



**PROGRAMAS DE OPTIMIZACION LINEAL  
 INTERPRETACION DE RESULTADOS Y ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

**Ej. (4.1) Programación de Producción (CT)**

Una empresa puede producir 4 productos P1, P2, P3 y P4. Cada producto debe ser procesado en cada uno de los talleres de la empresa. El tiempo de procesamiento (en horas por unidad producida) se resumen en el cuadro siguiente :

	P1	P2	P3	P4
TALLER 1	3	4	8	6
TALLER 2	6	2	5	8

En cada Taller se dispone de una disponibilidad máxima de 400 horas de trabajo. La ganancia marginal por unidad de P1, P2, P3 y P4 es 4, 6, 10 y 9 respectivamente. Todo lo que se produce es vendido.

1. Formular el modelo de PL correspondiente.

$$\text{Max } Z = 4x_1 + 6x_2 + 10x_3 + 9x_4$$

s. r.

$$\begin{aligned} 3x_1 + 4x_2 + 8x_3 + 6x_4 &\leq 400 && \text{Taller 1} \\ 6x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 8x_4 &\leq 400 && \text{Taller 2} \end{aligned}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$$

2. Resolviendo el PL por el método Simplex se llega al Tableau final siguiente :

Z	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$s_1$	$s_2$	Lado Derecho
1	0,5	0	2	0	1,5	0	600
0	0,75	1	2	1,5	0,25	0	100
0	4,5	0	1	5	-0,5	1	200

- (a) Cuantas unidades deberán ser producidas de P1, P2, P3 y P4 para alcanzar el máximo de ganancia?
- (b) Si se asume que se han producido 20 unidades de P3 por error. Cual es la pérdida resultante a nivel de las Ganancias?
- (c) En que intervalo puede variar el margen de ganancia unitaria de P1 sin cambiar la Base óptima?
- (d) En que intervalo puede variar el margen de ganancia unitaria de P2 sin cambiar la Base óptima?
- (e) Cual es el valor marginal del incremento de la capacidad de producción del Taller 1?
- (f) En que intervalo puede variar la capacidad de producción del Taller 1 sin modificar la Base óptima?
- (g) El Departamento de Operaciones está considerando la producción de un nuevo producto P5, el cual va a requerir 2 horas en el Taller 1 y 10 horas en el Taller 2. Cual es el margen de ganancia unitario necesaria en el nuevo producto para que valga realmente la pena (desde la óptica de la máx. de las ganancias) decidir su fabricación?



**Ej. (4.2) Programación de Producción mensual (CT)**

La firma Snacks.UY debe tomar una decisión sobre la producción del próximo mes. En base a las compras anteriores, la firma dispone 500 Kg. de avellanas, 1000 Kg. de maní y 500 Kg. de chocolate. La empresa vende 3 tipos de productos : el T-Mix que contiene 1 Kg. de cada insumo, el Nutty-Crunch compuesto por 2 Kg. de maní y 1 Kg. de avellanas, y el Todo-Choco, que incluye 2 Kg. de chocolate, y 1 Kg. de maní.

LA empresa puede vender una cantidad ilimitada de estos productos, excepto para el Todo-Choco cuyas posibilidades de venta no pueden superar 100 unidades. Las ganancias para cada producto es de \$2, \$3 y \$4 respectivamente.

- (a) Formular el PL

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \\ \text{s. r.} \quad & x_1 + x_2 \leq 500 \quad \text{Avellanas} \\ & x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 1000 \quad \text{Maní} \\ & x_1 + 2x_3 \leq 500 \quad \text{Chocolate} \\ & x_3 \leq 100 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

- (b) El Tableau óptimo de este PL (luego de introducir las variables de holgura correspondientes a c.u. de las restricciones)

Z	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	Lado Derecho
1	0	0	0	1	1	0	3	1800
0	1	0	0	2	-1	0	1	100
0	0	1	0	-1	1	0	-1	400
0	0	0	0	-2	1	1	-3	200
0	0	0	1	0	0	0	1	100

A partir de este Tableau, responder a las preguntas siguientes :

- (b.1) Cual es la solución representada por este Tableau (cantidades a producir y ganancia total). ¿Como identificar que se trata de del Tableau con la Solución Optima?
- (b.2) Suponga que la ganancia del T-Mix ( $x_1$ ) es solamente una estimación. Para que intervalo de valores de la misma la Solución Optima, correspondiente a la encontrada en base al Tableau anterior, se mantiene como optima?
- (b.3) Cual sería la solución (producción y ganancia total) si la ganancia unitaria  $c_1$  fuera solamente de \$1.75 ?
- (b.4) Cuanto estaría la empresa Sancks.UY dispuesta a pagar para disponer un Kg. extra de maní? Cuanto por un Kg. extra de avellanas? Cuanto por un Kg. extra de chocolate?
- (b.5) Cual sería la solución (producción y ganancias) si solamente se dispusiera de 900 Kg. maní?
- (b.6) Un nuevo producto, *Extra Avellana.-Crunch* consiste en 1 Kg. de chocolate y de maní, y 2 Kg. de avellanas. Que ganancia unitaria se debería obtener en la venta de este producto para que su producción sea considerada en el plan de producción?



