PROGRAMACIÓN ENTERA, PROGRAMACIÓN POR METAS

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender la diferencia entre PL y programación entera.
2. Entender y resolver los tres tipos de problemas de programación entera.

CONTENIDO

- Programación entera
- Programación entera binaria con variables 0-1 (binaria)
- Programación entera mixta
- Programación por metas

INTRODUCCIÓN

- No todos los problemas que enfrentan las empresas se definen en el contexto de programación lineal ordenada.
- Un gran número de problemas tan solo pueden resolverse, si las variables tienen valores enteros.
- Diversos problemas tienen múltiples objetivos y la programación por metas es una extensión de la PL que permite establecer más de un objetivo.

PROGRAMACIÓN ENTERA

- Un modelo de programación entera es donde una o más de las variables de decisión tienen que asumir un valor entero en la solución final.
- Existen tres tipos de problemas de programación entera:

1. Programación entera pura, la cual requiere que todas las variables tengan valores enteros.
2. La programación entera mixta requiere que algunas variables de decisión, no todas, tengan valores enteros.
3. La programación entera cero-uno maneja son casos especiales en los que todas las variables de decisión deben tener valores enteros de solución de 0 o 1.

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN ENTERA DE LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

10-6

- La empresa produce dos productos muy populares entre los restauradores de casas: candelabros antiguos y ventiladores de techo.
- Ambos productos requieren un proceso de producción de dos pasos que implica cableado y ensamble.
- Se requieren 2 horas para cablear cada candelabro y 3 para el ventilador de techo.
- El ensamble final de los candelabros y los ventiladores requiere de 6 y 5 horas, respectivamente.
- La capacidad de producción tan solo permite la disponibilidad de 12 horas para cableado y 30 para el ensamble.

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN ENTERA DE LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

- Cada candelabro producido reditúa \$7 y cada ventilador \$6.
- La decisión de mezcla de producción de Harrison se formula con PL como sigue:

F. O. Maximizar la utilidad Z = $\$7X_1 + \$6X_2$

sujeta a $2X_1 + 3X_2 \leq 12$ **(horas de cableado)**

$6X_1 + 5X_2 \leq 30$ **(horas de ensamble)**

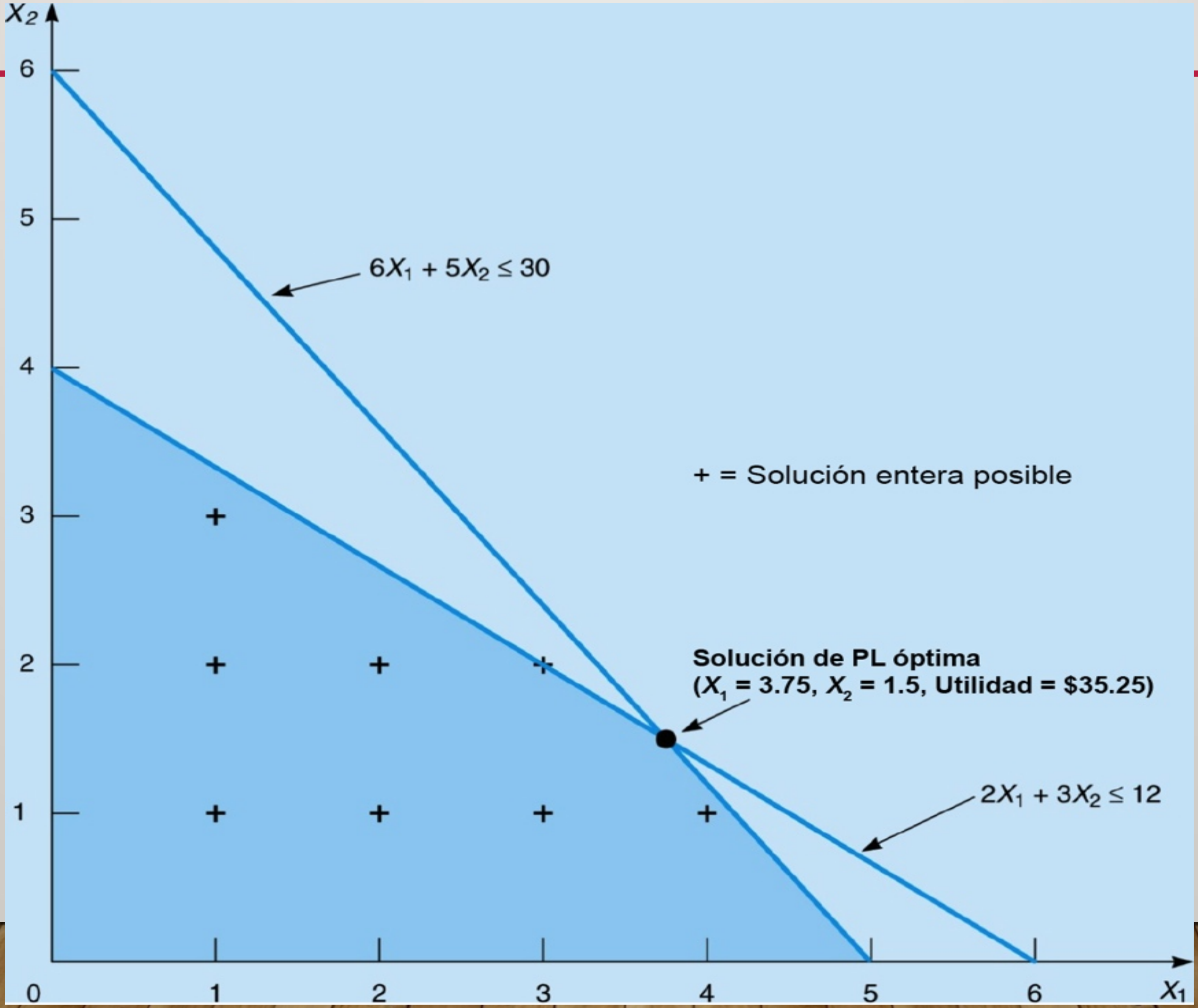
$X_1, X_2 \geq 0$ **(no negatividad)**

donde

X_1 **= número de candelabros producidos**

X_2 **= número de ventiladores de techo producidos**

PROBLEMA DE HARRISON ELECTRIC



LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

- El planeador de producción reconoce que se trata de un problema de programación entera.
- Su primer intento de resolverlo es redondear los valores de $X_1 = 4$ y $X_2 = 2$.
- Sin embargo, lo anterior no es factible.
- Redondear X_2 hacia abajo a 1 es una solución viable, pero no es una solución *óptima*.
- Este problema podría resolverse utilizando el método de *numeración*, pero dicho método es imposible para el manejo de problemas grandes.

SOLUCIONES ENTERAS DEL PROBLEMA DE LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

CANDELABROS (X_1)	VENTILADORES DE TECHO (X_2)	UTILIDAD ($\$7X_1 + \$6X_2$)
0	0	$0
1	0	7
2	0	14
3	0	21
4	0	28
5	0	35
0	1	6
1	1	13
2	1	20
3	1	27
4	1	34
0	2	12
1	2	19
2	2	26
3	2	33
0	3	18
1	3	25
0	4	24

