{X1}}=-1}$$
$$\mathbf{C_{u_{X2}}-Z_{u_{X2}}=-3}$$
$$\mathbf{C_{\ell 3}-Z_{\ell 3}=-2}$$

Como Cj – Zj <= 0 para todo j, la solución actual es **SOLUCIÓN OPTIMA**.

Deshacemos los cambios de variables para conocer el valor de las variables del modelo original. El valor de las variables decisión y el de la función objetivo son los siguientes:

$X1=1-u_{X1}=1$
$X2=3-u_{X2}=3$
$X3=1+\ell 3=1$
FUNCIÓN OBJETIVO: 8

3.4.2

En primer lugar, se transforma el modelo teniendo en cuenta la cota inferior definida sobre X2:

MAX $3X1 + X2$		MAX $3X1 + 2 + l_2$		MAX $2 + 3X1 + l_2$
$X1 + X2 \geq 4$		$X1 + 2 + l_2 \geq 4$		$X1 + l_2 \geq 2$
$X1 + 2X2 \leq 10$	$\rightarrow$	$X1 + 2\,(2+l_2) \leq 10$	$\rightarrow$	$X1 + 2l_2 \leq 6$
$2X1 + X2 = 6$		$2X1 + 2 + L_2 = 6$		$2X1 + L_2 = 4$
$0 \leq X1 \leq 1$		$0 \leq X1 \leq 1$		$0 \leq X1 \leq 1$
$X2 \geq 2 \rightarrow X2 = 2 + l_2$		$l_2 \geq 0$		$l_2 \geq 0$

Dado que el modelo incluye restricciones de tipo ≥ y = , para poder obtener la Solución Básica inicial factible es necesario definir variables artificiales. Al definir dichas variables se obtiene el siguiente MODELO AMPLIADO expresado en forma estándar:

<u>MODELO AMPLIADO (forma Estándar)</u>

MAX $2 + 3X1 + l_2$

$X1 + l_2 - X3 + Xa = 2$

$X1 + 2\,l_2 + X4 = 6$

$2X1 + l_2 + Xb = 4$

$0 \leq X1 \leq 1$

$l_2 \geq 0$

- Para resolver el modelo ampliado aplicaremos el Método de las 2 Fases.
- Además deberemos tener en cuenta la cota superior definida sobre X1. Para ello se define la variable X1´ como:

$X1 + u_1 = 1$

a su vez $\mathbf{u}_1 \leq 1$, por lo que trabajaremos con ambas variables utilizando una u otra según que X1 esté o no en su cota superior.

SOLUCIÓN BASICA INICIAL

Tabla SB0
(Variables: x1, l2, x3, x4, Xa,Xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B
xa	1	0	0	2
x4	0	1	0	6
xb	0	0	1	4
$c_B^t\, B^{-1}$	1	0	1	Z = 6

$z_j = c^t_B\, y_j = (c^t_B\, B^{-1})\, a_j$

$z_{x1} = c^t_B\, y_{x1} = (c^t_B\, B^{-1})\, a_{x1} = (1,0,1) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} = 3;$ $\mathbf{c_{x1} - z_{x1} = -3}$

$z_{l2} = c^t_B\, y_{Y2} = (c^t_B\, B^{-1})\, a_{l2} = (1,0,1) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = 2;$ $c_{Y2} - z_{Y2} = -2$

$z_{x3} = c^t_B\, y_{x3} = (c^t_B\, B^{-1})\, a_{x3} = (1,0,1) \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = -1;$ $c_{x3} - z_{x3} = 1$

JE: X1

$$y_{x1} = B^{-1}\, a_{x1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Tabla SB0
(Variables: x1, l2, x3, x4, Xa,Xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B	y_{x1}	$\frac{x_B}{y_{x1}}$
xa	1	0	0	2	1	2
x4	0	1	0	6	1	6
xb	0	0	1	4	2	2
$c_B^t\, B^{-1}$	1	0	1	Z = 6		

Como X1 está acotada superiormente calculamos β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

$\beta = \min\left(bi/\alpha_{i,j}^{+} \right) = 2$
uj= 1
δ no existe ya que ninguna de las var. Básicas tienen cota superior

θj = min (β, uj, δ) = uj

- No hay cambio de variables básicas
- Recalcular el valor de las variables y de la función objetivo. Pasamos a trabajar con un modelo en el que aparece $\mathbf{u_1}$ en lugar de X1.

$$\mathbf{X_B = B^{-1}\, b =} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{Z} = c^t_B\, X_B = 3$

Tabla SB1
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B
xa	1	0	0	1
x4	0	1	0	5
xb	0	0	1	2
$c_B^t\, B^{-1}$	1	0	1	Z = 3