**Ej. (4.3) Automóviles Punto-UY (CT)**

La firma Punto-UY se propone ensamblar 1000 automóviles. La empresa dispone de 4 Plantas de producción. A causa de las dotaciones diferentes de mano de obra, de los avances tecnológicos y ventajas fiscales diferentes por regiones las plantas difieren en los costos unitarios de producción. En cada una de las plantas se emplean diferentes cantidades de MdO y materia prima, de acuerdo a los datos técnicos resumidos en el Cuadro siguiente :

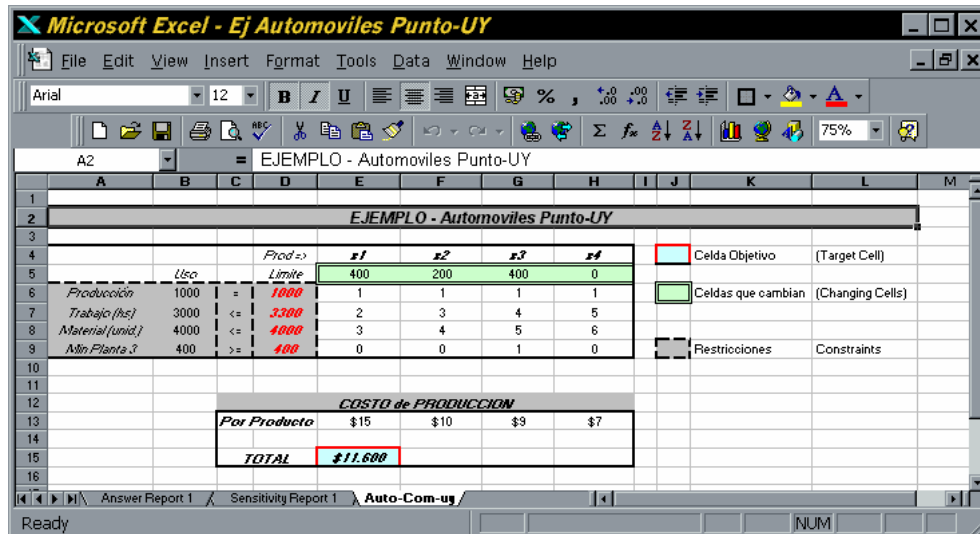
	<i>Costos (en miles)</i>	<i>Mano de Obra</i>	<i>Materia Prima</i>
Planta 1	15	2	3
Planta 2	10	3	4
Planta 3	9	4	5
Planta 4	7	5	6

El Convenio laboral firmado con el Gremio requiere por lo menos 400 automóviles en la Planta 3. Se dispone de un total de 3300 horas de MdO y 4000 unidades de materia prima que puede ser asignada a las Plantas.

- (a) Formular el PL correspondiente a la mejor estrategia de mínimo costo que permita cumplir con la meta de producción de los 1000 automóviles..

$$\begin{aligned} \text{min. } Z &= 15x_1 + 10x_2 + 9x_3 + 7x_4 \\ \text{s. r.} \quad & 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 5x_4 \leq 3300 && \text{M.de Obra} \\ & 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 6x_4 \leq 4000 && \text{Materia Prima} \\ & x_3 \geq 400 \\ & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1000 && \text{Meta de Producción} \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0 \end{aligned}$$

- (b) Se adjunta la Salida del Solver correspondiente al Informe de Sensibilidad de este problema.





**Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report**  
 Worksheet: [Book3]Auto-Com-uy  
 Report Created: 18-04-00 15:14:57

Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$5	Limite x1	400	0	15	1E+30	3,5
\$F\$5	Limite x2	200	0	10	2	1E+30
\$G\$5	Limite x3	400	0	9	1E+30	4
\$H\$5	Limite x4	0	7	7	1E+30	7

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$6	Producción Uso	1000	30	1000	66,68686867	100
\$B\$7	Trabajo (hrs) Uso	3000	0	3300	1E+30	300
\$B\$8	Material (unid.) Uso	4000	-5	4000	300	200
\$B\$9	Min Planta 3 Uso	400	4	400	100	400

Responder a las siguientes preguntas:

- (b.1) Cual es el valor de las cantidades a producir en cada Planta? Cual es el costo actual de producción?
- (b.2) Cuanto costará producir un vehículo adicional? Cuanto se puede ahorrar produciendo un menos?
- (b.3) Como cambiaría la solución si el Costo de producción de la Planta 2 fuera solamente \$8000? En qué intervalo podrían variar los costos de la Planta 2, manteniendo la Solución Básica Óptima original?
- (b.4) Cuanto están dispuestos a pagar por una hora de trabajo adicional?
- (b.5) Cuanto les está costando el Convenio con el gremio? Cual sería el valor de reducir el limite de 400 a 200 automóviles? Cual sería el costo de incrementar ese límite de 100 automóviles? Y de 200 automóviles?
- (b.6) Cual es el valor de (una unidad adicional) de materia prima? Cuantas unidades estarían dispuestos a comprar a ese precio? Que es lo que pasaría si la gerencia desea un monto mayor?

**Ej. (4.4) Los Mapas de Ruta de Carolina. (CP)**

Carolina es una egresada de La Facultad de Ciencias Económicas y está decidida a aprovechar sus próximas vacaciones para diseñar y vender mapas de ruta con 4 recorridos para bicicleta diferentes en Pirlápolis, Sierra de las Animas, Portezuelo-Punta Ballena y Laguna de Rocha.

Los mapas difieren por su tamaño, sus colores y por la complejidad del relieve topográfico. Ella tiene comprometido a una imprenta para la realización de las impresiones. Cada mapa debe ser impreso, cortado y compaginado. El tiempo (en minutos) para hacerlo en los 4 casos es de

	<i>Imprimir</i>	<i>Cortar</i>	<i>Compaginar</i>
<i>A: Recorrido 1</i>	1	2	3
<i>B: Recorrido 2</i>	2	4	2
<i>C: Recorrido 3</i>	3	1	5
<i>D: Recorrido 4</i>	3	3	3
<b>Disponibilidad</b>	<b>15000</b>	<b>20000</b>	<b>20000</b>

La Imprenta dispone de limitaciones de tiempo en su calendario de actividades como se describe en el cuadro anterior.



METODOS CUANTITATIVOS APLICADOS A LA ADMINISTRACION  
Año 2005  
Interpretación de Resultados y Análisis de Sensibilidad

Las ganancias por mapa, de acuerdo con los precios de venta previstos y los costos totales de impresión y otros es de \$1 para A y B, de \$2 para C y D. Para disponer de un número suficiente de cada mapa, se producirá un número no inferior a las 1000 unidades de cada uno.  
Cual es la estrategia óptima (maximizar las ganancias) para alcanzar el objetivo de Carolina?

(a) Formular el PL correspondiente.

$$\text{Max } Z = A + B + 2C + 2D$$

s. r.

$$\begin{aligned} A + 2B + 3C + 3D &\leq 15000 && \text{Imprimir} \\ 2A + 4B + C + 3D &\leq 20000 && \text{Cortar} \\ 3A + 2B + 5C + 3D &\leq 20000 && \text{Compaginación} \\ A, B, C, D &\geq 1000 && \end{aligned}$$

(b) Se adjunta la Salida del Solver correspondiente al Informe de Sensibilidad de este problema

**EJEMPLO - MAPAS DE RUTA DE CAROLINA**

		Prod =>	A	B	C	D
5	Uso	Límite	1500	1000	1000	2833,333
6	Imprenta	15000 <=	1	2	3	3
7	Corte	20000 <=	2	4	1	3
8	Compaginación	20000 <=	3	2	5	3
9	A	1500 >=	1			
10	B	1000 >=		1		
11	C	1000 >=			1	
12	D	2833,333 >=				1

COSTO de PRODUCCION				
Por Producto	A	B	C	D
	\$1	\$1	\$2	\$2
<b>TOTAL</b>	<b>\$18.167</b>			

**Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report**  
Worksheet: [Ej Mapas de Carolina.xls]Mapas(0)  
Report Created: 18-04-00 16:26:26

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$5	Limite A	1500	0	1	1	0,333333333
\$F\$5	Limite B	1000	0	1	0,333333333	1E+30
\$G\$5	Limite C	1000	0	2	0,333333333	1E+30
\$H\$5	Limite D	2833,333333	0	2	1	0,5

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$6	Imprenta Uso	15000	0,5	15000	1000	3666,666667
\$B\$7	Corte Uso	16500	0	20000	1E+30	3500
\$B\$8	Compaginación Uso	20000	0,166666667	20000	7000	1000
\$B\$9	A Uso	1500	0	1000	500	1E+30
\$B\$10	B Uso	1000	-0,333333333	1000	1750	1000
\$B\$11	C Uso	1000	-0,333333333	1000	500	1000
\$B\$12	D Uso	2833,333333	0	1000	1833,333333	1E+30



Responder a las preguntas siguientes :

