

INTRODUCCIÓN A PROGRAMACIÓN POR METAS PARA LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO

García Fronti, Verónica

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA –IADCOM). Av. Córdoba 2122 – 1120AAQ, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina

Resumen

Recibido: 04-08-2021

Aceptado: 20-12-2021

Palabras clave

Programación por metas –
Método de Decisión
Multicriterio

El objetivo de este trabajo es introducir a los estudiantes de Ciencias Económicas en las principales características de los modelos de programación por metas y como se efectúa su implementación a través de la programación lineal.

La programación por metas contribuye a la toma de decisiones en un contexto de múltiples objetivos. Dado que en la mayor parte de los casos resulta imposible satisfacer todos los objetivos, lo que se va a buscar son soluciones “suficientemente buenas” en vez de soluciones óptimas, ya que se busca mejorar varios objetivos en forma simultánea a niveles mínimamente satisfactorios.

La herramienta con la que se implementa el modelo es mediante programación lineal que luego se resolverá en las planillas de Microsoft Excel utilizando el Solver, esto facilita el proceso de aprendizaje del modelo ya que le permite al estudiante plantear y resolver varias alternativas al problema dado y empezar a conocerlo mejor.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN (En línea) 2362 3225

INTRODUCTION TO PRACTICAL GOAL PROGRAMMING FOR MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING

Abstract

KEYWORDS

Practical Goal Programming -
multiple criteria decision making

The aim of this paper is to introduce students of economics to the main characteristics of goal programming models.

Goal programming aids decision making in a multi-goal context. Since in most cases it is impossible to satisfy all the objectives, what is going to be sought are "good enough" solutions instead of optimal solutions, since it is sought to improve several objectives simultaneously to minimally satisfactory levels.

The tool with which the model is implemented is through linear programming that will then be solved in Microsoft Excel spreadsheets using the Solver, this facilitates the learning process of the model since it allows the student to propose and solve several alternatives to the given problem.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN (En línea) 2362 3225

INTRODUCCIÓN

La programación por metas es una técnica cuantitativa utilizada para la toma de decisiones en un contexto de múltiples objetivos, que integra una de las metodologías de decisión multicriterio. En general, las organizaciones al momento de tomar decisiones no establecen un único objetivo sino se establecen más de uno y en general están contrapuestos. La programación por metas es utilizada para abordar este tipo de situaciones que presentan metas que se deben satisfacer simultáneamente y se encuentran en conflicto.

Dado que en la mayor parte de los casos resulta imposible satisfacer todos los objetivos, la función objetivo del modelo consiste en la minimización de las desviaciones que hay entre el nivel de logro de cada una de las metas y su correspondiente nivel de aspiración. De esta forma, se buscan soluciones “suficientemente buenas” en vez de soluciones óptimas, ya que se busca mejorar varios objetivos en forma simultánea a niveles mínimamente satisfactorios.

Para desarrollar esta metodología este trabajo presenta la siguiente estructura, primero se explicará a través de un caso de estudio los conceptos básicos de programación por metas y la estructura matemática luego, se plantearán dos procedimientos para encontrar la solución satisfactoria: priorización y ponderación que se resolverán mediante la técnica de programación lineal utilizando planillas de cálculo.

1. CASO DE ANÁLISIS

Para entender mejor cómo se trabaja en la metodología de programación por metas se formulará un ejemplo adaptado del libro de Dylan, J. y Tamiz, M (2009). Una empresa que produce dos bienes *Artículo 1* y *Artículo 2* desea definir su plan de producción semanal. La empresa se plantea cuatro metas que desea satisfacer, por un lado, que la mano de obra no supere, en lo posible, las 120 horas/semana y que el beneficio obtenido sea de por lo menos \$7000. Adicionalmente la empresa determinó que el nivel de producción debe ser de por lo menos 40 unidades de cada artículo.

