



NOM ALUMNE:

	Temps estimat	Punts	Correcció	Material
Apartat a)	15min	2.5 pt		Tot el material usat a laboratori
Apartat b)	15min	2.5 pt		
Apartat c)	30min	2.5 pt		
Apartat d)	30min	2.5 pt		

EXERCICI 1. (Pengeu els fitxers .sas de l'apartat a), b) i d) al campus digital:

Considereu el següent cas del problema Coalco estudiat a classe:

Cost de transport (€/Tm)	Client 1	Client 2	Cost de producció (€/Tm)	Capacitat mensual mina (Tm)	Contingut en cendra	Contingut en sulfur	Contingut en nitrats
Mina 1	4	6	10	200	10%	4%	1%
Mina 2	9	6	55	100	5%	9%	0.7%
Mina 3	1	2	80	80	3%	2%	0.5%
Demanda mes (Tm)	150	110	Contingut maxims:		7%	8%	0.9%

Taula 1: Coalco (2) a)

- a) (2.5 pts) Resoleu aquest problema amb OPTMODEL i indiqueu:
- El valor òptim de les tones transportades de cada mina a cada client, i el cost total.
 - El conjunt B^* , N^* i el vector r^* de la forma estàndar del problema resolt.
- b) (2.5 pts) Supposeu ara que es vol modificar el model de la Taula 1 de forma que el contingut màxim de cada component del carbó depengui del clients segons les dades següents:

Client	Contingut màxim cendra	Contingut maxims sulfur	Contingut maxims nitrats
1	8%	5%	1%
2	6%	7%	0.7%

Taula 2: Coalco(2) b

Obtingueu el valor òptim de les tones transportades de cada mina a cada client, i el cost total amb OPTMODEL. És profitós per l'empresa Coalco el canvi introduït?

Tornem al problema de la Taula 1. L'extracció de carbó a cadascuna de les tres mines passa per tres operacions bàsiques: arranc, càrrega i transport. Les hores de cadascuna de les operacions necessàries per extreure una tona de carbó a les diferents mines i el total d'hores de cada operació de que disposa Coalco són:

h/Tm	Operació		
	Arranc	Càrrega	Transport
Mina 1	10	11	8
Mina 2	10	13	6
Mina 3	25	20	16
Total disponible mes (h)	3.300	3.600	2.200

Taula 3: Coalco(2) c

- c) (2.5 pts) Obtingueu la formulació matemàtica totalment parametritzada de les constriccions que cal afegir al model de l'apartat a) per tal d'assegurar que l'extracció de carbó a les tres mines no supera el total d'hores de que disposa Coalco per extracció, càrrega i transport.
- d) (2.5 pts) Incorporeu les constriccions formulades a l'apartat anterior al codi OPTMODEL de l'apartat a) i trobeu el valor òptim de les tones transportades de cada mina a cada client, i el cost total amb OPTMODEL.



SOLUCIÓ EXERCICI 1.

- a) Els únics canvis entre el model Coalco i Coalco(2) a) afecten al valor dels paràmetres. Això vol dir que tant el model matemàtic com el codi codi OPTMODEL són els mateixos. Només cal canviar el valor numèric d'alguns paràmetres:

Paràmetres fitxer Coalco(2)_a.sas

```
set <string> C ={'cendra', 'sulfur', 'nitrats'};
number nM = 3;
number nC = 2;
number t{ 1..nM , 1..nC } = [4 6
                             9 6
                             1 2];
number p{ 1..nM } = [ 10 55 80];
number b{ 1..nM } = [ 200 100 80];
number al{ 1..nM , C } = [ 0.10 0.04 0.01
                          0.05 0.09 0.007
                          0.03 0.02 0.005];
number almax{ C } = [ 0.07 0.08 0.009];
number d{ 1..nC } = [150 110];
```

Resultats:

Solution Summary

Solver	Dual Simplex
Objective Function	Cost_total
Solution Status	Optimal
Objective Value	11137.142857
Iterations	4

Primal Infeasibility	1.561251E-17
Dual Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0

[1]	[2]	X.LB	X.SOL	X.RC	X.STATUS
1	1	0	85.714	-0.0000	B
1	2	0	44.000	0.0000	B
2	1	0	0.000	2.1429	L
2	2	0	66.000	-0.0000	B
3	1	0	64.286	-0.0000	B
3	2	0	0.000	3.0000	L

	Capacitat.	Capacitat.	Capacitat.	Capacitat.	Capacitat.
[1]	LB	BODY	UB	DUAL	STATUS
1	-1.7977E308	129.714	200	0	B
2	-1.7977E308	66.000	100	0	B
3	-1.7977E308	64.286	80	0	B

	Demanda.	Demanda.	Demanda.	Demanda.	Demanda.
[1]	LB	BODY	UB	DUAL	STATUS
1	150	150	1.79769E308	42.714	U
2	110	110	1.79769E308	43.000	U

[1]	[2]	Contingut.	Contingut.	Contingut.	Contingut.	Contingut.
		LB	BODY	UB	DUAL	STATUS
1	cendra	-1.7977E308	0.00000	0	-957.14	L
1	nitrats	-1.7977E308	-0.17143	0	0.00	B
1	sulfur	-1.7977E308	-7.28571	0	0.00	B
2	cendra	-1.7977E308	-0.00000	0	-900.00	L
2	nitrats	-1.7977E308	-0.08800	0	0.00	B
2	sulfur	-1.7977E308	-1.10000	0	0.00	B

Informació sobre la solució:

