

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Análisis de datos y apoyo a la toma de decisiones con Solver. Ejemplo práctico:
"Repre SL".

Data analysis and support for making decision with Solver. Practical example: "Repre
SL".

Autor: D. Daniel Monescillo Bustamante

Tutor: D. José Ignacio González Gómez

Grado en Administración y Dirección de Empresas

FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO

Curso Académico 2015/2016

San Cristóbal de La Laguna, a 16 de septiembre de 2016.

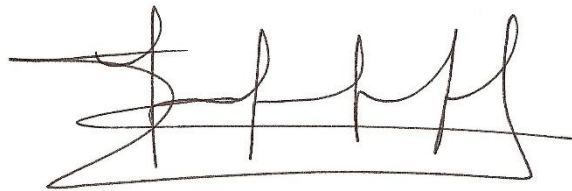
D. José Ignacio González Gómez profesor titular del Departamento de Economía
Financiera y Contabilidad de la Universidad de La Laguna.

CERTIFICA:

Que la presente Memoria de Trabajo Fin de Grado en Administración y Dirección de Empresas titulada “Análisis de datos y apoyo a la toma de decisiones con Solver. Ejemplo práctico: “Repre SL” y presentado por el alumno Daniel Monescillo Bustamante, realizado bajo mi dirección, reúne las condiciones exigidas por la Guía Académica de la asignatura de su defensa.

Para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo la presente en San Cristóbal de La Laguna a 7 de septiembre de dos mil dieciséis.

El Tutor

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and strokes, representing the name of the tutor.

Fdo.: D. José Ignacio González Gómez

En San Cristóbal de La Laguna, a 7 de septiembre del año 2016

INDICE DE CONTENIDOS

1- RESUMEN.....	5
2- INTRODUCCION.....	6
3- ENUNCIADO.....	8
4- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA y DESARROLLO.....	12
5- SOLUCION.....	15
6- CONCLUSIONES.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	17
ANEXO 1.....	18

INDICE DE TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1. PEDIDO MINIMO DE PRODUCTOS.....	10
CUADRO 2: MEDIDAS DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS.....	11
CUADRO 3: COSTES DIRECTOS E INDIRECTOS.....	11
CUADRO 4: RESTRICCIONES.....	12
CUADRO 5: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EN SOLVER.....	12
CUADRO 6: PLANTEAMIENTO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
CUADRO 7: SOLUCIÓN Y COSTES DIRECTOS E INDIRECTOS.....	14

1. RESUMEN

A continuación estudiaremos el apoyo a la toma de decisiones que nos aporta la Programación Lineal y el complemento del Microsoft Excel, Solver, y su aplicación a casos prácticos. En este caso concreto, estudiaremos el ejemplo de la empresa Repre SL, la cual se dedica a la representación de productos sanitarios. Actualmente se encuentra estudiando si abrir un almacén en la ciudad de Madrid desde donde comercializar los productos que representa. Es por ello que necesita saber con cuántas unidades de cada producto debe contar para obtener el mayor beneficio posible.

Por tanto, le asignaremos diferentes restricciones y variables reales al problema con el fin de conseguir un resultado ó margen neto óptimo.

Palabras clave: Apoyo a la toma de decisiones; Solver; margen neto.

1. ABSTRACT

Then we study support decision making that gives us the linear programming and the complement of Microsoft Excel, Solver, and its application to practical cases. In this case, we will study the example of Repre SL company, which is dedicated to the representation of bath products. He is currently studying whether to open a store in the city of Madrid from where products representing market. That is why you need to know how many units of each product must have to get the greatest possible benefit.

Therefore, we will assign different constraints and real variables to the problem in order to achieve an optimum result or net margin.

Keywords: Support for decision making; Solver; net margin.

2. INTRODUCCIÓN

La programación lineal es la respuesta en forma de algoritmo que dan las Matemáticas a la esquematización de problemas reales, pudiendo maximizar/minimizar la función objetivo que escojamos con diversas restricciones. Como comenta González Gómez, “La técnica matemática conocida por programación lineal se utiliza para obtener una solución óptima a un problema condicionado por unas variables de partida sujetas a ciertas restricciones”. Lo que intenta conseguir es la asignación correcta de recursos escasos para conseguir las determinadas metas que se fije el usuario. Este caso que estudiaremos es un caso real, puesto que los resultados obtenidos se utilizarán para proceder a la apertura del almacén del que se habla o no. Para la resolución de un problema así, deberíamos tener en cuenta diversas características:

- La función objetivo: Realmente, es la meta a la que queremos llegar. Es decir, el resultado a obtener, ya sea maximizarlo o minimizarlo. En este caso concreto, se busca obtener la cantidad de producto que debemos comprar y vender para maximizar nuestro beneficio.