Los requerimientos de mano de obra para el *Artículo 1* son de 4 horas por semana y el *Artículo 2* necesita 3 horas por semana, por lo que la función de mano de obra es:

$$\text{Mano de obra} \left(\frac{hs}{\text{semana}} \right) = 4x_1 + 3x_2$$

En lo que se refiere al beneficio, el Artículo 1 aporta \$100 por cada kg fabricado y el artículo 2 \$150 por cada kg fabricado, por lo que la función de beneficio es:

$$\text{Beneficio} (\$) = 100 x_1 + 150 x_2$$

Asimismo, las limitaciones que posee la empresa para la fabricación de estos artículos es que se debe comprar un mínimo de 50 litros de uno de los insumos para la fabricación de ambos artículos, siendo que el artículo 1 usa 2 litros del insumo y el artículo 2 usa 1 litro, la restricción se plantea de la siguiente forma:

$$2x_1 + x_2 \geq 50$$

Por otro lado, existe una limitación de maquinaria disponible y se sabe que el tiempo de máquina disponible para ambos artículos es de 75 unidades por semana:

$$x_1 + x_2 \leq 75$$

En base a la problemática planteada en este caso de estudio se pueden expresar matemáticamente las metas que se propone la empresa de la siguiente forma:

1° META: La mano de obra no debe superar, las 120 horas/semana.

$$4x_1 + 3x_2 \leq 120$$

2° META: El beneficio obtenido debe ser de por lo menos \$7000.

$$100x_1 + 150x_2 \geq 7000$$

3° y 4° META: El nivel de producción debe ser de por lo menos 40 unidades para cada artículo.

$$x_1 \geq 40$$

$$x_2 \geq 40$$

Cada una de las desigualdades representa una meta para el decisor que no va a poder cumplir con todas las metas simultáneamente, sino que lo mejor que puede encontrar va a ser una solución de compromiso para estas metas conflictivas. La forma en que programación por metas determina una solución de compromiso es convertir cada desigualdad en una meta flexible que puede ser violada en caso de que sea necesario.

Para lograr esto, se convierte cada desigualdad en una igualdad a la que se le agregan dos variables denominadas de desvío donde:

d_i^- : variable de desvío faltante: mide la cantidad faltante para alcanzar la meta establecida.

d_i^+ : variable de desvío en exceso: mide el exceso obtenido sobre la meta establecida.

A continuación, se expresarán las cuatro metas del problema en metas flexibles. La primera meta, disponibilidad de mano de obra, se flexibiliza agregando las dos variables de desvío y transformando la desigualdad en una ecuación:

$$4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ = 120$$

En donde:

d_1^- : mide la cantidad faltante para alcanzar la meta de mano de obra de 120

d_1^+ : mide el exceso obtenido sobre la meta establecida de mano de obra de 120

Ambas variables de desvío son no negativas y en este tipo de meta, en donde se plantea un valor máximo que no se desea exceder la variable de desvío no deseada será la d_1^+ por lo que será la variable que se deberá minimizar. Si ambas variables de desviación son nulas se logra que la mano de obra sea exactamente de 120.

La segunda meta, beneficio esperado, se flexibiliza de la siguiente forma:

$$100 x_1 + 150 x_2 + d_2^- - d_2^+ = 7000$$

En donde:

d_2^- : mide la diferencia que falta para alcanzar el beneficio de 7000.

d_2^+ : mide el exceso sobre el beneficio de 7000

En este caso, donde la meta propuesta es que como mínimos se obtenga un montó determinado, la variable de desvío no deseada será d_2^- que indica la cantidad que falta para llegar al monto deseado. Nuevamente, si ambas variables de desviación son nulas se genera un beneficio de 7000

La tercera meta flexibilizada se refiere a la cantidad producida del Artículo 1:

$$x_1 + d_3^- - d_3^+ = 40$$

Donde:

d_3^- : mide la diferencia que falta para producir 40 unidades.

d_3^+ : mide el exceso de producción de 40 unidades.

La cuarta meta flexibilizada se refiere a la cantidad producida del Artículo 2:

$$x_2 + d_4^- - d_4^+ = 40$$

Donde:

d_4^- : mide la diferencia que falta para producir 40 unidades.

d_4^+ : mide el exceso de producción de 40 unidades.

