



# Chocolates La Legalidad

## PLB y Análisis de Sensibilidad

Jose Ignacio González Gómez

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad - Universidad de La Laguna

[www.jggomez.eu](http://www.jggomez.eu)

Nombre	Descripción	Tipo PLB-PCE	Base	Informe	Modelo
Chocolates La Legalidad	Plan óptimo de producción y cuestiones	PL Básica	Cuestiones	SI	Producción

### 1.1 Enunciado

Chocolates La Legalidad, dispone de los siguientes insumos mensualmente para elaborar sus productos 500 Kg. de avellanas, 1000 Kg. de maní y 500 Kg. de chocolate. La empresa elabora tres modalidades de chocolate: el TM que contiene 1 Kg. de cada insumo, el NC compuesto por 2 Kg. de maní y 1 Kg. de avellanas, y el TC, que incluye 2 Kg. de chocolate, y 1 Kg. de maní.

La empresa puede vender una cantidad ilimitada de estos productos, excepto para el TC cuyas posibilidades de venta no pueden superar 100 unidades. El margen comercial unitario variable para cada producto es de 2, 3 y 4 € respectivamente.

#### *Se pide:*

Chocolates La Legalidad, SA debe tomar una decisión sobre la planificación de la producción del próximo mes con el objetivo de maximizar el margen comercial mensual lo cual implica definir el plan óptimo de producción. Se pide además dar respuesta a las siguientes cuestiones:

1. Formulación algebraica del problema.
2. Responder a las siguientes cuestiones:
  - 2.1. ¿Cual la producción óptima mensual de la empresa
  - 2.2. Suponga que la ganancia del TM ( $x_1$ ) es solamente una estimación. ¿Para que intervalo de valores de la misma la Solución Óptima, correspondiente a la encontrada, se mantiene como óptima?
  - 2.3. ¿Cual sería la solución (producción y ganancia total) si la ganancia unitaria  $c_1$  fuera solamente de 1.75 € ?
  - 2.4. ¿Cuanto estaría la empresa dispuesta a pagar para disponer un Kg. extra de maní? Cuanto por un Kg. extra de avellanas? Cuanto por un Kg. extra de chocolate?
  - 2.5. ¿Cual sería la solución (producción y ganancias) si solamente se dispusiera de 900 Kg. maní?
  - 2.6. Un nuevo producto, EA 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?

1.2 Formulación algebraica del problema

$$\text{Max } Z = 2x_1 + 3x_2 + 4x_3$$

s. r.

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &\leq 500 && \text{Avellanas} \\ x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 1000 && \text{Maní} \\ x_1 + 2x_3 &\leq 500 && \text{Chocolate} \\ x_3 &\leq 100 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 \end{aligned}$$

1.3 Planteamiento y Resolución en Excel

1.3.1 Identificación y definición de las Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells).

No existe una forma única para colocar los datos de un problema de optimización (o de minimización) en la hoja de cálculo podemos colocarlos como deseemos. No obstante, se ganaría bastante en entendimiento y comprensión si estos se organizan de forma lógica acorde al planteamiento del problema y no con datos dispersos.

En este caso definimos y planteamos el problema (programamos las celdas) especificando en primer lugar las **Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells)**.

En nuestro caso (ver Ilustración 1) será el rango B28:D28, es decir la cantidad de productos a elaborar de cada variedad de chocolate. Se pueden especificar hasta 200 variables de decisión; no obstante para efectos de este problema solo se necesitan tres variables: Chocolate TM, NC y TC.

	A	B	C	D	E	F
25	<b>Planteamiento del Problema</b>					
26	Planificación Mensual de la Producción					
27		TM	NC	TC	Total	
28	Unidades				0 ud	
29	Avellanas	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	
30	Maní	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	
31	Chocolate	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	
32	M. Comercial	0 €	0 €	0 €	0 €	
33						
34	<b>Restricciones</b>					
35	<i>Todas las variables deber ser no negativas</i>					
36	<b>Limitación de disponibilidad de Recursos - RESTRICCIONES</b>					
37	Restricciones	Uso	Disponibilidad de Recursos y		Holgura	
38		Consumo	Restricciones	RHS (Right Hand Side)	(Slack)	
39	Avellanas	0 kg	<=	500 kg	F29	500,0 hr
40	Maní	0 kg	<=	1.000 kg	F30	1.000,0 hr
41	Chocolate	0 kg	<=	500 kg	F31	500,0 hr
42	TC	0 ud	<=	100 ud	D28	100,0 hr

Ilustración 1

### 1.3.2 Definición y programación de las restricciones, RHS (Right Hand Side)

Una vez programa las celdas principales es conveniente especificar las **Restricciones (Constraints Cells)**. Las restricciones deben caer dentro de ciertos límites o satisfacer los valores objetivos. Se pueden especificar hasta 500 restricciones –dos par cada una de las variables de decisión.