$z_{x1'} = (1,0,1) \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix} = -3;$ $\qquad c_{x1} - z_{x1} = 3$

$z_{l2} = 2;$ $\mathbf{c_{l2} - z_{l2} = -2}$

$z_{x3} = -1;$ $\qquad c_{x3} - z_{x3} = 1$

JE: L2

$$Y_{l2} = B^{-1}\, a_{l2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Tabla SB_1
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B	Y_{l2}	$\frac{x_B}{y_{y2}}$
xa	1	0	0	1	1	1
x4	0	1	0	5	2	5/2
xb	0	0	1	2	1	2
$c_B^t B^{-1}$	1	0	1	Z = 3		

- Calculamos β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

$\beta = \min (b_i/\alpha_{i,j}^{+}) = 1$
Uj no existe
δ no existe ya que ninguna de las var. Básicas tienen cota superior

➔ Cambio de base por Beta

IS: xa

Tabla SB_2
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B
l_2	1	0	0	1
x4	-2	1	0	3
Xb	-1	0	1	1
$c_B^t B^{-1}$	-1	0	1	Z = 1

$$z_{u1} = (-1,0,1)\begin{pmatrix}-1\\-1\\-2\end{pmatrix} = -1; \qquad c_{u1} - z_{u1} = 1$$

$$z_{x3} = (-1,0,1)\begin{pmatrix}-1\\0\\0\end{pmatrix} = 1; \qquad \mathbf{c_{x3} - z_{x3} = -1}$$

JE: x3

$$Y_{x3} = B^{-1}\, a_{x3} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -2 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Tabla SB2
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B	Y_{x3}	$\frac{x_B}{y_{x3}}$
l_2	1	0	0	1	-1	
x4	-2	1	0	3	2	3/2
Xb	-1	0	1	1	1	1
$c_B^t\, B^{-1}$	-1	0	1	Z = 1		

Calculamos β, uj y δ para saber qué tipo de cambio de base se produce.

$\beta = \min (b_i/\alpha_{i,j}^{+}) = 1$
Uj no existe
δ no existe ya que ninguna de las var. Básicas tienen cota superior

Cambio de base por Beta

IS: xb

La nueva solución Básica es:

Tabla SB3
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B
l_2	0	0	1	2
x4	0	1	-2	1
x3	-1	0	1	1
$c_B^t\, B^{-1}$	0	0	0	Z = 0

SOLUCIÓN ÓPTIMA FASE 1

FASE 2: MAX 2 + 3X1 + l_2

- Recalcular el valor de $c_B^t\ B^{-1}$
- Recalcular el valor de la función objetivo

$$c^t_B\ B^{-1} = (1,0,0)\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$\mathbf{Z} = 2 + 3 + c^t_B\ x_B = \mathbf{7}$

Fase 2: Tabla SB_3
(Variables: u_1, l_2, x3, x4, xa, xb)

v.básicas	B^{-1}			x_B
l_2	0	0	1	2
x4	0	1	-2	1
x3	-1	0	1	1
$c_B^t\ B^{-1}$	0	0	1	Z = 7

$z_{u1} = (0,0,1)\begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix} = -2;$ $\quad \mathbf{c_{u1} - z_{u1}} = -3+2 = \mathbf{-1}$

por tanto la solución actual es SOLUCIÓN ÓPTIMA.

El valor de las variables decisión y de la función objetivo es:

x1=1- u_1 → x1 = 1; x2 = 2 + l_2 = 2 + 2 = 4
FUNCIÓN OBJETIVO Z = 7

3.4.3

$$\begin{aligned} &\text{Max } 4\,x1 + 5\,x2 \\ &\text{s.a:}\quad 2\,x1 + 3\,x2 \le 9; \\ &\qquad\quad 2\,x1 + x2 \le 9; \\ &\qquad\quad 1 \le x1 \le 4; \\ &\qquad\quad 0 \le x2 \le 1; \end{aligned}$$

TÉCNICA COTA INFERIOR:

$x1 = 1 + \ell x1$

$$\begin{aligned} &\text{Max } 4\,(1 + \ell x1) + 5\,x2 \\ &\text{s.a:}\quad 2\,(1 + \ell x1) + 3\,x2 \le 9; \\ &\qquad\quad 2\,(1 + \ell x1) + x2 \le 9; \\ &\qquad\quad \ell x1 \le 3; \\ &\qquad\quad 0 \le x2 \le 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Max } 4 + 4\,\ell x1 + 5\,x2 \\ &\text{s.a:}\quad 2\,\ell x1 + 3\,x2 \le 7; \\ &\qquad\quad 2\,\ell x1 + x2 \le 7; \\ &\qquad\quad \ell x1 \le 3; \\ &\qquad\quad 0 \le x2 \le 1; \end{aligned}$$