Por lo que las cuatro metas planteadas flexibilizadas son las siguientes:

META 1: Mano de obra $4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ = 120$

META 2: Beneficios $100 x_1 + 150 x_2 + d_2^- - d_2^+ = 7000$

META 3: Producción de Artículo 1 $x_1 + d_3^- - d_3^+ = 40$

META 4: Producción del Artículo 2 $x_2 + d_4^- - d_4^+ = 40$

La función objetivo del modelo consiste en la minimización de las desviaciones indeseadas que hay entre el nivel obtenido de cada una de las metas y su correspondiente nivel de aspiración. Como se ha mencionado los desvíos que se desean minimizar son aquellos que violan la meta, a los que se denomina desvíos indeseados. En este caso el modelo matemático resultante es:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & M_1 = d_1^+ \\
 & M_2 = d_2^- \\
 & M_3 = d_3^- \\
 & M_4 = d_4^- \\
 \text{Sujeto a:} \quad & 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ = 120 \\
 & 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ = 7000 \\
 & x_1 + d_3^- - d_3^+ = 40 \\
 & x_2 + d_4^- - d_4^+ = 40 \\
 & 2x_1 + x_2 \geq 50 \\
 & x_1 + x_2 \leq 75 \\
 & x_1, x_2 \geq 0 \\
 & d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

Para optimizar estos múltiples objetivos con metas conflictivas se desarrollan dos técnicas que transforman los múltiples objetivos en una sola función a optimizar y permitirán que el problema planteado se resuelva como un problema de programación lineal. Las dos técnicas que se describirán son: priorización de las metas (priorización lexicográfica) y ponderación de las metas.

2. PRIORIZACIÓN DE LAS METAS

Este método propone ordenar todas las “n” metas del problema en “q” niveles de prioridad en función de las preferencias del decisor. De esta forma cada meta puede quedar asignada en un nivel de prioridad distinto o bien pueden aparecer varias metas en el mismo nivel.

El decisor asociará prioridades excluyentes a las distintas metas que se encuentren en niveles distintos, e intentará satisfacer aquellas metas situadas en el nivel de prioridad más alto y en caso de conseguirlo intentará satisfacer las situadas en el siguiente nivel de prioridad y así sucesivamente.

Esto implica que el decisor asociará prioridades excluyentes a las distintas metas, es decir, intentará primero satisfacer aquellas metas situadas en el nivel de prioridad más alto, en caso de conseguirlo, intentará satisfacer las situadas en el siguiente nivel de prioridad y así sucesivamente. Esquemáticamente, si el problema presentan *metas*, se deberán minimizar:

$$\text{Minimizar } M_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

El decisor clasifica, en base a su experiencia, las metas del problema en orden de importancia:

$$\text{Minimizar } M_i = P_1 \text{ (Máxima prioridad)}$$

⋮

Minimizar $M_n = P_n$ (Mínima prioridad)

El procedimiento para buscar la solución satisfactoria se inicia con la optimización de la prioridad máxima, P_1 , y termina con la optimización de la prioridad mínima P_n . Se busca que una solución de menor prioridad nunca degrade a una solución de alta prioridad.

Continuando con el ejemplo planteado en la sección anterior, si la empresa conoce el orden en que desea ver satisfechas sus metas y por ejemplo las prioridades de la empresa son las siguientes:

Prioridad 1: Alcanzar la meta de beneficios establecida (M_2)

Prioridad 2: Lograr los objetivos estratégicos de producción (M_3 y M_4)

Prioridad 3: Alcanzar la meta laboral (M_1)

La formulación se da como un vector para ser minimizado lexicográficamente:

$$\text{Min } D = [d_2^-, (d_3^- + d_4^-), d_1^+]$$

La importancia de este vector es que la satisfacción de las metas ubicadas en un nivel de prioridad más alta es estrictamente preferida a las de las metas más bajas.

El primer paso, es minimizar el primer nivel de prioridad por lo que se plantea un problema de programación lineal cuya función objetivo es la minimización del desvío indeseado y las restricciones son las metas flexibilizadas y las restricciones del problema. La estructura del modelo matemático es el siguiente:

$$\text{Min } M_2 = d_2^-$$

$$\text{Sujeto a: } \begin{cases} 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ = 120 \\ 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ = 7000 \\ x_1 + d_3^- - d_3^+ = 40 \\ x_2 + d_4^- - d_4^+ = 40 \\ 2x_1 + x_2 \geq 50 \\ x_1 + x_2 \leq 75 \\ x_1, x_2 \geq 0 \\ d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ \geq 0 \end{cases}$$

Una vez resuelto el modelo mediante el uso del Solver la solución viable obtenida al realizar la minimización del desvío no deseado en el primer nivel de prioridad se obtiene en la Figura 1.