- (b.1) Cual es la cantidad a producir y la ganancia proyectada?
- (b.2) Cuanto está Carolina dispuesta a pagar por un tiempo adicional en la imprenta? De tiempo para Cortar? De tiempo para Compaginar? Para cada uno de ellos, cuantas horas extras estaría dispuesta a comprar a ese precio?
- (b.3) Asumamos que hay una reducción del Limite de 1000 a 900. Cual de los Mapas deberá ser producido en menos cantidad, y cuanto le generará a Carolina?
- (b.4) Carolina está pensando en un quinto Mapa. El tomará 2 minutos de Imprenta, 2 minutos para Cortarlo, y 3 minutos para compaginarlo. Cual sería la tasa de ganancia mínima para decidirse a producirlo? Cual sería el impacto de requerir como mínimo 1000 de este 5to Mapa?
- (b.5) El análisis de Marketing en el caso del Mapa D está todavía incompleto, aunque se sabe que la ganancia de \$2 por unidad está dentro de un intervalo de  $\pm \$0.25$  del valor verdadero. Costará \$500 completar el análisis. Le aconsejaría a Carolina de continuar con el análisis de Marketing?

**Ej. (4.5) Fabricante de Tostadoras Eléctricas. (CP)**

Una empresa fabricante de tostadoras eléctricas, debe tomar una decisión sobre la producción de un nuevo modelo. La empresa tiene la posibilidad de emplear 3 técnicas alternativas de producción: manual, semi-automática y mediante el empleo de robots.

Los requerimientos de cada técnica se resumen en el siguiente Cuadro

	<i>TECNICA de ENSAMBLADO</i>		
	<i>Manual</i>	<i>Semi-automatica</i>	<i>Robotizada</i>
<i>Mano de Obra Especializada</i>	<i>1 min</i>	<i>4 min</i>	<i>8 min</i>
<i>Mano de Obra no-especializada</i>	<i>40 min</i>	<i>30 min</i>	<i>20 min</i>
<i>Tiempo de Taller de Ensamblado</i>	<i>3 min</i>	<i>2 min</i>	<i>4 min</i>

La disponibilidad de recursos para este producto son los siguientes : 4500 minutos de MdO especializada, 36000 minutos de MdO no-especializada y 2700 minutos de tiempo disponible de taller de ensamblado.

El costo total de producción manual es de \$7 por tostadora, de \$8 por tostadora para la producción semi-automática, y de \$8.5 por tostadora para la producción robotizada.

- (a) Formular el problema de producción de 1000 tostadoras al mínimo costo.

$$\text{min. } Z = 7x_1 + 8x_2 + 8.5x_3$$

s. r.

$x_1 + x_2 + x_3 = 1000$	Meta de Producción
$x_1 + 4x_2 + 8x_3 \leq 4500$	MdO especializada
$40x_1 + 30x_2 + 20x_3 \leq 36000$	MdO no especializada
$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 2700$	Tiempo de ensamble.
$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$	

- (b) Se adjunta la Salida del Solver correspondiente al Informe de Sensibilidad de este problema



MÉTODOS CUANTITATIVOS APLICADOS A LA ADMINISTRACION  
 Año 2005  
 Interpretación de Resultados y Análisis de Sensibilidad

**Microsoft Excel - Ej Tostadora**

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial 12 B I U % , .00 +.00

A2 = EJEMPLO - TOSTADORAS ELECTRICAS

EJEMPLO - TOSTADORAS ELECTRICAS									
			Prod=>	\$ \$	\$ \$	\$ \$			
	Usos		Limite	633,33	333,33	33,33			
Produccion	1000	=	1000	1	1	1			
MdO especializada	2233	<=	4500	1	4	8			
MdO no-especializada	36000	<=	36000	40	30	20			
Tiempo Ensamblado	2700	<=	2700	3	2	4			

COSTO de PRODUCCION				
Por Producto		\$7	\$8	\$9
<b>TOTAL</b>			<b>\$7.383</b>	

Answer Report 1 Sensitivity Report 1 Tostadora

**Microsoft Excel - Ej Tostadora**

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial 10 B I U %

E1 =

**Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report**  
 Worksheet: [Book5]Sheet1  
 Report Created: 18-04-00 17:05:30

Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$5	Limite #1	633,3333333	0	7	0,5	1E+30
\$F\$5	Limite #2	333,3333333	0	8	1E+30	0,25
\$G\$5	Limite #3	33,33333333	0	8,5	0,5	2,5

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$6	Produccion Uso	1000	10,83333333	1000	170	100
\$B\$7	MdO especializada Uso	2233,333333	0	4500	1E+30	2266,666667
\$B\$8	MdO no-especializada Uso	36000	-0,083333333	36000	1000	6800
\$B\$9	Tiempo Ensamblado Uso	2700	-0,166666667	2700	500	100