Solución óptima de un problema de programación entera

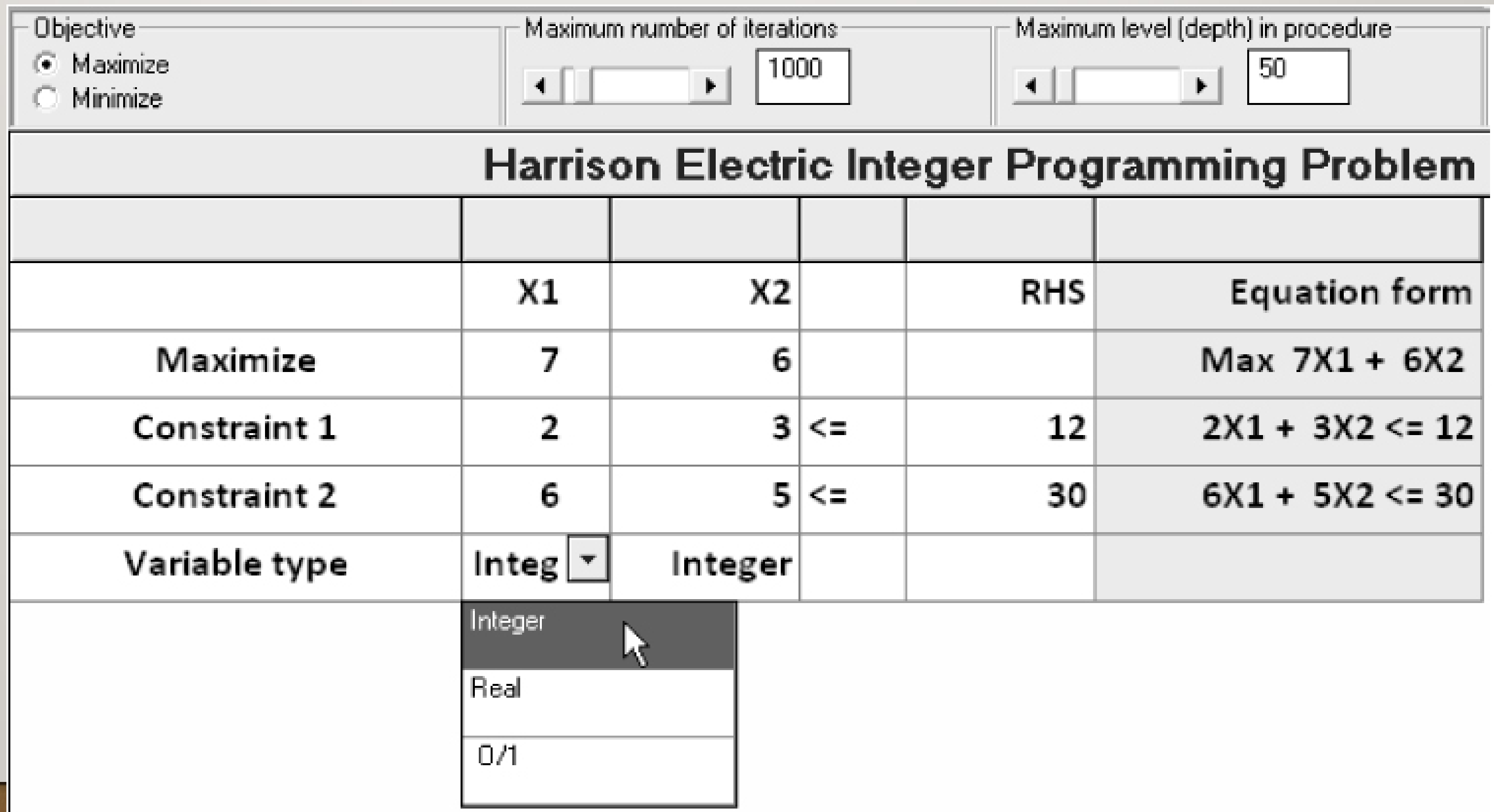
Solución si se utiliza redondeo

LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

- La solución de redondeo de $X_1 = 4$, $X_2 = 1$ ofrece una utilidad de $34.
- La solución óptima de $X_1 = 5$, $X_2 = 0$ proporciona una utilidad de $35.
- La solución entera óptima es menor a la solución óptima de PL.
- Una solución entera *nunca* representará una mejor solución como la que ofrece PL y, *por lo regular*, ofrece un nivel menor de utilidad.

USO DE SOFTWARE PARA EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA DE HARRISON

Pantalla de datos de QM para Windows del problema de la compañía Harrison Electric



Objective

Maximize

Minimize

Maximum number of iterations: 1000

Maximum level (depth) in procedure: 50

Harrison Electric Integer Programming Problem

	X1	X2		RHS	Equation form
Maximize	7	6			Max 7X1 + 6X2
Constraint 1	2	3	<=	12	2X1 + 3X2 <= 12
Constraint 2	6	5	<=	30	6X1 + 5X2 <= 30
Variable type	Integ	Integer			

Integer

Real

0/1

USO DE SOFTWARE PARA EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA DE HARRISON

Panta~~lla de solución con QM para Windows del problema de~~ la compañía Harrison Electric