- Las variables: Podemos definir las variables de decisión como elementos que podemos controlar del problema expuesto. Por ejemplo, la cantidad de producto plato de ducha 120x70 que se tiene que comprar y vender para maximizar el beneficio, al igual que para los demás productos.

- Las restricciones: Se pueden definir como las variables que restringen los valores que podemos obtener en las variables de decisión. En el caso propuesto, las restricciones con las que contaríamos sería la de la inversión (puesto que queremos darle realismo al problema con el fin de que se use para fines empresariales), la cual no puede superar un cierto presupuesto con el que se cuenta así como la limitación de metros cuadrados con los que cuenta el almacén. No sería posible mantener productos que ocupen 150 metros cuadrados si nuestro depósito tiene un límite de 100 metros cuadrados.

Podemos encontrarnos con diferentes tipos:

- Programación Determinística: Las variables son exactas.
 - Programación Lineal:
 - Programación Lineal Básica: Las variables de decisión son continuas.
 - Programación Lineal Entera: Utilizada cuando se necesita obtener resultados enteros.
 - Programación Lineal Entera Binaria: Es un caso específico donde la solución pasa por ser o no ser. Es decir, tan solo hay dos soluciones posibles. Sí o no.
 - Programación Lineal Multicriterio: El problema necesita dos objetivos y éstos son contrarios. Si uno sube, el otro tiene que

bajar y viceversa. Se busca la solución óptima entre los dos objetivos “enfrentados”.

- Programación No Lineal:
- Programación Estocástica: Las variables tienen cierta variabilidad

Además de esta forma de clasificación, la programación lineal se puede organizar en función del área económica de la empresa como pueden ser:

- Área Comercial y de Marketing.
- Área de Producción y Costes.
- Área de Recursos Humanos, donde se engloban los turnos de los trabajadores.
- Área de Finanzas.
- Área de Logística, Distribución y Transportes.

Este caso que realizaremos a continuación, se podría englobar en el área de Producción y Costes, si bien no es una empresa productiva, sino una representación de productos. Al final, la empresa quiere alcanzar la combinación óptima de productos que le dé el mayor beneficio posible invirtiendo un máximo y contando con un espacio limitado.

Este tipo de problemas (programación lineal) se pueden resolver mediante Microsoft Excel, el cual, cuenta con un complemento llamado Solver. Esta herramienta resuelve problemas de programación lineal mediante el método Simplex. La gran ventaja que entraña este método, es que resuelve los problemas más complejos ya que no importa el número de variables (soporta hasta 200) que existan en el caso a estudiar siempre y cuando estas variables y restricciones sean lógicas.

Nombre	Descripción	Tipo PLB-PCE	Base	Informe	Modelo
Repre SL	Ventas, maximizar margen neto	PL Básica		Si	Maximizar margen neto

3. ENUNCIADO.

La fábrica Pladucha S.A. cuenta actualmente con Repre SL como representante de ventas en Madrid. Pladucha S.A. tiene su domicilio fiscal en la Región de Murcia mientras Repre SL realiza la mayor parte de su actividad en la Comunidad de Madrid. Repre SL tiene la intención de abrir un almacén desde donde vender los productos que Pladucha le proporciona y quiere averiguar cuál es la combinación óptima de unidades de cada producto para maximizar el beneficio.

Para ello, cuenta con cinco productos:

- Plato de ducha 120x70: Su coste de compra es de 90,00 € mientras que se venden todas las unidades con un PVP de 130,00 €.



www.leroymerlin.com

- Plato de ducha 140x70: Su coste de compra es de 100,00 € mientras que se venden todas las unidades con un PVP de 140,00 €.



www.totmampara.com

- Columna Termostática: Su coste de compra es de 315,00 € mientras que se venden todas las unidades con un PVP de 357,00 €.



www.hidromasaje.net

- Monomando Fregadero: Su coste de compra es de 165,00 € mientras que se venden todas las unidades con un PVP de 191,50 €.



www.amazon.com

- Fregadero INOX: Su coste de compra es de 285,00 € mientras que se venden todas las unidades con un PVP de 316,50 €.



www.altacocinajmunoz.com

Para poder acceder a un precio de compra por nuestra parte más económico, Pladucha nos exige que de cada producto se realice un pedido mínimo de 10 unidades en los productos “Columna Termostática”, “Monomando fregadero”, “Fregadero INOX” y de 20 unidades en los productos “Plato de ducha 120x70” y “Plato de ducha 140x70”.