Answer Report 1 Sensitivity Report 1 Tostadora



Responder a las preguntas siguientes :

- (b.1) Cual es la asignación óptima de Producción? Cual es el Costo promedio de producción por tostadora?
- (b.2) De cuanto puede incrementarse el costo de los robots antes que se deba cambiar este Plan de Producción?
- (b.3) Cuanto esta la empresa dispuesta a pagar por más tiempo disponible para el ensamblado?
- (b.4) Cuanto se ahorraría la empresa si se decide producir solamente 950 tostadoras?
- (b.5) Un nuevo proceso de producción está disponible, el cual emplea 2 minutos de MdO especializada, 10 minutos de MdO no-especializada, y una cantidad indeterminada de empleo de tiempo de taller de ensamblado. Su costo de producción está determinado en \$10. Cual es el tiempo máximo de taller de ensamblado que puede tomar el nuevo proceso antes de que sea considerado demasiado costoso para emplearlo?

**Ej. (4.6) Fabricación de Papel (D)**

Una empresa fabricante de papel transforma pulpa de madera en papel para imprenta de 3 calidades : 1er , 2<sup>nd</sup> y 3er calidad.

Los requerimiento de pulpa para cada uno de los productos y su precio de venta se resumen en el cuadro siguiente.

	1era Calidad	2nda Calidad	3era Calidad	Disponibilidad (tons)
Pino tipo "V"	2	2	1	180
Pino Blanco	1	2	3	120
Pino tipo "L"	1	1	2	160
Precio	\$900	\$1000	\$1200	

- (a) Formular el PL correspondiente a este problema :

$$\text{Max } Z = 900 x_1 + 1000 x_2 + 1200 x_3$$

s. r.

$$\begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 + 1x_3 + s_1 &= 180 && \text{Pino V} \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + s_2 &= 120 && \text{Pino Blanco} \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + s_3 &= 160 && \text{Pino T} \end{aligned}$$

$$x_1, x_2, x_3, s_1, s_2, s_3 \geq 0$$

- (b) A partir del Tableaux óptimo siguiente responder a las siguientes preguntas :

Z	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	Lado Derecho
1	0	200	0	300	300	0	90000
0	1	0,8	0	0,6	-0,2	0	84
0	0	0,4	1	-0,2	0,4	0	12
0	0	-0,6	0	-0,2	-0,6	1	52

- (b.1) Dentro de que intervalo puede variar el precio del Papel de 1ra Calidad sin modificar la Base Optima ?
- (b.2) Cual es la nueva Solución Optima si el precio del Papel de 1ra Calidad cambia a \$800?
- (b.3) A que precio debería venderse el Papel de 2nda Calidad para que su producción sea redituable?
- (b.4) Dentro de que intervalo puede variar la disponibilidad del Pino tipo "V" sin que se modifique la Solución Básica ?



- (b.5) Si se pueden obtener 10 toneladas adicionales del Pino de tipo V, en cuanto mejorará la solución óptima?
- (b.6) Si los recursos de pulpa son aumentados de 10 toneladas, cual es la nueva solución optima?
- (b.7) Cual es la Disposición a Pagar del manager de la Planta por una tonelada adicional de Pino de tipo 'L'?

**Ej. (4.7) Ordenamiento Territorial en el Parque Municipal. (D)**

La gerencia de un Parque de Diversión está planeando la organización de las nuevas 50 ha de parque en tres sectores : cabalgatas, plaza de comidas y shopping. Cada ha empleada para las cabalgatas genera una tasa de ganancia de \$150/hora; cada ha empleada para plazas de comidas genera una tasa de ganancia de \$200/hora. La zona comercial destinada para shopping genera \$300/hora.

Existen algunas restricciones sobre como debe ser organizado el espacio disponible :