Figura 1: Planilla de resultado del primer nivel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x_1	x_2	d_1^+	d_1^-	d_2^+	d_2^-	d_3^+	d_3^-	d_4^+	d_4^-	M_2		
2	Coefficiente	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
3		70	0	160	0	0	0	30	0	0	40	0		
4	Restricciones													
5	M1	4	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	120	=	120
6	M2	100	150	0	0	-1	1	0	0	0	0	7000	=	7000
7	M3	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	40	=	40
8	M4	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	40	=	40
9	R1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	140	>=	50
10	R2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	70	<=	75
11														

Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 1 se observa que el óptimo se da cuando $d_2^- = 0$ (es decir la meta de beneficios se cumple y beneficio obtenido es de \$7000), de esta forma se obtiene el conjunto de soluciones óptimas alternativas viables para esta optimización. Este conjunto formará la región factible para la optimización del segundo nivel de prioridad.

El segundo paso, es minimizar el desvío no deseado del segundo nivel de prioridad:

$$\begin{aligned} \text{Min } M_{3,4} &= d_3^- + d_4^- \\ \text{Sujeto a: } &\begin{cases} d_2^- = 0 \\ 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ = 120 \\ 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ = 7000 \\ x_1 + d_3^- - d_3^+ = 40 \\ x_2 + d_4^- - d_4^+ = 40 \\ 2x_1 + x_2 \geq 50 \\ x_1 + x_2 \leq 75 \\ x_1, x_2 \geq 0 \\ d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

La solución viable obtenida al realizar la minimización del desvío no deseado en el segundo nivel de prioridad se encuentra en la Figura 2.

Figura 1: Planilla de resultado del segundo nivel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x ₁	x ₂	d ₁ ⁺	d ₁ ⁻	d ₂ ⁺	d ₂ ⁻	d ₃ ⁺	d ₃ ⁻	d ₄ ⁺	d ₄ ⁻	M _{3,4}		
2	Coeficiente	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
3		40	35	145	0	2250	0	0	0	0	5	5		
4	Restricciones													
5	M1	4	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	120	=	120
6	M2	100	150	0	0	-1	1	0	0	0	0	7000	=	7000
7	M3	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	40	=	40
8	M4	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	40	=	40
9	R1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	115	>=	50
10	R2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	75	<=	75
11		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	=	0
12														

Fuente: Elaboración propia

Los objetivos del segundo nivel de prioridad no se pueden ser satisfechos completamente, se observa que el mínimo valor de $M_{3,4} = d_3^- + d_4^- = 5$. Nuevamente, la solución viable factible para esta optimización es la región factible para el 3 nivel de prioridad.

El tercer y último paso, es minimizar la desviación del tercer nivel de prioridad:

$$\begin{aligned} \text{Min } M_1 &= d_1^+ \\ \text{Sujeto a: } &\left\{ \begin{aligned} d_3^- + d_4^- &= 5 \\ d_2^- &= 0 \\ 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ &= 120 \\ 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ &= 7000 \\ x_1 + d_3^- - d_3^+ &= 40 \\ x_2 + d_4^- - d_4^+ &= 40 \\ 2x_1 + x_2 &\geq 50 \\ x_1 + x_2 &\leq 75 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \\ d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ &\geq 0 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

La solución final, del tercer nivel de prioridad se encuentra en la Figura 3.

Figura 3: Planilla de resultado del tercer nivel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x ₁	x ₂	d ₁ ⁺	d ₁ ⁻	d ₂ ⁺	d ₂ ⁻	d ₃ ⁺	d ₃ ⁻	d ₄ ⁺	d ₄ ⁻	M ₁		
2	Coficiente	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
3		35	40	140	0	2500	0	0	5	0	0	140		
4	Restricciones													
5	M1	4	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	120	=	120
6	M2	100	150	0	0	-1	1	0	0	0	0	7000	=	7000
7	M3	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	40	=	40
8	M4	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	40	=	40
9	R1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	110	>=	50
10	R2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	75	<=	75
11		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	=	0
12									1		1	5	=	5

Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 3 se pueden reordenar los datos obtenidos y resumir los principales resultados en una tabla como la Tabla 1.