Cuadro 1.1 Pedido mínimo de productos.

Producto	Pedido mínimo
Columna Termostática	10 unidades
Monomando Fregadero	10 unidades
Fregadero INOX	10 unidades
Plato de ducha 120x70	20 unidades
Plato de ducha 140x70	20 unidades

Fuente: Elaboración propia.

Además, Repre SL, cuenta con un presupuesto máximo de 20.000 € para invertir en los diferentes productos.

Por otro lado, el almacén donde se almacenarán y comercializarán los productos cuenta con 100 m² por lo que habrá que tener en cuenta este dato a la hora de comprar los

productos. En la siguiente tabla podemos observar las medidas y su ocupación tanto en metros cuadrados como en metros cúbicos.

Cuadro 2: Medidas de los diferentes productos.

	Plato 120x70x3	Plato 140x70x3	Columna Termostática	Monomando Fregadero	Fregadero INOX
Espacio ocupado en m2	0,9375	1,0875	0,425	0,045	0,36
Espacio ocupado en m3	0,046875	0,054375	0,19125	0,00675	0,054
Medidas (Con caja)	125x75x5	145x75x5	170x25x45	45x10x15	80x45x15

Fuente:Elaboración propia.

Cuadro 3: Cuadro de los costes directos e indirectos.

	Plato 120x70x3	Plato 140x70x3	Columna Termóstatica	Monomando Fregadero	Fregadero INOX	Total
Cantidad a vender						
Coste Directo Productos						
Coste de Compra	90,00 €	100,00 €	315,00 €	165,00 €	285,00 €	
Coste Indirecto Productos						
Alquiler Almacén						1.000,00 €
Salarios x3						3.000,00 €
Suministros						300,00 €
P.V.P	130,00 €	140,00 €	357,00 €	191,50 €	316,50 €	
Beneficio unitario	40,00 €	40,00 €	42,00 €	26,50 €	31,50 €	

Fuente:Elaboración propia.

El coste del almacén es de 1.000 € mensuales y además tendremos que contratar a 3 personas con un coste de 1.000 € por persona. Los suministros ascienden a 300 € mensuales. Esto hace que los Costes Fijos sean de 4.300 € al mes.

Se busca saber cuántas unidades de cada producto se deben comprar y vender para **maximizar el beneficio bruto**, quitando a este dato los costes fijos y obteniendo el Margen Neto.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DESARROLLO.

En primer lugar debemos tener en cuenta las restricciones señaladas anteriormente y aplicarlas al complemento Solver.

Cuadro 4: Restricciones.

Restricciones		
Todas las variables de decisión deben ser no negativas		
Los pedidos mínimos de cada producto se deben cubrir		
Plato 120x70x3	= >	20
Plato 140x70x3	= >	20
Columna Termostática	= >	10
Monomando Fregadero	= >	10
Fregadero INOX	= >	10

Restricciones		
Todas las variables de decisión deben ser no negativas		
El tamaño del almacén es de 100 m2, no es posible superarlo.		
Espacio en m2	< =	100

Restricciones		
Todas las variables de decisión deben ser no negativas		
El presupuesto con el que se cuenta es de cómo máximo 20000 €		
Total Inversión	= <	20000

Fuente:Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla adjunta, contamos con las variables de decisión (ya explicadas anteriormente) así como la función objetivo ya calculada.

Cuadro 5: Planteamiento del problema en Solver.

Variables de Decisión	Función Objetivo					
Planteamiento del problema						
	Plato 120x70x3	Plato 140x70x3	Columna Termostática	Monomando Fregadero	Fregadero INOX	Total
Espacio ocupado en m2	0,9375	1,0875	0,425	0,045	0,36	
Espacio ocupado en m3	0,046875	0,054375	0,19125	0,00675	0,054	
Medidas (sin caja)	120x70x3	140x70x3	168x21x39	40x8x10	75x40x10	
Medidas (con caja)	125x75x5	145x75x5	170x25x45	45x10x15	80x45x15	
Cantidad	73,52750762	20	10	32,62135948	10	146,148867

Fuente:Elaboración propia.

Al analizar más detenidamente la tabla, nos damos cuenta de que utilizando las restricciones (recordemos, restricción de la inversión, no más de 20.000 euros así como un pedido mínimo de 10 y 20 unidades de cada producto. Por otro lado, la restricción del espacio, no se podrá superar el espacio de 100 metros cuadrados) nos indica ciertas cantidades a comprar de cada producto. En concreto:

- 74 unidades del plato de ducha 120x70.
- 20 unidades del plato de ducha 140x70.
- 10 unidades de la columna termostática.
- 33 unidades del monomando fregadero.
- 10 unidades del fregadero INOX.

