

ANALISIS DE SENSIBILIDAD CON GAMS-CPLEX

La versión STUDENT de GAMS incorpora todos los solvers disponibles, aunque con las limitaciones relativas al número de variables y elementos. La inclusión de todos los solvers hace posible que pueda realizarse el análisis de sensibilidad en programación lineal, ya que hay dos solvers (CPLEX y OSL) que sí permiten realizarlo. En nuestro caso usaremos CPLEX, siguiendo los pasos siguiente:

Definición del solver.

Una vez instalado el programa GAMS, se pueden definir una serie de opciones, y de entre ellas merece destacar la elección de los solvers que, por defecto, usara GAMS. Así dentro de la opción **File** elegimos la característica **Options**, y nos aparece una cuadro de dialogo como el contenido en el gráfico 1. Dentro de él y en la posibilidad de elegir el solver para cada tipo de problema, dentro de la programación lineal LP, y de entre todos los posibles (marcados con •) seleccionamos (con doble click) el solver que deseamos y entonces cambia y parece una X en esa casilla.

También es posible omitir esta selección y definir dentro del fichero GMS el solver que deseamos. Esta selección dentro del fichero de entrada es conveniente cuando no podemos asegurar que instalación por defecto tiene el ordenador.

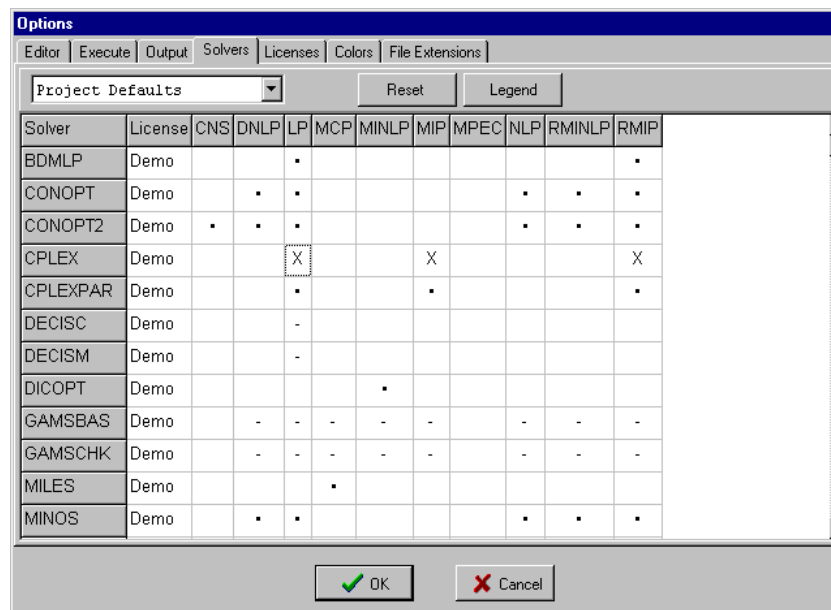


Gráfico 1

Análisis de Sensibilidad de los términos independientes o RHS.

Para poder explicar el análisis de sensibilidad con GAMS lo mejor es proceder con un ejemplo.

(Fuente: Decisiones de Optimización. Pág 301 y sig.)

10.2.- Un fabricante de muebles con la factoría y trabajadores que tiene actualmente puede producir comedores, dormitorios, librerías y mesas para oficina, de distintos modelos cada uno de ellos simplemente variando determinados tipos de molduras, y cambiando el color del pulimento.

La empresa está distribuida en tres secciones:

Sección de preparado con 25 trabajadores, donde se cortan y tornean las piezas de madera y se chapan las piezas que lo requieren.

Sección de manufacturado que cuenta con 18 operarios, donde se lijan, se ajustan y se montan todos los muebles para comprobar que todas las piezas encajan de forma adecuada.

Sección de pulimentado y calidad con 10 trabajadores, donde se pulimentan los muebles y se comprueba que no existe ningún defecto.

Todos los trabajadores de la empresa realizan una jornada laboral de ocho horas diarias.

El tiempo en horas/operario que requiere cada tipo de mueble viene dado por la siguiente tabla:

	Preparado	Manufacturado	Pulimento
Comedores (C)	8	6	4
Dormitorios (D)	6	3	2
Librerías (L)	4	2	2
Mesas (M)	2	1	2

El beneficio que obtiene la empresa por cada tipo de mueble es de 20.000 ptas, 14.000 ptas, 8.000 ptas y 4.000 ptas respectivamente.