Objective
Maximize
Minimize

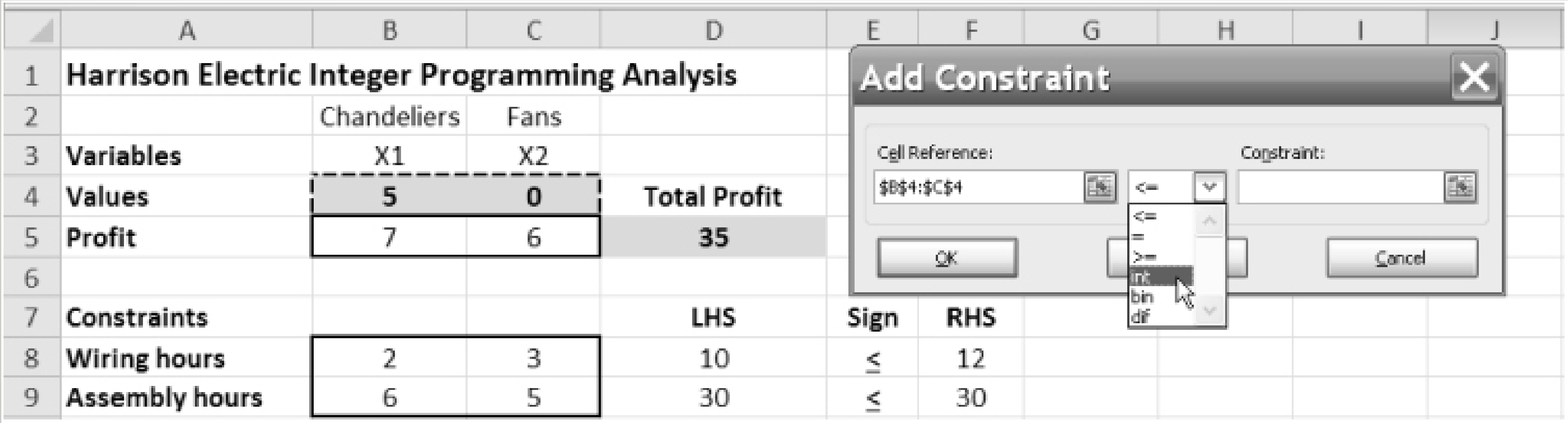
Maximum number of iterations
1000

Integer & Mixed Integer Programming Results

Variable	Type	Value
X1	Integer	5
X2	Integer	0
Solution value		35

USO DE SOFTWARE PARA EL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA DE HARRISON

Solución con Solver de Excel 2010 para el problema de la compañía Harrison Electric



	A	B	C	D	E	F
1	**Harrison Electric Integer Programming Analysis**					
2		Chandeliers	Fans			
3	**Variables**	X1	X2			
4	**Values**	**5**	**0**	**Total Profit**		
5	**Profit**	7	6	**35**		
6						
7	**Constraints**			**LHS**	**Sign**	**RHS**
8	**Wiring hours**	2	3	10	≤	12
9	**Assembly hours**	6	5	30	≤	30

	D
5	=SUMPRODUCT($B$4:$C$4,B5:C5)

EJEMPLO DE PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

- Existen diversas situaciones en las cuales algunas variables están restringidas a ser enteros y en otras no.
- La compañía Bagwell Chemical se dedica a la elaboración de productos químicos.
- Xyline que se debe producir en sacos de 50 libras.
- Y hexall se vende por libras a granel en seco, por lo tanto, se puede elaborar en cualquier cantidad.
- Ambos productos se componen de tres ingredientes: *A*, *B* y *C.*
- Bagwell vende sacos de xyline por $85 y cualquier cantidad de hexall por $1.50 la libra.

EJEMPLO DE PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

CANTIDAD POR SACO DE 50 LIBRAS DE XLINE (LB)	CANTIDAD POR LIBRA DE HEXALL (LB)	CANTIDAD DE INGREDIENTES DISPONIBLE
30	**0.5**	**2,000 lb-ingrediente *A***
18	**0.4**	**800 lb-ingrediente *B***
2	**0.1**	**200 lb-ingrediente *C***

- Bagwell desea maximizar la utilidad.
- Sea X = número de sacos de 50 libras de xyline.
- Sea Y = número libras de hexall.
- Este es un problema de programación entera mixta y como Y representa peso a granel, no es necesario que sea un número entero.