Como se puede apreciar, todos los productos están representados, siendo la columna termostática, el fregadero INOX y el plato de ducha 140x70 a los que menos rentabilidad tanto física como económica se les puede obtener. Esto lo podemos conocer debido a que son las cantidades mínimas que el proveedor nos exigía comprar de cada producto.

Además, aparte de la primera restricción cumplida (10 y 20 unidades de cada producto), podremos analizar la segunda restricción en la siguiente tabla.

Cuadro 6: Planteamiento y solución del problema.

Variables de Decisión	Función Objetivo					
Planteamiento del problema						
	Plato 120x70x3	Plato 140x70x3	Columna Termostática	Monomando Fregadero	Fregadero INOX	Total
Espacio ocupado en m2	0,9375	1,0875	0,425	0,045	0,36	
Espacio ocupado en m3	0,046875	0,054375	0,19125	0,00675	0,054	
Medidas (sin caja)	120x70x3	140x70x3	168x21x39	40x8x10	75x40x10	
Medidas (con caja)	125x75x5	145x75x5	170x25x45	45x10x15	80x45x15	
Cantidad	73,52750762	20	10	32,62135948	10	146,148867
Total Ocupado	68,93203839	21,75	4,25	1,467961177	3,6	99,9999996
Coste	90	100	315	165	285	
Total Inversion	6617,475685	2000	3150	5382,524315	2850	20000
Margen de Beneficio Bruto	2941,100305	800	420	864,4660263	315	5340,56633
				Costes Fijos		4300
				Margen Neto		1040,5663

Fuente:Elaboración propia.

Si calculamos los metros cuadrados ocupados por cada producto, llegamos a la conclusión de que la restricción del espacio también se cumple. No superamos los 100 metros cuadrados de límite establecidos. Nos quedamos en 99,9999996 metros cuadrados.

A su vez, con esta tabla podemos estudiar también la tercera restricción, la de la inversión. Como ya se ha comentado anteriormente, Repre SL contaba con un máximo de inversión de 20.000 euros. Límite que no ha superado ya que la suma de las inversiones en cada producto alcanza un sumatorio de los mismos 20.000 euros.

En esta nueva tabla, igualmente se puede analizar el margen de beneficio bruto, que alcanzaría los 5340,57 euros, cantidad a la que habría que descontarle los Costes Fijos mensuales con lo que quedaría en un margen neto de 1040,57 euros.

En definitiva, podemos concluir que con los datos suministrados y las restricciones dadas, el margen neto alcanzado es el máximo que se puede alcanzar.

Cuadro 7: Solución y costes directos e indirectos.

	Plato 120x70x3	Plato 140x70x3	Columna Termóstatica	Monomando Fregadero	Fregadero INOX	Total
Cantidad a vender	74	20	10	33	10	
Coste Directo Productos						
Coste de Compra	90,00 €	100,00 €	315,00 €	165,00 €	285,00 €	
Coste Indirecto Productos						
Alquiler Almacén						1.000,00 €
Salarios x3						3.000,00 €
Suministros						300,00 €
P.V.P	130,00 €	140,00 €	357,00 €	191,50 €	316,50 €	
Beneficio unitario	40,00 €	40,00 €	42,00 €	26,50 €	31,50 €	

Fuente:Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, donde contamos con el P.V.P y el Beneficio Unitario, a pesar de que el mayor beneficio por producto se le obtenga a la venta de las columnas termostáticas, se vende más cantidad del plato 140x70. Esto es debido a que el coste de compra es mucho menor mientras que la diferencia de beneficio deja un margen pequeño. Este coste de compra hace que el dinero a invertir se pueda emplear en varios productos (ya que donde se compra una columna, se compran tres platos de ducha a los cuales se les consigue 120 € de beneficio y a la columna termostática solamente dos euros). Asimismo ocurre con el monomando fregadero, en este caso, la diferencia radica en el tamaño de cada producto, mientras que el plato ocupa 1,08 metros cuadrados, el monomando tan solo ocupa 0,045 metros cuadrados. A pesar de que el beneficio unitario sea mayor en el plato de ducha, la diferencia de tamaño nos hace escoger la solución dada, puesto que es la óptima.

En el caso del fregadero INOX, podemos observar como su coste de compra es el segundo más elevado y su beneficio no es de los más altos. Este coste nos da menos margen para comprar, ya que cuesta prácticamente el triple que un plato 120x70 y además, tiene menor beneficio unitario. Es por ello que el Solver nos asigna una compra de 10 unidades, ya que como recordamos, es el pedido mínimo y debe respetar la restricción.