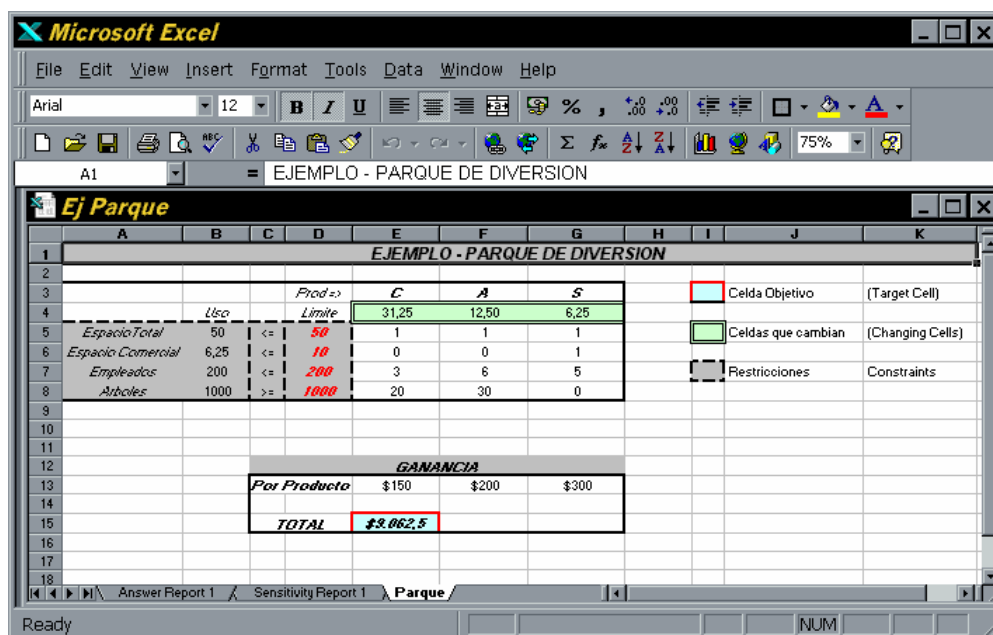
- el sector destinado para shopping no puede superior a 10 ha
- la reglamentación municipal exige que al menos deben haber 1000 arboles en el área. Una ha en el sector alimentación tiene 30 arboles; una ha en el sector de cabalgatas tiene 20 arboles; mientras que el sector comercial destinado para shopping no dispone de arboles.
- No más de 200 personas pueden trabajar en el parque. Se requiere al menos 3 personas en el sector de cabalgatas, 6 empleados por ha en el sector alimentación, y 5 empleados por ha en el sector de shopping.

(a) Formular el problema de producción de 1000 tostadoras al mínimo costo.

$$\text{Max } Z = 150 C + 200 A + 300 S$$

s. r.

$$\begin{aligned} C + A + S &\leq 50 \\ S &\leq 10 \\ 20 C + 30 A &\geq 1000 \\ 3 C + 6 A + 5 S &\leq 200 \\ C \geq 0, A \geq 0, S \geq 0 \end{aligned}$$





(b) Se adjunta la Salida del Solver correspondiente al Informe de Sensibilidad de este problema.

**Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report**  
 Worksheet: [Book6]Parque  
 Report Created: 18-04-00 18:14:31

Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$4	Limite C	31,25	0,00	150	83,33333333	76,66666667
\$F\$4	Limite A	12,50	0,00	200	115	125
\$G\$4	Limite S	6,25	0,00	300	1E+30	116,6666667

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$5	EspacioTotal Uso	50	143,75	50	10	16,66666667
\$B\$6	Espacio Comercial Uso	6,25	0	10	1E+30	3,75
\$B\$7	Empleados Uso	200	31,25	200	30	50
\$B\$8	Arboles Uso	1000	-4,375	1000	166,6666667	100

Responder a las preguntas siguientes (en caso de no disponer de información en la Salida del Solver, explicar porque no está disponible!)

- (b.1) Cual es la asignación óptima del espacio? Cual es la ganancia por hora del Parque?
- (b.2) Si se asume que el Sector Alimentación puede realizar solo una ganancia de \$180 p/hora. Cual sería la asignación óptima del espacio del parque, y cual sería en ese caso la ganancia p/hora del Parque?
- (b.3) La Junta Departamental aprueba una nueva ordenanza municipal estableciendo que el requerimiento de arboles en el Parque es de 1020 unidades. Cuanto le costará a la gestión del Parque en \$ p/hora. Cuanto sería si el requerimiento de arboles se incrementara a 1200 unidades?
- (b.4) Una firma constructora se propone convertir unas 5 ha adicionales del espacio del Parque en sector comercial para shopping. Cuanto estaría dispuesto a pagar la gerencia del Parque por esta transformación?
- (b.5) La gerencia del Parque está estudiando la posibilidad de instalar juegos acuáticos. Cada ha del sector para juegos acuáticos puede disponer de 2 arboles y requiere 4 empleados. Que ganancia por hora se necesitaría obtener con los juegos acuáticos para decidir su construcción?



- (b.6) Una parcela de terreno adyacente al Parque quedó disponible. La parcela cubre un espacio de 16 ha. El propietario de la parcela quiere participar de las ganancias del Parque. Cuanto estaría dispuesto a pagar la gerencia del Parque por la parcela adicional?

**Ej. (4.8) El Problema de la Dieta "Ideal". (D)**

Cual es la dieta ideal? Una dieta ideal debería satisfacer los requerimientos nutricionales básicos, económicos, ser variado y ser agradable al paladar.