EJEMPLO DE PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

El modelo es:

F.O. Maximizar la utilidad $Z = \$85X + \$1.50Y$

sujeta a

$$30X + 0.5Y \leq 2{,}000$$

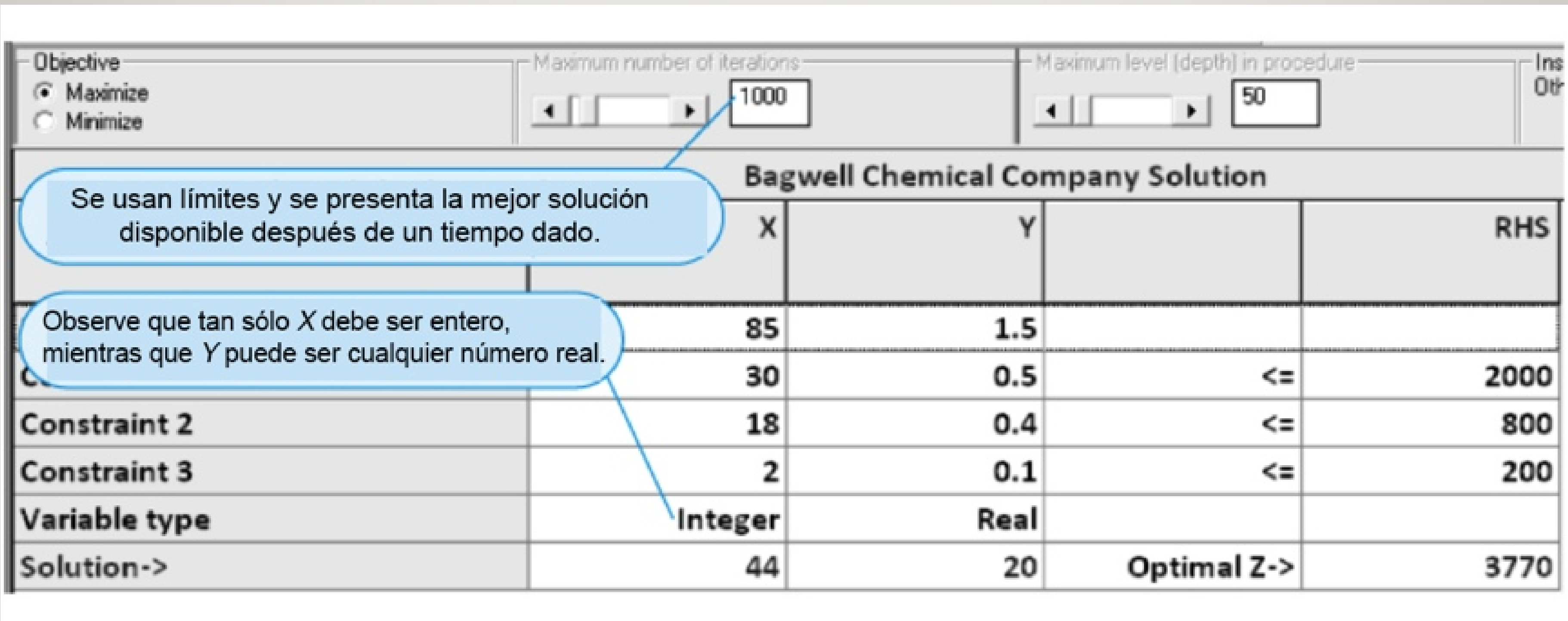
$$18X + 0.4Y \leq 800$$

$$2X + 0.1Y \leq 200$$

$$X, Y \geq 0 \text{ y } X \text{ enteros}$$

EJEMPLO DE PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

Solución con QM para Windows para el problema de Bagwell Chemical



Bagwell Chemical Company Solution

	X	Y		RHS
	85	1.5		
C	30	0.5	<=	2000
Constraint 2	18	0.4	<=	800
Constraint 3	2	0.1	<=	200
Variable type	Integer	Real		
Solution->	44	20	Optimal Z->	3770

EJEMPLO DE PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA

Solución con Solver de Excel para el problema de Bagwell Chemical

	A	B	C	D	E	F
1	**Bagwell Chemical Company**					
2		**Xyline (bags)**	**Hexall (lbs)**			
3	**Variables**	**X**	**Y**			
4	**Values**	**44**	**20**	**Total Profit**		
5	**Profit**	85	1.5	**3770**		
6						
7	**Constraints**			**LHS**	**sign**	**RHS**
8	**Ingredient A**	30	0.5	1330	$\leq$	2000
9	**Ingredient B**	18	0.4	800	$\leq$	800
10	**Ingredient C**	2	0.1	90	$\leq$	200

	E
5	=SUMPRODUCT($B$4:$D$4,B5:D5)

PLANTEAMIENTO
CON VARIABLES 0-1 (BINARIAS)

- En esta sección se demuestra cómo las variables 0-1 se pueden utilizar para modelar diversas situaciones.
- En general, una variable 0-1 se le asigna un valor de 0 si no se satisface una cierta condición, y 1 si se satisface.
- Otro nombre de la variable 0-1 es *variable binaria*.

