

# ANALISIS DE SENSIBILIDAD CON GAMS-CPLEX

Un de los principales inconvenientes de GAMS a la hora de su aplicación total en los módulos de practicas de las materias de Programación Matemática y similares ha sido la falta de análisis de sensibilidad en los problemas lineales.

La ultima versión STUDENT de GAMS incorpora todos los solvers disponibles, aunque con las limitaciones relativas al numero de variables y elementos. La inclusión de todos los solvers hace posible que pueda superarse esta limitación con respecto al análisis de sensibilidad en programación lineal, ya que hay dos solvers (CPLEX y OSL) que si permiten incorporar la opción de análisis de sensibilidad mediante la creación de un fichero de opciones. En nuestro caso usaremos CPLEX.

## 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.

**Options**

Editor | Execute | Output | **Solvers** | Licenses | Colors | File Extensions

Project Defaults Reset Legend

Solver	License	CNS	DNLP	LP	MCP	MINLP	MIP	MPEC	NLP	RMINLP	RMIP
BDMLP	Demo			▪							▪
CONOPT	Demo		▪	▪					▪	▪	▪
CONOPT2	Demo	▪	▪	▪					▪	▪	▪
CPLEX	Demo			X			X				X
CPLEXPAR	Demo			▪			▪				▪
DECISC	Demo			-							
DECISM	Demo			-							
DICOPT	Demo					▪					
GAMSBAS	Demo		-	-	-	-	-		-	-	-
GAMSCHK	Demo		-	-	-	-	-		-	-	-
MILES	Demo				▪						
MINOS	Demo		▪	▪					▪	▪	▪

OK Cancel

**Gráfico 1**

Aunque el análisis de sensibilidad de GAMS es un poco más complejo que con LINDO, la ventaja de unificar en un único programa todas las modalidades de problemas de optimización compensa, desde mi punto de vista, esta desventaja.

El análisis de sensibilidad se puede realizar sobre los términos independientes y los coeficientes de la función objetivo. El solver CPLEX los realiza de forma conjunta.

## 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, y 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

Una primera forma de solucionar este problema sería generando un fichero LTX para LINDO:

```

MAX 20000 COM + 14000 DOR + 8000 LIB + 4000 MESA
ST
PREP) 8 COM + 6 DOR + 4 LIB + 2 MESA < 200
MANUF) 6 COM + 3 DOR + 2 LIB + MESA < 144
PUL) 4 COM + 2 DOR + 2 LIB + 2 MESA < 80
END

```

La solución, incluyendo el análisis de sensibilidad sería:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 480000.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
COM	10.000000	0.000000
DOR	20.000000	0.000000
LIB	0.000000	2000.000000
MESA	0.000000	2000.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
PREP)	0.000000	2000.000000
MANUF)	24.000000	0.000000
PUL)	0.000000	1000.000000

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
COM	20000.000000	8000.000000	1333.333374
DOR	14000.000000	1000.000000	4000.000000
LIB	8000.000000	2000.000000	INFINITY
MESA	4000.000000	2000.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
PREP	200.000000	40.000000	40.000000
MANUF	144.000000	INFINITY	24.000000
PUL	80.000000	16.000000	13.333333

De la solución anterior, se hace necesario establecer cual es el rango de variación para cada uno de los términos independientes. Así,

Preparado, entre 160 y 240

Manufacturado, entre 120 e infinito

Pulido, entre 66.67 y 96

La alternativa a resolver con GAMS, pasa por generar un fichero GMS (realizado con las opciones de SET y PARAMETER) valdría de la misma forma usando todas las variables. El fichero es:

```
* PROBLEMA LINEAL PARA SENSIBILIDAD
SET J / COMEDOR, DORMIT, LIBRER, MESA/;
SET I / PREPAR, MANUF, PULIM/;

PARAMETER C(J)
/
COMEDOR 20000
DORMIT 14000
LIBRER 8000
MESA 4000
/;

PARAMETER B(I)
/
PREPAR 200
MANUF 144
PULIM 80
/;

TABLE A(I,J)
      COMEDOR DORMIT LIBRER MESA
PREPAR 8      6      4      2
MANUF 6      3      2      1
PULIM 4      2      2      2
;

VARIABLES
X(J), Z;
POSITIVE VARIABLES X;
EQUATIONS
OBJ, RESTRIC(I);
OBJ.. Z=E= SUM(J, C(J)*X(J));
RESTRIC(I).. SUM(J, A(I,J)*X(J)) =L= B(I);
MODEL MUEBLES /ALL/;
OPTION LP = CPLEX;
MUEBLES.DICTFILE = 4;
MUEBLES.OPTFILE = 1;
SOLVE MUEBLES USING LP MAXIMIZING Z ;
DISPLAY X.L, X.M;
```

La variación respecto de un fichero convencional de GAMS es la inclusión de una serie de opciones sobre el solver<sup>1</sup> (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.