En nuestro caso contamos solamente con tres restricciones relacionadas con la disponibilidad de insumos o materia prima y una con la limitación de la demanda, es decir la imposibilidad de vender mas de 100 unidades al mes del chocolate TC.

En el lenguaje de la Programación Lineal a esta disponibilidad y restricciones se le identifica con las letras **RHS** (iniciales de Right Hand Side), lado derecho de la desigualdad, es decir D39:D42, celdas con fondo rojo.

### 1.3.3 Definición y programación de la celda objetivo

Finalmente debemos identificar la celda objetivo, en nuestro caso será E32, es decir la que nos genera mayor margen de beneficio bruto y por tanto pretendemos maximizar.

Tomando en consideración la formulación algebraica del problema así como el diseño de la hoja de cálculo y programación de las celdas, pasamos a continuación a programar los parámetros del Solver y que nos permitirá alcanzar nuestro objetivo.

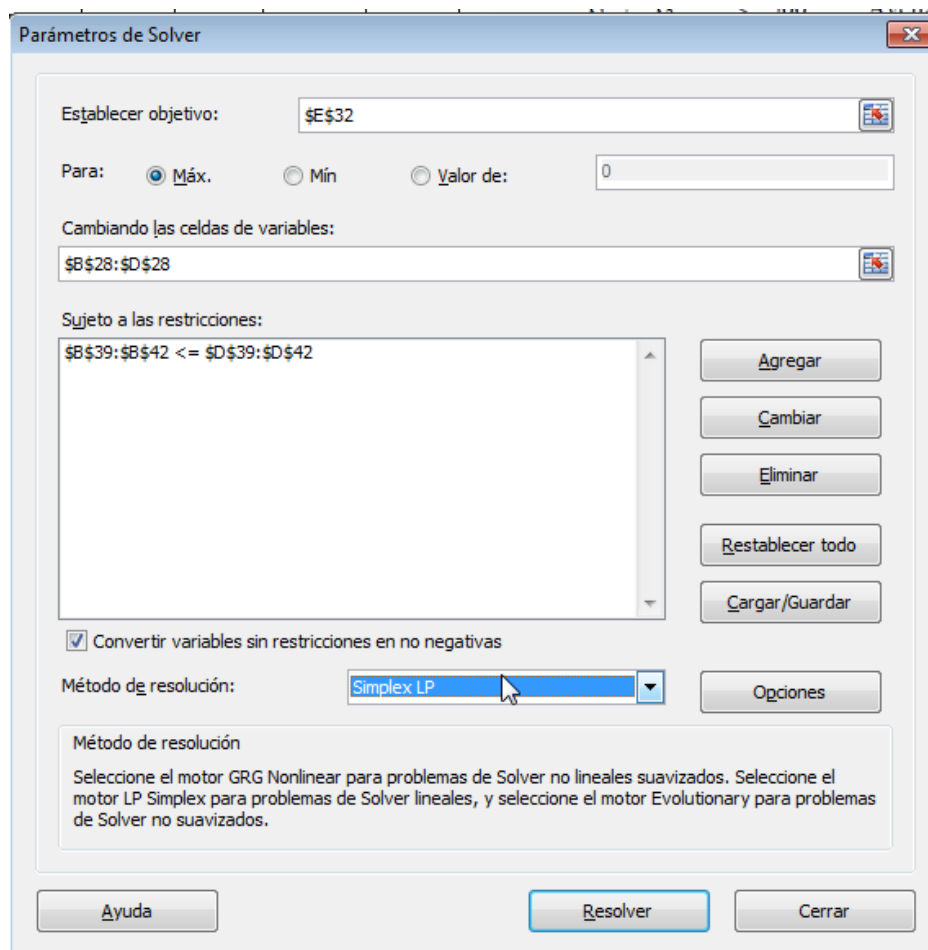


Ilustración 2

En este apartado debemos tomar en consideración el especificar las Restricciones de No negatividad para asegurarse que las celdas cambiantes adopten solo valores no

negativos, es decir  $\geq 0$ . Esta condición tiene su razón de ser pues no se concibe la producción de cantidades negativas de producto.