EJEMPLO DE PRESUPUESTO DE CAPITAL

- Una decisión de presupuesto de capital común implica seleccionar de entre un conjunto de posibles proyectos, cuando las limitaciones de presupuestos hacen imposible seleccionar a todos.
- Una variable 0-1 es definida por cada proyecto.
- La compañía Quemo Chemical considera tres posibles proyectos para mejorar su planta:
  - Un nuevo convertidor catalítico.
  - Un nuevo software para controlar las operaciones.
  - La expansión del almacén.
- No se pueden realizar todos los proyectos.
- Se quiere maximizar el valor presente neto de los proyectos emprendidos.

PRESUPUESTO DE CAPITAL DE QUEMO CHEMICAL

Información de la empresa Quemo Chemical

PROYECTO	VALOR PRESENTE NETO	AÑO 1	AÑO 2
Convertidor catalítico	**$25,000**	**$8,000**	**$7,000**
Software	**$18,000**	**$6,000**	**$4,000**
Ampliación del almacén	**$32,000**	**$12,000**	**$8,000**
Fondos disponibles		**$20,000**	**$16,000**

El modelo básico es:

Maximizar el valor presente neto de los proyectos emprendidos sujeto a

Fondos totales utilizados en el año 1 ≤ $20,000
Fondos totales utilizados en el año 2 ≤ $16,000

PRESUPUESTO DE CAPITAL DE QUEMO CHEMICAL

Las variables de decisión son:

$$X_1 = \begin{cases} 1 \text{ si se financia el proyecto del convertidor catalítico} \\ 0 \text{ de otra manera} \end{cases}$$

$$X_2 = \begin{cases} 1 \text{ si se financia el proyecto del software} \\ 0 \text{ de otra manera} \end{cases}$$

$$X_3 = \begin{cases} 1 \text{ si se financia el proyecto de expansión del almacén} \\ 0 \text{ de otra manera} \end{cases}$$

El planteamiento matemático del problema de programación entera será:

F.O. Maximizar el VPN $Z = 25{,}000X_1 + 18{,}000X_2 + 32{,}000X_3$

sujeto a

$$8{,}000X_1 + 6{,}000X_2 + 12{,}000X_3 \leq 20{,}000$$

$$7{,}000X_1 + 4{,}000X_2 + 8{,}000X_3 \leq 16{,}000$$

$$X_1, X_2, X_3 = 0 \text{ o bien } 1$$

PRESUPUESTO DE CAPITAL DE QUEMO CHEMICAL

Solución con Solver de Excel para el problema de Quemo Chemical

	A	B	C	D	E	F	G
1	Quemo Chemical Company						
2		Catalytic Conv.	Software	Warehouse Expan.			
3	Variables	X1	X2	X3			
4	Values	1	0	1	NPV		
5	Net Present Value	25000	18000	32000	57000		
6							
7	Constraints				LHS	sign	RHS
8	Year 1	8000	6000	12000	20000	≤	20000
9	Year 2	7000	4000	8000	15000	≤	16000

Add Constraint

Cell Reference: $B$4:$D$4 <=

Constraint:

<=
=
>=
int
bin
dif

OK Cancel

	E
5	=SUMPRODUCT($B$4:$D$4,B5:D5)

PRESUPUESTO DE CAPITAL DE QUEMO CHEMICAL

- La solución óptima con Solver de Excel es $X_1 = 1$, $X_2 = 0$ y $X_3 = 1$ con un valor de la función de objetivo de 57,000.
- Lo cual significa que la compañía Quemo Chemical debería financiar tan solo los proyectos del convertidor catalítico y la expansión del almacén.
- El valor presente neto de estas inversiones será de $57,000.