EL fichero de opciones debe ser *<nombre modelo>.OPTFILE* (en este caso seria: **MUEBLES.OPTFILE = 1;**) 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 independiente.

Al ejecutar el fichero, obtenemos la solución siguiente:

```

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

MODEL  MUEBLES                OBJECTIVE  Z
TYPE    LP                    DIRECTION  MAXIMIZE
SOLVER  CPLEX                  FROM LINE  37

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

RESOURCE USAGE, LIMIT      1.760      1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT      2          10000

GAMS/Cplex   Aug  7, 2000 WIN.CP.NA 19.4 016.015.038.WAT For Cplex 6.6
Cplex 6.6.1, GAMS Link 16, Using a GAMS/Cplex demo license installed at runtime.

User supplied options:
objrng all
rhsrng all=2

Optimal solution found.
```

---

<sup>1</sup> En este caso es un poco redundante ya que hemos definido el solver por defecto como CPLEX, por tanto no haria falta incluir esto de forma especifica.

Objective : 480000.000000

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

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

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU OBJ	.	.	.	1.000
GAMS Rev 116 Windows NT/95/98 10/04/00 22:20:52 PAGE 6				
General Algebraic Modeling System				

---- EQU RESTRIC

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
PREPAR	-INF	200.000	200.000	2000.000
MANUF	-INF	120.000	144.000	.
PULIM	-INF	80.000	80.000	1000.000

---- VAR X

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
COMEDOR	.	10.000	+INF	.
DORMIT	.	20.000	+INF	.
LIBRER	.	.	+INF	-2000.000
MESA	.	.	+INF	-2000.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	4.8000E+5	+INF	.
**** REPORT SUMMARY :				
	0	NONOPT		
	0	INFEASIBLE		
	0	UNBOUNDED		
GAMS Rev 116 Windows NT/95/98 10/04/00 22:20:52 PAGE 7				
General Algebraic Modeling System				
Execution				
----	38	VARIABLE	X.L	
COMEDOR 10.000, DORMIT 20.000				
----	38	VARIABLE	X.M	
LIBRER -2000.000, MESA -2000.000				
EXECUTION TIME = 0.160 SECONDS 1.4 Mb WIN194-116				
USER: GAMS Development Corporation, Washington, DC G871201:0000XX-XXX				
Free Demo, 202-342-0180, sales@gams.com, www.gams.com DC9999				

Del fichero anterior podemos extraer la parte correspondiente al análisis de sensibilidad de los términos independientes:

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

Lo que nos indica el análisis para las restricciones del problema es que el termino independiente de la restricción:

Preparado, debe estar comprendido entre 160 y 240.



Manufacturado, debe estar comprendido entre 120 e infinito

Pulimentado, debe estar comprendido entre 66.67 y 96.

Exactamente los mismos resultado que con LINDO.

### **Análisis de Sensibilidad de los coeficientes de la función objetivo.**

Si analizamos los coeficientes de la función objetivo, tenemos:

Los resultados obtenidos con LINDO son:

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
COM	20000.000000	8000.000000	1333.333374
DOR	14000.000000	1000.000000	4000.000000
LIB	8000.000000	2000.000000	INFINITY
MESA	4000.000000	2000.000000	INFINITY

Los que nos proporciona GAMS son:

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

Si comparamos los resultados, podemos observar que en LINDO nos proporciona los valores actuales de los coeficientes mientras que con GAMS los valores actuales son 0. Ello se debe a que el punto de partida inicial es el cero, pero salvando esto, los posibles incrementos en los coeficientes de cada una de esta variables son los mismos que nos proporciona LINDO

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

COM, entre 18666,66 y 28000.

DOR entre 10000 y 15000

LIB entre 0 (o -INF) y 10000

MESA entre 0 (o -INF) y 6000