Obtener la producción diaria a realizar de cada tipo de mueble.

Realizar el análisis de sensibilidad de la solución.

Solución:

El planteamiento matemático del problema y su solución se han obtenido en el capítulo 9 y son:

$$\text{Max } F(x) = 20000 C + 14000 D + 8000 L + 4000 M$$

$$\text{s.a: } 8 C + 6 D + 4 L + 2 M \leq 200$$

$$6 C + 3 D + 2 L + 1 M \leq 144$$

$$4 C + 2 D + 2 L + 2 M \leq 80$$

$$C \geq 0, D \geq 0, L \geq 0, M \geq 0$$

La tabla del simplex seria:

		20000	14000	8000	4000	0	0	0	
		C	D	L	M	S1	S2	S3	
14000	D	0	1	0	-1	1/2	0	-1	20
0	S2	0	0	-1	-2	0	1	-3/2	24
20000	C	1	0	1/2	1	-1/4	0	3/4	10
	W_j	0	0	-2000	-2000	-2000	0	-1000	480000

Al a resolver con GAMS, se genera un fichero GMS como el siguiente:

```
* PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL
* ANALISIS DE SENSIBILIDAD
VARIABLES
F;
POSITIVE VARIABLES
C, D, L, M;
EQUATIONS
OBJ, PREP, MAN, PUL;
OBJ..    F =E= 20000*C + 14000*D + 8000*L + 4000*M;
PREP..   8*C + 6*D + 4*L + 2*M =L= 200;
MAN..   6*C + 3*D + 2*L + M =L= 144;
PUL..   4*C + 2*D + 2*L + 2*M =L= 80;
MODEL MUEBLES /ALL/;
OPTION LP = CPLEX;
MUEBLES.DICTFILE = 4;
MUEBLES.OPTFILE =1;
SOLVE MUEBLES USING LP MAXIMIZING F;
```

La variación respecto de un fichero usual de GAMS es la inclusión de una serie de opciones sobre el solver (CPLEX con **OPTION LP = CPLEX;**), y crear un fichero de opciones (**MUEBLES.OPTFILE = 1;**), y que se use un fichero DCIT (**MUEBLES.DICTFILE = 4;**) para guardar los nombres y la solución en el LST.

El fichero de opciones debe ser *<nombre solver>.OPT* (en este caso seria: **CPLEX.OPT**) es

```
objrng all
rhsrng all
```

En el fichero se ha escrito: **objrng all** y **rhsrng all** que significa que queremos el análisis del rango de los coeficientes de la función objetivo y de los términos independientes.

Al ejecutar el fichero, obtenemos la solución siguiente:

S O L V E S U M M A R Y

MODEL MUEBLES OBJECTIVE F
 TYPE LP DIRECTION MAXIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 17

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
 **** OBJECTIVE VALUE 480000.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.330 1000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 2 10000

User supplied options:

objrng all; rhsrng all

Optimal solution found. Objective : 480000.000000

EQUATION NAME	LOWER	CURRENT	UPPER
-----	-----	-----	-----
OBJ	-INF	0	+INF
PREP	160	200	240
MAN	120	144	+INF
PUL	66.67	80	96

VARIABLE NAME	LOWER	CURRENT	UPPER
-----	-----	-----	-----
F	4.441e-016	1	+INF
C	-1333	0	8000
D	-4000	0	1000
L	-INF	0	2000
M	-INF	0	2000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU OBJ	.	.	.	1.000
---- EQU PREP	-INF	200.000	200.000	2000.000
---- EQU MAN	-INF	120.000	144.000	.
---- EQU PUL	-INF	80.000	80.000	1000.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR F	-INF	4.8000E+5	+INF	.
---- VAR C	.	10.000	+INF	.
---- VAR D	.	20.000	+INF	.
---- VAR L	.	.	+INF	-2000.000
---- VAR M	.	.	+INF	-2000.000

Del fichero anterior deducimos que la solución óptima es producir 10 comedores y 20 dormitorios. Con ello se obtiene un beneficio de 480.000 u.m.. Se agotan todas las horas disponibles de las secciones de Preparado y Pulimentado, mientras que sobran 24 horas en la de Manufactura.