Pulsando el botón Resolver del formulario anterior ( Ilustración 2) accedemos a la resolución del problema.

	A	B	C	D	E	F	
25	<b>Planteamiento del Problema</b>						
26	Planificación Mensual de la Producción						
27		<b>TM</b>	<b>NC</b>	<b>TC</b>	<b>Total</b>		
28	Unidades	100 ud	400 ud	100 ud	600 ud		
29	Avellanas	100 kg	400 kg	0 kg	500 kg		
30	Maní	100 kg	800 kg	100 kg	1.000 kg		
31	Chocolate	100 kg	0 kg	200 kg	300 kg		
32	M. Comercial	200 €	1.200 €	400 €	1.800 €		
33							
34	<b>Restricciones</b>						
35	<i>Todas las variables deber ser no negativas</i>						
36	<b>Limitación de disponibilidad de Recursos - RESTRICCIONES</b>						
37	<b>Restricciones</b>	<b>Uso</b>	<b>Disponibilidad de Recursos y</b>		<b>Holgura</b>		
38		<b>Consumo</b>	<b>Restricciones</b>	<b>RHS (Right Hand Side)</b>	<b>(Slack)</b>		
39	Avellanas	500 kg	<=	500 kg	F29	0,0 hr	
40	Maní	1.000 kg	<=	1.000 kg	F30	0,0 hr	
41	Chocolate	300 kg	<=	500 kg	F31	200,0 hr	
42	TC	100 ud	<=	100 ud	D28	0,0 hr	

Ilustración 3

### 1.4 Análisis de sensibilidad, el informe confidencialidad y respuesta a las cuestiones planteadas

	A	B	C	D	E	F	G	H
6	Celdas de variables							
7				<b>Final</b>	<b>Reducido</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Permisible</b>	<b>Permisible</b>
8	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>		<b>Valor</b>	<b>Coste</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Aumentar</b>	<b>Reducir</b>
9	\$B\$28	Unidades TM		100	0	2	1	0,5
10	\$C\$28	Unidades NC		400	0	3	1	1
11	\$D\$28	Unidades TC		100	0	4	1E+30	3
12								
13	Restricciones							
14				<b>Final</b>	<b>Sombra</b>	<b>Restricción</b>	<b>Permisible</b>	<b>Permisible</b>
15	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>		<b>Valor</b>	<b>Precio</b>	<b>Lado derecho</b>	<b>Aumentar</b>	<b>Reducir</b>
16	\$B\$39	Avellanas Uso Consumo		500	1	500	100	50
17	\$B\$40	Maní Uso Consumo		1000	1	1000	100	200
18	\$B\$41	Chocolate Uso Consumo		300	0	500	1E+30	200
19	\$B\$42	TC Uso Consumo		100	3	100	66,66666667	100
20								

Ilustración 4

*¿Cual la producción óptima mensual de la empresa?*

Tal y como se desprende de la Ilustración 3 y de la Ilustración 4 la producción óptima mensual es de 100, 400 y 100 unidades de producto TM, NC y TC respectivamente que permite obtener un margen comercial total de 1.800 € mensuales.

*Suponga que la ganancia del TM ( $x_1$ ) es solamente una estimación. ¿Para que intervalo de valores de la misma la Solución Óptima, correspondiente a la encontrada, se mantiene como óptima?*

$$\text{Rango de Optimalidad para } c_1: [2 - 0.5; 2 + 1] = [1.5; 3]$$

*¿Cual sería la solución (producción y ganancia total) si la ganancia unitaria  $c_1$  fuera solamente de 1.75 €?*

El nuevo valor de  $c_1$  está dentro del intervalo del Rango de Optimalidad y por lo tanto la Base se mantiene óptima. Sin embargo la ganancia total disminuye  $Z^* = 1800 + 100(2 - 1.75) = 1775$