- $B^*: x_{11}, x_{12}, x_{22}, x_{31}$, folgues cons. Capacitat, folgues Contingut[1,nitrats], Contingut[1,sulfur], Contingut[2,nitrats], Contingut[2,sulfur].
- $\begin{cases} \mathcal{N}^*: & x_{21} & x_{32} & x_{\text{Demanda}[1]} & \text{Demanda}[2] & \text{Contingut}[1,\text{cendra}] & \text{Contingut}[2,\text{nitrats}] \\ r^{*'} = & [2.1429 & 3.0 & 42.714 & 43.0 & 957.14 & 900.0] \end{cases}$

b) En aquest cas només cal modificar el paràmetre $\bar{\alpha}$ (**almax**) per fer que depengui tant de la component com del client (fitxer Coalco(2)_b.sas):

Modificació dels paràmetres:						
Per a cada client $j = 1 \dots n^C$ contingut màxim component $k \in C$ carbó mescla (Tm/Tm mescla):		$\bar{\alpha}_{jk}, j = 1 \dots n^C, k \in C$ $\bar{\alpha} = \begin{bmatrix} 0.08 & 0.05 & 0.01 \\ 0.06 & 0.07 & 0.007 \end{bmatrix}$		<code>number almax{ 1..nC, C } =[0.08 0.05 0.01 0.06 0.07 0.007];</code>		
Modificació del model de programació lineal						
Continguts màxims:		$\sum_{i=1}^{n^M} (\alpha_{ik} - \bar{\alpha}_{jk}) x_{ij} \leq 0$ $k \in C, j = 1, \dots, n^C$		<code>con Contingut { j in 1..nC, k in C } : sum{ i in 1..nM } (al[i,k]-almax[j,k])*X[i,j] <= 0;</code>		
Solució:						
Solution Summary						
Solver		Dual Simplex				
Objective Function		Cost_total				
Solution Status		Optimal				
Objective Value		11190				
Iterations		7				
Primal Infeasibility		4.422461E-16				
Dual Infeasibility		0				
Bound Infeasibility		0				
[1]	[2]	X.LB	X.SOL	X.RC	X.STATUS	
1	1	0	96.6667	-7.3238E-15	B	
1	2	0	42.2222	9.3675E-16	B	
2	1	0	36.6667	3.5009E-15	B	
2	2	0	4.4444	0.0000E+00	B	
3	1	0	16.6667	1.3787E-14	B	
3	2	0	63.3333	-6.2450E-16	B	

El cost total d'extracció i transport amb el canvi introduït és de $z^* = 11.190\text{€}$ mentre que cost sense el canvi era de $\approx 11.137\text{€}$. Veiem doncs com aquest canvi encareix els costos totals en 53€

c) i d) Cal modificar el model matemàtic i la implementació de la següent forma (fitxer Coalco(2)_a.sas):

Paràmetres:		
Conjunt d'operacions	$\mathcal{O} = \{\text{arranc}, \text{càrrega}, \text{transport}\}$	<code>set<string> O={ 'arranc', 'carrega', 'transport' };</code>
Hores necessàries per extreure una tona	$h_{ik}, i = 1, \dots, n^M, k \in \mathcal{O}$ $H = \begin{bmatrix} 10 & 11 & 8 \\ 10 & 13 & 6 \\ 25 & 20 & 16 \end{bmatrix}$	<code>number h{1..nM, O} = [10 11 8 10 13 6 25 20 16];</code>
Hores totals disponibles	$h_k^T, k \in \mathcal{O},'$ $h^T = [3300 \quad 3600 \quad 2200]$	<code>number hT{O} = [3300 3600 2200];</code>

Constriccions:

Hores total
operacions

$$\sum_{i=1}^{n^M} h_{ik} \sum_{j=1}^{n^C} x_{ij} \leq h_k^T, k \in \mathcal{O}$$

```
con Operacio{ k in O }:  
sum{ i in 1..nM }  
h[i,k]*sum{ j in 1..nC }x[i,j] <= hT[k];
```

Solució:

Solution Summary

Solver Dual Simplex
Objective Function Cost_total
Solution Status Optimal
Objective Value **11210**
Iterations 5

Primal Infeasibility 0
Dual Infeasibility 0
Bound Infeasibility 0

[1]	[2]	X.LB	X.SOL	X.RC	X.STATUS
1	1	0	76	0	B
1	2	0	44	0	B
2	1	0	34	0	B
2	2	0	66	0	B
3	1	0	40	0	B
3	2	0	0	6	L

[1]	Capacitat. LB	Capacitat. BODY	Capacitat. UB	Capacitat. DUAL	Capacitat. STATUS
1	-1.7977E308	120	200	0	B
2	-1.7977E308	100	100	0	B
3	-1.7977E308	40	80	0	B

[1]	Demanda. LB	Demanda. BODY	Demanda. UB	Demanda. DUAL	Demanda. STATUS
1	150	150	1.79769E308	45.889	U
2	110	110	1.79769E308	44.889	U

[1]	[2]	Contingut. LB	Contingut. BODY	Contingut. UB	Contingut. DUAL	Contingut. STATUS
1	cendra	-1.7977E308	-0.000	0	-988.89	L
1	nitrats	-1.7977E308	-0.152	0	0.00	B
1	sulfur	-1.7977E308	-5.100	0	0.00	B
2	cendra	-1.7977E308	-0.000	0	-888.89	L
2	nitrats	-1.7977E308	-0.088	0	0.00	B
2	sulfur	-1.7977E308	-1.100	0	0.00	B

[1]	Operacio. LB	Operacio. BODY	Operacio. UB	Operacio. DUAL	Operacio. STATUS
arranc	-1.7977E308	3200	3300	0.00000	B
carrega	-1.7977E308	3420	3600	0.00000	B
transport	-1.7977E308	2200	2200	-0.27778	L