



Miramar Restaurante

Programación Lineal Entera - Binaria

Jose Ignacio González Gómez

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad - Universidad de La Laguna

www.jggomez.eu

Miramar RRHH I	De qué manera se puede cumplir con los requerimientos de servicio del restaurante minimizando el número de trabajadores a contratar y otras preguntas	PL Entera - Binaria	NO	RRHH	4 Casos PL Entera y Binaria	
----------------	---	---------------------	----	------	-----------------------------	--

Enunciado

Restaurante Miramar abre los 7 días de la semana. Según se desprende de los años de experiencia el número de trabajadores por día necesarios se resume en el cuadro siguiente:

Necesidades de Trabajadores Día de la Semana

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Operarios	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.

Se pide:

1. Formulación algebraica del problema.
2. Responder a las siguientes cuestiones:
 - 2.1. De qué manera se puede cumplir con los requerimientos de servicio del restaurante minimizando el número de trabajadores a contratar
 - 2.2. 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?
 - 2.3. 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?
 - 2.4. Normalmente se necesitan 15 trabajadores los días miércoles. Dentro de que intervalo puede variar este numero sin modificar la solución básica óptima.
 - 2.5. 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 €). 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 1.100 € 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?
 - 2.6. 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 a 900 € por mes. ¿Cambiaría esto la Solución Óptima? ¿Cual sería el impacto en el costo salarial total?

2.7. 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 1.200 € por mes. Esta decisión, incrementaría o disminuiría el costo salarial total del Restaurante

Planteamiento del problema

Formulación matemática

Variable de Decisión : $x(i)$ => 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.

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

s. r.

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

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

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

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

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

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

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

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

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 B37:H37, es decir el numero de trabajadores a asignar a cada turno.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
33	Variables de Decisión	Función Objetivo							
34	Planteamiento del Problema								
35	Planificación de las necesidades de RRHH								
36		(*) Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6	Turno 7	Total
37	Operarios								0 op
38	Lunes	1			1	1	1	1	0 op
39	Martes	1	1			1	1	1	0 op
40	Miércoles	1	1	1			1	1	0 op
41	Jueves	1	1	1	1			1	0 op
42	Viernes	1	1	1	1	1			0 op
43	Sábado		1	1	1	1	1		0 op
44	Domingo			1	1	1	1	1	0 op
45	(*) Nº de trabajadores asignados a cada turno								

Ilustración 1

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 con las restricciones del número de operarios mínimo necesarios cada día de la semana según las necesidades previstas.

Resolución con Solver

Finalmente debemos identificar la celda objetivo, en nuestro caso será I37, es decir el mínimo de numero de trabajadores necesarios ajustado a nuestras necesidades.

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 ≥ 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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) accedemos a la resolución del problema.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
33	Variables de Decisión		Función Objetivo						
34	Planteamiento del Problema								
35	Planificación de las necesidades de RRHH								
36	(*)	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6	Turno 7	Total
37	Operarios	4 op	7 op	1 op	4 op	3 op	3 op	0 op	22 op
38	Lunes	1			1	1	1	1	14 op
39	Martes	1	1			1	1	1	17 op
40	Miércoles	1	1	1			1	1	15 op
41	Jueves	1	1	1	1			1	16 op
42	Viernes	1	1	1	1	1			19 op
43	Sábado		1	1	1	1	1		18 op
44	Domingo			1	1	1	1	1	11 op
45	(*) Nº de trabajadores asignados a cada turno								
46									
47	Restricciones								
48	Todas las variables deber ser no negativas								
49	Limitación de disponibilidad de Recursos - RESTRICCIONES								
50	Restricciones	Uso	Disponibilidad de Recursos y			Holgura			
51		Consumo	Restricciones	RHS (Right Hand Side)		(Slack)			
52	Lunes	14 op	>=	14 op	B37	0 op			
53	Martes	17 op	>=	13 op	C37	-4 op			
54	Miércoles	15 op	>=	15 op	D37	0 op			
55	Jueves	16 op	>=	16 op	E37	0 op			
56	Viernes	19 op	>=	19 op	F37	0 op			
57	Sábado	18 op	>=	18 op	G37	0 op			
58	Domingo	11 op	>=	11 op	H37	0 op			

Ilustración 3

Destacar de la Ilustración 3 que el objetivo se alcanza contratando 22 empleados.

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

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

Tal y como se muestra en la Ilustración 3, el total de operario necesarios asciende a 22 organizados en 6 turnos o equipos de trabajo.

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?

El lado derecho de la cuarta restricción aumenta en 2 unidades y el precio sombra es 0, entonces el objetivo no se modifica (el total de trabajadores necesarios para el staff del restaurante permanece inalterable), es decir este aumento cae dentro del intervalo de confianza $[16-4 ; 16+3] = [12;19]$ (ver Ilustración 4)

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?