Asumiendo que la lista de alimentos disponibles es la siguiente :

Alimento	Cantidad (dosis)	Energia (kcal) (Kcal)	Proteinas (g)	Calcium (mg)	Precio (Cents./dosis)	Limites (dosis/dia)
Cereales	28g	110	4	2	3	4
Pollo	100g	205	32	12	24	3
Huevos	2 grandes	160	13	54	13	2
Leche	237 cc	160	8	285	9	8
Dulces-Galletitas	170g	420	4	22	20	2
Carne	260g	260	14	80	19	2

De acuerdo con los nutricionistas, una dieta satisfactoria debe tener al menos 2000kcal de energía, 55 g de proteínas, y 800 mg de calcio (las vitaminas y hierro serán aportadas a través de pastillas). Se han impuesto restricciones sobre el total de dietas por día de cada alimento, para atender el requerimiento de variedad.

Cual es la 'mejor' dieta que cumpla con el criterio de mínimo costo?

- (a) Formular el Modelo PL correspondiente.

$$\text{min. } Z = 3x_1 + 24x_2 + 13x_3 + 9x_4 + 20x_5 + 19x_6$$

s. r.

$$110x_1 + 205x_2 + 160x_3 + 160x_4 + 420x_5 + 260x_6 \geq 2000$$

$$4x_1 + 32x_2 + 13x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 14x_6 \geq 55$$

$$2x_1 + 12x_2 + 54x_3 + 285x_4 + 22x_5 + 80x_6 \geq 800$$

$$x_1 \leq 4$$

$$x_2 \leq 3$$

$$x_3 \leq 2$$

$$x_4 \leq 8$$

$$x_5 \leq 2$$

$$x_6 \leq 2$$

$$x_i \geq 0 \text{ (para todo } i)$$

- (b) Se adjunta las Salidas del Solver.

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver interface for the diet problem. The Solver Parameters dialog box is open, showing the objective cell as \$B\$14 (TOTAL) and the variable cells as \$D\$4:\$I\$4. The Solver Options dialog box is also open, showing the 'Make Variable Cells Non-Negative' checkbox checked. The Solver Results dialog box is open, showing the 'TOTAL' cell value as \$32.5.



**Microsoft Excel - Ej Dieta**

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial 10 B I U

F1 =

1 Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report  
 2 Worksheet: [Ej Dieta.xls]Dieta  
 3 Report Created: 18-04-00 19:09:10  
 4  
 5  
 6 Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$4	Limite Cereales	4,00	-3,19	3	3,1875	1E+30
\$F\$4	Limite Pollo	0,00	12,47	24	1E+30	12,46875
\$G\$4	Limite Huevos	0,00	4,00	13	1E+30	4
\$H\$4	Limite Leche	4,50	0,00	9	2,692307692	1,380952381
\$I\$4	Limite Dulces	2,00	-3,62	20	3,625	1E+30
\$J\$4	Limite Carne	0,00	4,38	19	1E+30	4,375

16 Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$5	Energía (Kcal) Uso	2000	0,05625	2000	560	100
\$B\$6	Proteínas (gs) Uso	60	0	55	5	1E+30
\$B\$7	Calcio (mg) Uso	1400,5	0	800	600,5	1E+30

Answer Report 1 Sensitivity Report 1

Ready NUM

Responder a las siguientes preguntas :

- (b.1) En que consiste la Dieta óptima?
- (b.2) Si el costo de los cereales duplicara hasta 6 cts./dosis, debería ser removida de la dieta?
- (b.3) Si el costo del pollo bajara a la mitad del costo actual, debería ser incorporado a la dieta?
- (b.4) A partir de que precio los huevos entrarían en la dieta?
- (b.5) Dentro de que intervalo podría variar el precio de la leche (redondear a 0,10 cents.) para que la dieta 'perfecta' siguiera manteniéndose como la óptima.
- (b.6) Durante los períodos de preparación de las Revisiones, se necesitaría incrementar el contenido en energía de 2000 kcal a 2200 kcal por día. Cual sería el costo adicional que resulta de esta modificación?
- (b.7) El médico del servicio de bienestar universitario recomienda que Ud. incremente el contenido de calcio en su dieta de 800 mg a 1200 mg. Cual es el impacto de esto en el costo total?
- (b.8) Las papas cuecitas 12 cents/dosis y disponen de un contenido en energía de 300 kcal, pero no contienen proteínas ni calcio. Debería ser parte de la dieta?



**Ej. (4.9) Programación de Recursos Humanos (El caso del Restaurante) (D)**

Consideremos la situación de un restaurante que abre los 7 días de la semana. En base a la experiencia del manager, para atender el público se requieren un número de trabajadores por día que se resume en el cuadro siguiente :

	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
<i>Total</i>	14	13	15	16	19	18	11

Cada trabajador tiene un régimen de trabajo de 5 días consecutivos, y luego toma 2 días de descanso, durante todo el año.

De qué manera se puede cumplir con los requerimientos de servicio del restaurante minimizando el número de trabajadores a contratar?