LIMITACIÓN DEL NÚMERO DE ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

- El uso común de las variables 0-1 implica limitar el número de proyectos seleccionados de un grupo.
- Suponga que en el ejemplo de la compañía Quemo Chemical se requiere elegir no más de dos proyectos de los tres *sin importar* los fondos disponibles.
- Lo cual se podría modelar con la suma de la siguiente restricción:

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 2$$

- Si tuvieran que financiar dos proyectos *exactamente* la restricción sería:

SELECCIONES DEPENDIENTES

- En ocasiones, la selección de un proyecto depende de cierto modo de la selección de otro proyecto.
- Suponga que el convertidor catalítico tan solo podría adquirirse si se compra el software.
- La siguiente restricción haría que esto ocurra:

$$X_1 \leq X_2 \quad \text{o} \quad X_1 - X_2 \leq 0$$

- Si se requiere que ambos proyectos, el convertidor catalítico y el software, se seleccionen o no se seleccionen, se debería utilizar la siguiente restricción:

$$X_1 = X_2 \quad \text{o} \quad X_1 - X_2 = 0$$

EJEMPLO DE PROBLEMA DE CARGO FIJO

- Con frecuencia, los negocios enfrentan decisiones que implican un cargo fijo que afectará el costo de las operaciones futuras.
- Sitka Manufacturing planea construir por lo menos una nueva planta y está considerando una de las siguientes ciudades:
  - Baytown, Texas
  - Lake Charles, Louisiana
  - Mobile, Alabama
- Una vez que se haya construido la planta, la empresa desea tener la capacidad para producir 38,000 unidades al año.

PROBLEMA DE CARGO FIJO

Costos fijos y variable de Sitka Manufacturing

SITIO	COSTO ANNUAL FIJO	COSTO VARIABLE POR UNIDAD	CAPACIDAD ANUAL
Baytown, TX	**$340,000**	**$32**	**21,000**
Lake Charles, LA	**$270,000**	**$33**	**20,000**
Mobile, AL	**$290,000**	**$30**	**19,000**

PROBLEMA DE CARGO FIJO

Las variables de decisión se definen como:

$$X_1 = \begin{cases} \text{1 si la fábrica se construye en Baytown} \\ \text{0 de otra manera} \end{cases}$$

$$X_2 = \begin{cases} \text{1 si la fábrica se construye en Lake Charles} \\ \text{0 de otra manera} \end{cases}$$

$$X_3 = \begin{cases} \text{1 si la fábrica se construye en Mobile} \\ \text{0 de otra manera} \end{cases}$$

X_4 = Número de unidades producidas en la planta de Baytown

X_5 = Número de unidades producidas en la planta de Lake Charles

X_6 = Número de unidades producidas en la planta de Mobile

PROBLEMA DE CARGO FIJO

La formulación del problema de programación entera será:

Minimizar el costo = 340,000X_1 + 270,000X_2 +

290,000X_3 + 32X_4 + 33X_5 + 30X_6

sujeto a $X_4 + X_5 + X_6 \geq 38{,}000$

$X_4 \leq 21{,}000X_1$

$X_5 \leq 20{,}000X_2$

$X_6 \leq 19{,}000X_3$

$X_1, X_2, X_3 = 0$ **o** 1;

$X_4, X_5, X_6 \geq 0$ **y entero**

La solución óptima es

$X_1 = 0$, $X_2 = 1$, $X_3 = 1$, $X_4 = 0$, $X_5 = 19{,}000$, $X_6 = 19{,}000$

Valor de la función objetivo = $1,757,000

PROBLEMA DE CARGO FIJO

Solución con Solver de Excel para el problema de Sitka Manufacturing

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Sitka Manufacturing Company									
2		Baytown	Lake Charles	Mobile	Baytown units	L. Charles units	Mobile units			
3	Variables	X1	X2	X3	X4	X5	X6			
4	Values	0	1	1	0	19000	19000	Cost		
5	Cost	340000	270000	290000	32	33	30	1757000		
6										
7	Constraints							LHS	Sign	RHS
8	Minimum capacity				1	1	1	38000	≥	38000
9	Maximum in Baytown	-21000			1			0	≤	0
10	Maximum in L. C.		-20000			1		-1000	≤	0
11	Maximum in Mobile			-19000			1	0	≤	0

	H
5	=SUMPRODUCT($B$4:$G$4,B5:G5)

EJEMPLO DE INVERSIÓN FINANCIERA

- La firma Simkin, Simkin y Steinberg se especializa en recomendar carteras de acciones petroleras a clientes adinerados.
- Uno de sus clientes hizo las siguientes especificaciones:
  - Por lo menos dos empresas tejanas deberían estar en el portafolio.
  - No se puede hacer más de una inversión en compañías petroleras extranjeras.
  - Se tiene que adquirir una de las dos carteras de empresas petroleras californianas.
- El cliente dispone de $3 millones para invertir e insiste en adquirir grandes bloques de acciones.