5. SOLUCIÓN.

En conclusión, tras el uso del complemento Solver perteneciente al programa Microsoft Excel, podemos asegurar que la solución obtenida es la óptima para el problema planteado ya que tiene en cuenta todas las variables y restricciones dadas y aporta el mayor Margen Neto posible.

Vender 74 unidades del producto 120x70, 20 del producto 140x70, 10 ud de la columna termostática, 33 del monomando fregadero y 10 del fregadero INOX arrojan un margen neto de **1040,56 €** el cual es el óptimo.

La programación lineal tiene en cuenta todas las variables y es por ello que a pesar de que haya productos que tengan una mayor rentabilidad unitaria, de ese producto concreto no se compre tanta cantidad como de otro que cuente con una rentabilidad unitaria menor, esto es, se tiene en cuenta el tamaño del producto así como su precio de compra. Lo explicado antes, un menor precio de compra permite mucho mayor margen de maniobra a la hora de invertir en cierto producto.

6. CONCLUSIONES.

En definitiva, podemos concluir que el uso de la programación lineal y en concreto del complemento Solver es muy útil para diversas situaciones y en función, de lo queramos obtener (máximos, mínimos, óptimos) y las diferentes restricciones, nos dará un resultado u otro.

Se puede afirmar también, que utiliza todas las variables dadas y da resultados lógicos, puesto que antes de conseguir este resultado óptimo, se realizan estudios para ir comprobando diferentes alternativas respecto a las diferentes oportunidades de alquiler de almacén que van surgiendo, las diferentes inversiones que se pudieran realizar, la negociación de precios, etc.

Solver es un ejemplo claro de la ayuda que puede proporcionar el Microsoft Excel al empresario y a cualquier tipo de usuario medio en el mundo de la informática.

Para Repre SL, el aprendizaje de esta nueva herramienta representa un avance importantísimo a la hora de tomar decisiones ya que aporta información valiosísima para el desarrollo a corto, medio y largo plazo de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado Boirivant, J. (2009) *La programación lineal aplicación de las pequeñas y medianas empresas*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Espinosa Paredes, G. & Vázquez Rodríguez, A. (2016). *Aplicaciones de programación no lineal*. OmniaScience.

Faulin, J. & Juan, Ángel A.(s.f). *Aplicaciones de la programación lineal*. Recuperado en agosto de 2016, de <http://www.uoc.edu/>

Fernández Lechón, R. & Castrodeza Chamorro, C. (1989). *Programación Lineal*. Barcelona: Ariel.

Gass, S.I (1979). *Programación lineal: Métodos y aplicaciones*. México D.F: Continental.

Goberna, M. (2004). *Optimización lineal*. España: S.A: McGraw-Hill / Interamericana de España.

Guerrero Salas, H. (2009). *Programación lineal aplicada*. ECOE.

González Gómez, J. I. (s.f.). *José Ignacio González Gómez*. Recuperado en agosto de 2016, de <http://www.jggomez.eu/>

Pérez Marqués, M. (2013). *Modelos predictivos y programación lineal. Ejercicios resueltos con Excel*. Createspace.

Ramos Méndez, E. (2012) *Programación lineal y entera*. Ediciones Académicas.

Sala Garrido, R. (1993). *Programación lineal: metodología y problemas*. Madrid: Tébar Flores.

ANEXO 1:

Relación de platos más vendidos en 2016:

Medidas	90	100	120	140	150	160	170	180
70	10	40	70	50	20	20	10	10
80	0	30	60	60	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, a la hora de realizar un pedido de grandes cuentas, los clientes prefieren las medidas que están coloreadas en rojo, esto es debido a que son los platos estándares y los más vendidos habitualmente. Se piden en grandes cuentas ya que su coste es bastante más económico y si son clientes grandes pueden mantenerlos en Stock.

Según este estudio realizado por la propia empresa, se ha decidido invertir en estos productos puesto que son los que tienen mayor salida.

Además, la empresa no quiere centrarse exclusivamente en la venta de platos de ducha, ya que considera, que aunque saque un menor beneficio en la venta de otros productos, proporciona un servicio extra al cliente por el cual gana una ventaja competitiva con respecto al resto de competidores. Es por ello que también se ha realizado un análisis sobre las ventas del año 2016 en el resto de productos sanitarios con los que cuenta Pladucha SL para comprobar qué productos son más vendidos y solicitados por el cliente. Finalmente, los elegidos han sido el Monomando Fregadero, el Fregadero INOX y la Columna Termóstática.