Tabla 1: Principales resultados

Nº	Meta	Target	Se alcanza el nivel de la meta	Valor alcanzado
1	Disponibilidad de mano de obra	120	NO	260
2	Beneficio	7000	SI	9500
3	x ₁ : cantidad Artículo 1	40	NO	35
4	x ₂ : cantidad Artículo 2	40	SI	40

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 1 que las metas ubicadas en los dos niveles de prioridad más altos han funcionado relativamente bien, pero la meta laboral, ubicada en el tercer nivel de prioridad, está muy lejos de alcanzarse. Si estos reflejan las prioridades de la empresa, entonces esta solución es apropiada y emplearán mano de obra adicional para compensar el déficit. Si por el contrario, el decisor no está satisfecho con esta solución, probablemente se deba al objetivo laboral y se debe emplear una variante diferente o un análisis de sensibilidad con la estructura de prioridad y los valores objetivo para investigar otras soluciones. La solución satisfactoria encontrada muestra un exceso de logros por \$ 2500 para el beneficio obtenido.

A continuación, en la siguiente sección, se describirá el otro procedimiento para resolver el modelo planteado de programación por meta, el método de la ponderación de las metas.

3. PONDERACIÓN DE LAS METAS

Cuando se quiere comparar las desviaciones o analizar las compensaciones entre ellas se debe usar la variante ponderada. El peso técnicamente contiene dos partes, por un lado, un factor de normalización que escala las desviaciones para que puedan compararse en las mismas unidades y por otro lado se debe establecer el peso preferencial que representa la importancia relativa de la penalización para el tomador de decisiones.

Factor de normalización

Para adimensionar las desviaciones, cada desviación se convierte en un valor proporcional de lo lejos que esta del nivel objetivo, en el ejemplo dado, si el tomador de decisiones considera que la penalización de todas las desviaciones no deseadas es igualmente importante. El programa de objetivos ponderados con normalización se da como:

$$\text{Min } D = \frac{d_1^+}{120} + \frac{d_2^-}{7000} + \frac{d_3^-}{40} + \frac{d_4^-}{40}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ &= 120 \\ 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ &= 7000 \\ x_1 + d_3^- - d_3^+ &= 40 \\ x_2 + d_4^- - d_4^+ &= 40 \\ 2x_1 + x_2 &\geq 50 \\ x_1 + x_2 &\leq 75 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \\ d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

La función objetivo a minimizar es la suma total de desviaciones proporcionales, de esta forma la solución encontrada se muestra en la Figura 4.

Figura 4: Ponderación de los desvíos aplicando un factor de normalización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x ₁	x ₂	d ₁ ⁺	d ₁ ⁻	d ₂ ⁺	d ₂ ⁻	d ₃ ⁺	d ₃ ⁻	d ₄ ⁺	d ₄ ⁻	D		
2	Coefficiente	0	0	0,008333333	0	0	0,000143	0	0,025	0	0,025			
3		10	40	40	0	0	0	0	30	0	0	1,0833		
4	Restricciones													
5	M1	4	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	120	=	120
6	M2	100	150	0	0	-1	1	0	0	0	0	7000	=	7000
7	M3	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	40	=	40
8	M4	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	40	=	40
9	R1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	60	>=	50
10	R2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50	<=	75

Fuente: Elaboración propia

Si se ordenan los principales valores encontrados, se puede armar la Tabla 2 sobre los datos relevantes.

Tabla 2: Datos relevantes

Nº	Meta	Target	Se alcanza el nivel de la meta	Valor alcanzado
1	Disponibilidad de mano de obra en horas	120	NO	160
2	Beneficio	7000	SI	7000
3	Cantidad producida Artículo 1	40	NO	10
4	Cantidad producida Artículo 2	40	SI	40

Fuente: Elaboración propia

En esta sección se consideró que a todos los desvíos se les daba la misma importancia y solo se multiplicó a cada desvío por el factor de normalización, a continuación, se planteará el modelo cuando se desea dar diferentes pesos a los desvíos que se quieren minimizar.