TÉCNICA COTA SUPERIOR:

$\ell x1 \le 3 \rightarrow \ell x1 = 3 - \mathcal{U}_{\ell x1};\ \mathcal{U}_{\ell x1} \le 3$

$x2 \le 1 \rightarrow x2 = 1 - \mathcal{U}_{x2};\ \mathcal{U}_{x2} \le 1$

MODELO AMPLIADO:

Max 4 + 4 $\ell x1$ + 5 x2
s.a: 2 $\ell x1$ + 3 x2 + h1 = 7;
2 $\ell x1$ + x2 + h2 = 7;

Tabla SBF0:

Modelo ($\ell x1$, x2, h1, h2)

v.básicas	B_inversa		XB	Yx2	XB/Yx
h1	1	0	7	3	7/3
h2	0	1	7	1	7
CtBBinv	0	0	Z=4		

*Variables no básicas: $\ell x1$, x2

C$\ell x1$ - Z$\ell x1$ = 4

Cx2 – Zx2 = 5 ← JE

Beta: 7/3
Ux2: 1
Delta: Infinito
Mínimo: Ux2 (SI cambio de modelo, NO cambio de base)
(x2 alcanza su cota)

Max 4 + 4 $\ell x1$ + 5 (1 – $u x2$)
s.a: 2$\ell x1$ + 3 (1 – $u x2$) + h1 = 7;
2$\ell x1$ + (1 – $u x2$) + h2 = 7;

Max 9 + 4 $\ell x1$ - 5 $u x2$
s.a: 2 $\ell x1$ - 3 $u x2$ + h1 = 4;
2 $\ell x1$ - $u x2$ + h2 = 6;

Tabla SBF1:

Modelo (𝓁X1, 𝒰x2, h1, h2)

v.básicas	B_inversa		XB	Y𝓁X1	XB/Yx
h1	1	0	4	2	2
h2	0	1	6	2	3
CtBBinv	0	0	Z=9		

*Variables no básicas: 𝓁X1, 𝒰x2

C𝓁X1 - Z𝓁X1 = 4 **← JE**

C𝒰x2 – Z𝒰x2 = -5

Beta: 2

U𝓁X1: 3

Delta: Infinito

Mínimo: Beta (NO cambio de modelo, SI cambio de base)

IS = h1

Tabla SBF2:

Modelo (𝓁X1, 𝒰x2, h1, h2)

v.básicas	B_inversa		XB	Y𝒰x2	XB/Yx
𝓁X1	1/2	0	2	-3/2	-
h2	-1	1	2	2	1
CtBBinv	2	0	Z=17		

*Variables no básicas: h1, 𝒰X2

Ch1 – **Zh1 = -2**

C𝒰x2 – Z𝒰x2 = 1 **← JE**

Beta: 1

U𝒰x2: 1

Delta: 2/3

Mínimo: Beta (SI cambio de modelo, SI cambio de base)

(ℓx_1 alcanza su cota)

$$\text{Max } 9 + 4\,(3 - u\ell x_1) - 5\,u x_2$$

$$\text{s.a:}\quad 2\,(3 - u\ell x_1) - 3\,u x_2 + h_1 = 4;$$

$$2\,(3 - u\ell x_1) - u x_2 + h_2 = 6;$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Max } 21 - 4\,u\ell x_1 - 5\,u x_2 \\ \text{s.a:}\quad -2\,u\ell x_1 - 3\,u x_2 + h_1 = -2; \\ \qquad\quad -2\,u\ell x_1 - u x_2 + h_2 = 0; \end{array}}$$

Tabla SBF3:

Modelo ($u\ell x_1$, $u x_2$, h1, h2)

v.básicas	B inversa		XB
$u x_2$	-1/3	0	2/3
h2	-1/3	1	2/3
CtBBinv	5/3	0	Z=53/3

*Variables no básicas: $u\ell x_1$, h1

$c u\ell x_1 - z\, u\ell x_1 = -2/3$

Ch1 – **Zh1 = -5/3**

SOLUCIÓN ÓPTIMA ENCONTRADA

Deshacemos los cambios:

$$x_1 = 1 + \ell x_1 = 1 + (3 - u\ell x_1) = 1 + (3 - 0) = \mathbf{4}$$

$$x_2 = 1 - u x_2 = 1 - 2/3 = \mathbf{1/3}$$

$$Z^* = 53/3$$