*¿Cuanto estaría la empresa dispuesta a pagar para disponer un Kg. extra de maní? Cuanto por un Kg. extra de avellanas? Cuanto por un Kg. extra de chocolate?*

En base a la información disponible con los Precios Sombra, tenemos  $y^* = (1; 1; 0; 3)$   
 Disposición a Pagar por un Kg extra de Maní = 1 €  
 Disposición a Pagar por un Kg extra de Avellanas = 1 €  
 Disposición a Pagar por un Kg extra de Chocolate = 0 €

*¿Cual sería la solución (producción y ganancias) si solamente se dispusiera de 900 Kg. maní?*

Rango de Factibilidad de  $b_2 \Rightarrow b_2 \in [1000 - 200; 1000 + 100] = [800; 1100]$ . La Cantidad 900Kg está dentro del Rango de Factibilidad  $\Rightarrow$  No se Modifica la Solución Básica. El valor de  $Z^*$  se modifica,  $Z^* = Z^* - y_2^*(b_2 - b_2') = 1800 - (1)(100) = 1700$

*Un nuevo producto, EA 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?*

$$\text{Max } Z = 2x_1 + 3x_2 + 4x_3$$

s. r.

$$x_1 + x_2 \leq 500 \quad \text{Avellanas}$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 1000 \quad \text{Maní}$$

$$x_1 + 2x_3 \leq 500 \quad \text{Chocolate}$$

$$x_3 \leq 100$$

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

El Nuevo Producto tendrá un Costo Marginal (costo de producir una unidad) =

$$a_{14}y_1 + a_{24}y_2 + a_{34}y_3 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 = 3$$

La Ganancia Marginal debería ser  $c_4 \geq 3$  para que la producción del nuevo producto sea considerada en el nuevo Plan de Producción.

### 1.5 Resto de informes del Solver

#### 1.5.1 Informe de Responder o Respuesta. Glosario de términos y conceptos asociados

	A	B	C	D	E	F	G	H
4	<b>Resultado: Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.</b>							
5	<b>Motor de Solver</b>							
6	Motor: Simplex LP							
7	Tiempo de la solución: 0,047 segundos.							
8	Iteraciones: 3 Subproblemas: 0							
9	<b>Opciones de Solver</b>							
10	Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precisión 0,000001, Usar escala automática							
11	Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado,							
12	Tolerancia de enteros 1%, Asumir no negativo							
13								
14	Celda objetivo (Máx.)							
15	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor original</b>	<b>Valor final</b>				
16	\$E\$32	M. Comercial Total	0 €	1.800 €				
17								
18								
19	Celdas de variables							
20	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor original</b>	<b>Valor final</b>	<b>Entero</b>			
21	\$B\$28	Unidades TM	0 ud	100 ud	Continuar			
22	\$C\$28	Unidades NC	0 ud	400 ud	Continuar			
23	\$D\$28	Unidades TC	0 ud	100 ud	Continuar			
24								
25								
26	Restricciones							
27	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor de la celda</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Estado</b>	<b>Demora</b>		
28	\$B\$39	Avellanas Uso Consumo	500 kg	\$B\$39<=\$D\$39	Vinculante	0		
29	\$B\$40	Maní Uso Consumo	1.000 kg	\$B\$40<=\$D\$40	Vinculante	0		
30	\$B\$41	Chocolate Uso Consumo	300 kg	\$B\$41<=\$D\$41	No vinculante	200		
31	\$B\$42	TC Uso Consumo	100 ud	\$B\$42<=\$D\$42	Vinculante	0		
32								

Ilustración 5

#### 1.5.1 Informe de Límite. Glosario de términos y conceptos asociados

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>							
8	\$E\$32	M. Comercial Total	1.800 €							
9										
10										
11		<b>Variable</b>		<b>Inferior</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Superior</b>	<b>Objetivo</b>			
12	<b>Celda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>	<b>Límite</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite</b>	<b>Resultado</b>			
13	\$B\$28	Unidades TM	100 ud	0 ud	1.600 ud	100 ud	1.800 ud			
14	\$C\$28	Unidades NC	400 ud	0 ud	600 ud	400 ud	1.800 ud			
15	\$D\$28	Unidades TC	100 ud	0 ud	1.400 ud	100 ud	1.800 ud			
16										

Ilustración 6