Peso de la ponderación

La otra parte en el proceso de ponderación de las metas es elegir el peso de preferencia para la ponderación. El peso puede ser elegido por el decisor debido a su experiencia previa o puede ser definido por un método de decisión consensuada como es el caso del método analítico jerárquico. En este trabajo sólo se describirá como asignar pesos directamente en base a la experiencia del decisor.

Si el decisor define darle mayor peso a la meta de la mano de obra, por ejemplo, el doble el modelo a resolver tendrá la estructura de un modelo de programación lineal como se muestra a continuación:

$$\text{Min} \quad D = 2 \frac{d_1^+}{120} + \frac{d_2^-}{7000} + \frac{d_3^-}{40} + \frac{d_4^-}{40}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} 4x_1 + 3x_2 + d_1^- - d_1^+ &= 120 \\ 100x_1 + 150x_2 + d_2^- - d_2^+ &= 7000 \\ x_1 + d_3^- - d_3^+ &= 40 \\ x_2 + d_4^- - d_4^+ &= 40 \\ 2x_1 + x_2 &\geq 50 \\ x_1 + x_2 &\leq 75 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \\ d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

La solución obtenida cuando a la meta de mano de obra se le dio el doble de peso que a las otras metas se puede observar en la Figura 5.

Figura 5: El decisor asigna diferentes pesos a los desvios

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		x_1	x_2	d_1+	d_1-	d_2+	d_2-	d_3+	d_3-	d_4+	d_4-	D			
2	Coficiente	0	0	0,01666667	0	0	0,000143	0	0,025	0	0,025				
3		5	40	20	0	0	500	0	35	0	0	1,2798			
4	Restricciones														
5	M1	4	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	120	=	120	
6	M2	100	150	0	0	-1	1	0	0	0	0	7000	=	7000	
7	M3	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	40	=	40	
8	M4	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	40	=	40	
9	R1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50	>=	50	
10	R2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	45	<=	75	
11															
12															

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, como se ha realizado en los casos anteriores, a partir de la planilla de datos obtenidos del Solver de Excel se realiza una tabla con los datos más relevantes que se observan en la Tabla 3.

Tabla 3: Datos relevantes

Nº	Meta	Target	Se alcanza el nivel de la meta	Valor alcanzado
1	Disponibilidad de mano de obra en horas	120	NO	140
2	Beneficio	7000	SI	6500
3	Cantidad producida Artículo 1	40	NO	5
4	Cantidad producida Artículo 2	40	SI	40

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

La programación por metas en una herramienta para la toma de decisiones en la cual los criterios en los que se basa la decisión son varios y en general están contrapuestos, por lo que se la clasifica como una metodología de decisión multicriterio. Operativamente se utiliza la programación lineal para hallar la solución satisfactoria, pero se debe tener en cuenta que no es una técnica de optimización ya que no se busca la solución óptima, sino que se busca una solución de compromiso que satisfaga lo mejor posible las metas propuestas.

Para hallar la solución que satisfaga las metas planteadas se puede utilizar la priorización de las metas y la ponderación de las metas. En la priorización una meta de una prioridad superior va a ser desplazada por otra meta de prioridad inferior. La minimización de las variables de desviación ubicadas en un nivel de prioridad más alto se considera infinitamente más importante que las variables de desviación ubicadas en un nivel de prioridad más bajo. En la ponderación de las metas se pueden comparar a las metas entre si al colocarlas en un mismo nivel de prioridad.

BIBLIOGRAFÍA

Davis, K. y McKeown P. (1986). Modelos cuantitativos para administración. México: Editorial Iberoamericana.

Render B., Stair R.M y Hanna M.E. (2006) Métodos cuantitativos para los negocios 9ªEd. Pearson Education. México.

Taha, H. A. (2012). Investigación de operaciones. Novena edición. México: Pearson Educación.

Dylan, J. y Tamiz, M (2009) “Practical Goal Programming” Ed. Springer