(a) Formular el PL correspondiente a este problema.

Variable de Decisión :  $x(i) \Rightarrow$  el total de trabajadores que empiezan su secuencia de 5 días el día (i).  
 $x_1 =$  total de trabajadores que empiezan su secuencia de 5 días el día Lunes.

$$\text{min. } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

s. r.

$$x_1 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 14$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 13$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_6 + x_7 \geq 15$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_7 \geq 16$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 19$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \geq 18$$

$$x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 11$$

$$x_i \geq 0 \text{ (para todo } i)$$

(b) Se adjunta las Salidas del Solver.

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver interface. The Solver Parameters dialog box is open, showing the objective cell (C16) and the variable cells (C4:C11). The Solver Results dialog box is also open, showing the optimal solution values for the decision variables and the total cost.

Var. Decision ==>	Usa	Límite	Obj	Rest	Obj	Rest	Obj	Rest	Obj	Rest	Obj	Rest
Lunes	14	>= 14	1		1		1		1		1	
Martes	17	>= 13	1	1			1	1	1			
Miercoles	15	>= 15	1	1	1				1	1		
Jueves	16	>= 16	1	1	1	1					1	
Viernes	19	>= 19	1	1	1	1	1					
Sabado	18	>= 18			1	1	1	1	1			
Domingo	11	>= 11				1	1	1	1	1		

The Solver Results dialog box shows the optimal solution values for the decision variables and the total cost:

Por Prod.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
TOTAL	\$22,0						



Microsoft Excel - Ej Program RRHH

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial 10 B I U

G1 =

1 Microsoft Excel 8.0a Sensitivity Report  
 2 Worksheet: [E] Program RRHH.xls]Sheet1  
 3 Report Created: 18-04-00 19:41:12  
 4  
 5  
 6 Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$E\$4	Limite x1	4,00	0,00	1	0,5	1
\$F\$4	Limite x2	7,00	0,00	1	0	0,333333333
\$G\$4	Limite x3	1,00	0,00	1	0,5	0
\$H\$4	Limite x4	4,00	0,00	1	0,5	0
\$I\$4	Limite x5	3,00	0,00	1	0	0,333333333
\$J\$4	Limite x6	3,00	0,00	1	0,5	1
\$K\$4	Limite x7	0,00	0,33	1	1E+30	0,333333333

17 Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$5	Lunes Uso	14	0,333333333	14	1,5	6
\$B\$6	Martes Uso	17	0	13	4	1E+30
\$B\$7	Miércoles Uso	15	0,333333333	15	6	3
\$B\$8	Jueves Uso	16	0	16	3	4
\$B\$9	Viernes Uso	19	0,333333333	19	4,5	3
\$B\$10	Sábado Uso	18	0,333333333	18	1,5	6
\$B\$11	Domingo Uso	11	0	11	4	1

Ready NUM

Responder a las preguntas siguientes :

- (b.1) Cual es el número total de empleados necesarios para el staff del restaurante?
- (b.2) A causa de una oferta especial, la demanda de los Jueves se incrementa. Como resultado, ahora se necesitan 18 trabajadores en lugar de 16. Cual es el impacto en el número total de empleados necesarios para el staff del restaurante?
- (b.3) Se asume que la demanda de los Lunes disminuye: ahora solamente se necesitan 11 trabajadores en lugar de 14. Cual es el impacto en el número total de trabajadores necesarios para el staff del restaurante?
- (b.4) Normalmente se necesitan 15 trabajadores los días Miércoles. Dentro de que intervalo puede variar este numero sin modificar la solución básica óptima?
- (b.5) Normalmente, cualquier trabajador en el restauran recibe una paga de \$1000 por mes. De esta manera la función objetivo en la formulación del PL puede ser reinterpretada como el gasto total en salarios (en miles de dólares). Los Trabajadores protestan que el Equipo 4 (Jueves-Viernes-Sábado-Domingo-Lunes) es el menos solicitado. El gerente considera la posibilidad de incrementar los salarios hasta \$1100 para los trabajadores que trabajen en este equipo. Cambiará esta modificación la solución óptima? Cual sería el efecto sobre el costo total en salarios del Restaurante?
- (b.6) El Equipo 1 (Lunes-Martes-Miércoles-Jueves-Viernes) es el más solicitado. El Gerente esta considerando la posibilidad de reducir los salarios en los contratos del Equipo 1a \$900 por mes. Cambiaría esto la Solución Optima? Cual sería el impacto en el costo salarial total?
- (b.7) El Gerente está considerando introducir un nuevo equipo con un régimen especial : los días de descanso serían los Jueves y los Domingos. Como estos días no son consecutivos, los salarios serían \$1200 por mes. Esta decisión, incrementaría o disminuiría el costo salarial total del Restaurante?