El precio sombra para la primer restricción es 0.33, entonces el objetivo cambia en $-3 \times 0.33 = -1$ (ver Ilustración 4)

	A	B	C	D	E	F	G	H
6	Celdas de variables							
7				Final	Reducido	Objetivo	Permisible	Permisible
8	Celda	Nombre		Valor	Coste	Coefficiente	Aumentar	Reducir
9	\$B\$37	Operarios Turno 1		4	0	1	0,5	1
10	\$C\$37	Operarios Turno 2		7	0	1	0	0,333333333
11	\$D\$37	Operarios Turno 3		1	0	1	0,5	0
12	\$E\$37	Operarios Turno 4		4	0	1	0,5	0
13	\$F\$37	Operarios Turno 5		3	0	1	0	0,333333333
14	\$G\$37	Operarios Turno 6		3	0	1	0,5	1
15	\$H\$37	Operarios Turno 7		0	0,333333333	1	1E+30	0,333333333
16								
17	Restricciones							
18				Final	Sombra	Restricción	Permisible	Permisible
19	Celda	Nombre		Valor	Precio	Lado derecho	Aumentar	Reducir
20	\$B\$59	Lunes Uso Consumo		14	0,333333333	14	1,5	6
21	\$B\$60	Martes Uso Consumo		17	0	13	4	1E+30
22	\$B\$61	Miércoles Uso Consumo		15	0,333333333	15	6	3
23	\$B\$62	Jueves Uso Consumo		16	0	16	3	4
24	\$B\$63	Viernes Uso Consumo		19	0,333333333	19	4,5	3
25	\$B\$64	Sábado Uso Consumo		18	0,333333333	18	1,5	6
26	\$B\$65	Domingo Uso Consumo		11	0	11	4	1
27								

Ilustración 4

Normalmente se necesitan 15 trabajadores los días miércoles. Dentro de que intervalo puede variar este numero sin modificar la solución básica óptima.

El incremento y decremento admisible para los miércoles son 3 y 6 respectivamente, entonces el rango es $(15-3, 15+6) = (12, 21)$

Normalmente, cualquier trabajador en el restauaran 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 €). 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 1.100 € 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?

El incremento propuesto de 0.1 en el coeficiente de x4 (Turno 4 o Equipo 4) es menor que el incremento admisible de 0.5. La solución óptima no cambiará. El costo total cambia en $4 \times 0.1 = 0.4$, aumentando en 400.

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 a 900 € por mes. ¿Cambiaría esto la Solución Optima? ¿Cual sería el impacto en el costo salarial total?

El decremento propuesto de 0.1 en el coeficiente de x1 es menor que el decremento admisible de 1. La solución óptima no cambiará. El costo total cambia en $4 \times 0.1 = 0.4$, disminuyendo en 400.

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 1.200 € por mes. Esta decisión, incrementaría o disminuiría el costo salarial total del Restaurante

El precio sombra del lunes, miércoles, viernes y sábado es igual a 0.33. Cada empleado reducirá el costo en $4 \times 0.33 = 1.33$ que es superior al salario que representa 1.20. De esta manera esta decisión reducirá el costo total.

Resto de informes del Solver

Informe de Responder o Respuesta

	A	B	C	D	E	F	G	H
4	Resultado: Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.							
5	Motor de Solver							
6	Motor: Simplex LP							
7	Tiempo de la solución: 0,016 segundos.							
8	Iteraciones: 11 Subproblemas: 0							
9	Opciones de Solver							
10	Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precisión 0,000001, Usar escala automática							
11								
12	Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado,							
13	Tolerancia de enteros 1%, Asumir no negativo							
14	Celda objetivo (Mín)							
15	Celda	Nombre	Valor original	Valor final				
16	\$I\$37	Operarios Total	0 op	22 op				
17								
18								
19	Celdas de variables							
20	Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero			
21	\$B\$37	Operarios Turno 1	0 op	4 op	Continuar			
22	\$C\$37	Operarios Turno 2	0 op	7 op	Continuar			
23	\$D\$37	Operarios Turno 3	0 op	1 op	Continuar			
24	\$E\$37	Operarios Turno 4	0 op	4 op	Continuar			
25	\$F\$37	Operarios Turno 5	0 op	3 op	Continuar			
26	\$G\$37	Operarios Turno 6	0 op	3 op	Continuar			
27	\$H\$37	Operarios Turno 7	0 op	0 op	Continuar			
28								
29								
30	Restricciones							
31	Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora		
32	\$B\$59	Lunes Uso Consumo	14 op	\$B\$59>=\$D\$59	Vinculante	0 op		
33	\$B\$60	Martes Uso Consumo	17 op	\$B\$60>=\$D\$60	No vinculante	4 op		
34	\$B\$61	Miércoles Uso Consumo	15 op	\$B\$61>=\$D\$61	Vinculante	0 op		
35	\$B\$62	Jueves Uso Consumo	16 op	\$B\$62>=\$D\$62	Vinculante	0 op		
36	\$B\$63	Viernes Uso Consumo	19 op	\$B\$63>=\$D\$63	Vinculante	0 op		
37	\$B\$64	Sábado Uso Consumo	18 op	\$B\$64>=\$D\$64	Vinculante	0 op		
38	\$B\$65	Domingo Uso Consumo	11 op	\$B\$65>=\$D\$65	Vinculante	0 op		

Ilustración 5

Informe de Límite

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6	Objetivo									
7	Celda	Nombre	Valor							
8	\$I\$37	Operario	22 op							
9										
10										
11	Variable	Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo					
12	Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado			
13	\$B\$37	Operario	4 op	4 op	22 op	#N/A	#N/A			
14	\$C\$37	Operario	7 op	7 op	22 op	#N/A	#N/A			
15	\$D\$37	Operario	1 op	1 op	22 op	#N/A	#N/A			
16	\$E\$37	Operario	4 op	4 op	22 op	#N/A	#N/A			
17	\$F\$37	Operario	3 op	3 op	22 op	#N/A	#N/A			
18	\$G\$37	Operario	3 op	3 op	22 op	#N/A	#N/A			
19	\$H\$37	Operario	0 op	0 op	22 op	#N/A	#N/A			