Extrayendo la parte correspondiente al análisis de sensibilidad de los términos independientes, se tiene:

EQUATION NAME	LOWER	CURRENT	UPPER
-----	-----	-----	-----
OBJ	-INF	0	+INF
RESTRIC (PREPAR)	160	200	240
RESTRIC (MANUF)	120	144	+INF
RESTRIC (PULIM)	66.67	80	96

El cuadro anterior que recoge el análisis de sensibilidad de los términos independientes de las restricciones, nos muestra directamente los límites inferior y superior de esos valores para los cuales la solución actual (entendida como las variables básicas, no con su correspondiente valor) se mantiene como óptima, así podemos decir, que mientras el término independiente de la restricción:

- Preparado, está comprendido entre 160 y 240 horas
- Manufacturado, debe estar comprendido entre 120 e infinito
- Pulimentado, debe estar comprendido entre 66.67 y 96 horas

Por ejemplo, supongamos que en la sección de preparado hay tres trabajador de baja, con lo que las disponibilidades son ahora de 176 horas. Sin más que sustituir en el fichero anterior en la correspondiente restricción tenemos:

```
PREP.. 8*C + 6*D + 4*L + 2*M =L= 200;
```

La solución es ahora:

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR F	-INF	4.3200E+5	+INF	.
---- VAR C	.	16.000	+INF	.
---- VAR D	.	8.000	+INF	.
---- VAR L	.	.	+INF	-2000.000
---- VAR M	.	.	+INF	-2000.000

Análisis de Sensibilidad de los coeficientes de la función objetivo.

El análisis de coeficientes de la función objetivo, es ligeramente diferente, en cuanto a su interpretación, del que hemos visto con anterioridad. Así, tenemos:

VARIABLE NAME	LOWER	CURRENT	UPPER
-----	-----	-----	-----
X (COMEDOR)	-1333	0	8000
X (DORMIT)	-4000	0	1000
X (LIBRER)	-INF	0	2000
X (MESA)	-INF	0	2000
Z	4.441e-016	1	+INF

El cuadro anterior representa el decremento (LOWER) y el incremento (UPPER) admisible para los coeficientes originales que hacen que se mantenga la solución actual (entendida como las variables básicas). Sin más que sustituir en el cuadro anterior los valores originales, nos quedaría un cuadro similar al anterior como sigue:

VARIABLE NAME	LOWER	CURRENT	UPPER
-----	-----	-----	-----
X (COMEDOR)	18667	20000	28000
X (DORMIT)	10000	14000	15000
X (LIBRER)	-INF	8000	10000
X (MESA)	-INF	4000	6000

Lo que significa que la solución es óptima mientras los beneficios de los diferentes artículos este comprendido entre:

- COM, entre 18667 y 28000.
- DOR entre 10000 y 15000
- LIB entre 0 (o -INF) y 10000
- MESA entre 0 (o -INF) y 6000

Supongamos por ejemplo que debido a un incremento de la demanda de comedores, la empresa decide incrementar los precios de forma que el beneficio unitario pasa a ser de 26000 pesetas. La nueva solución será:

OBJ..	F =E= 26000*C + 14000*D + 8000*L + 4000*M;
-------	--

La solución es ahora:

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR F	-INF	5.4000E+5	+INF	.
---- VAR C	.	10.000	+INF	.
---- VAR D	.	20.000	+INF	.
---- VAR L	.	.	+INF	-5000.000
---- VAR M	.	.	+INF	-8000.000

El valor de las variables básicas es el mismo, pero si observamos el valor de los multiplicadores de las otras variables han cambiado, así como el valor de la función objetivo.

Supongamos, ahora que debido a un incremento muy fuerte de la demanda de comedores, la empresa decide incrementar los precios de forma que el beneficio unitario pasa a ser de 36000 pesetas (Está fuera del rango de la solución). La nueva solución será:

OBJ..	F =E= 36000*C + 14000*D + 8000*L + 4000*M;
-------	--

La solución es ahora:

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU OBJ	.	.	.	1.000
---- EQU PREP	-INF	160.000	200.000	.
---- EQU MAN	-INF	120.000	144.000	.
---- EQU PUL	-INF	80.000	80.000	9000.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR F	-INF	7.2000E+5	+INF	.
---- VAR C	.	20.000	+INF	.
---- VAR D	.	.	+INF	-4000.000
---- VAR L	.	.	+INF	-1.000E+4
---- VAR M	.	.	+INF	-1.400E+4

Ahora solamente se producen comedores, pero no más allá de 20, ya que esta limitado por el numero de horas de la sección de Pulimentado.