EJEMPLO DE INVERSIÓN FINANCIERA

Oportunidades de inversión en petróleo

CARTERA DE ACCIONES	NOMBRE DE LA COMPAÑÍA	RENDIMIENTO ANNUAL ESPERADO (EN MILES)	COSTO POR BLOQUE DE ACCIONES (EN MILES)
1	Trans-Texas Oil	50	480
2	British Petroleum	80	540
3	Dutch Shell	90	680
4	Houston Drilling	120	1,000
5	Texas Petroleum	110	700
6	San Diego Oil	40	510
7	California Petro	75	900

EJEMPLO DE INVERSIÓN FINANCIERA

Formulación del modelo:

Maximizar el rendimiento

$$= 50X_1 + 80X_2 + 90X_3 + 120X_4 + 110X_5 + 40X_6 + 75X_7$$

sujeto a

$X_1 + X_4 + X_5 \geq 2$ (restricción de Texas)

$X_2 + X_3 \leq 1$ (restricción de petróleo extranjero)

$X_6 + X_7 = 1$ (restricción de California)

$480X_1 + 540X_2 + 680X_3 + 1{,}000X_4 + 700X_5$

$+ 510X_6 + 900X_7 \leq 3{,}000$ (límite de \$3 millones)

Todas las variables deben ser 0 o bien 1

EJEMPLO DE INVERSIÓN FINANCIERA

Solución con Solver de Excel para el problema de inversión financiera

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	**Simkin, Simkin and Steinberg**										
2											
3	**Variables**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**X7**			
4	**Values**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**Return**		
5	**Return** ($1,000s)	50	80	90	120	110	40	75	**360**		
6	**Constraints**								**LHS**	**Sign**	**RHS**
7	**Texas**	1			1	1			2	≥	2
8	**Foreign Oil**		1	1					1	≤	1
9	**California**						1	1	1	=	1
10	**$3 Million**	480	540	680	1000	700	510	900	2890	≤	3000

	I
5	=SUMPRODUCT($B$4:$H$4,B5:H5)

PROGRAMACIÓN POR METAS

- En general, las empresas tienen más de una meta.
- En los métodos de programación lineal y entera la función objetivo se mide en una única dimensión.
- No es posible para la PL tener *múltiples metas*, a menos que se midan en las mismas unidades, lo cual es una situación bastante inusual.
- Una técnica importante que se ha desarrollado para complementar la PL es la *programación por metas*.

PROGRAMACIÓN POR METAS

- Las metas establecidas por la gerencia solo pueden lograrse a expensas de otras metas.
- Se debe establecer una jerarquía de importancia, de modo que las metas de mayor prioridad se satisfagan antes de aquellas de menor importancia.
- No siempre es posible alcanzar las metas de forma satisfactoria, y la programación por metas intenta alcanzar un nivel satisfactorio de objetivos múltiples.
- La diferencia principal se encuentra en la función objetivo de la *programación* de metas, que trata de minimizar las desviaciones entre las metas y lo que se puede lograr realmente dentro de las restricciones dadas.

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN POR METAS: REVISIÓN A LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

La formulación en PL para el problema de Harrison Electric es:

Maximizar la utilidad = $\$7X_1 + \$6X_2$

sujeta a $2X_1 + 3X_2 \leq 12$ **(horas de cableado)**

$6X_1 + 5X_2 \leq 30$ **(horas de ensamble)**

$X_1, X_2 \geq 0$

donde

X_1 **= número de candelabros fabricados**

X_2 **= número de ventiladores de techo fabricados**

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN POR METAS: REVISIÓN A LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

- Harrison se muda a una nueva ubicación y siente que la maximización de las utilidades no es un objetivo realista.
- La gerencia fija un nivel de beneficios de $30 que sea satisfactorio durante este periodo.
- El problema de programación por metas es encontrar la mezcla de producción que logre esta meta lo más cerca posible, dadas las limitaciones de tiempo de producción.
- Se deben definir dos variables de desviación:

d_1^- = resultado por debajo del objetivo de la utilidad d_1^+ = resultado por arriba del objetivo de la utilidad

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN POR METAS: REVISIÓN A LA COMPAÑÍA HARRISON ELECTRIC

Se establece el problema de Harrison Electric como un modelo de programación de una sola meta:

Minimizar el resultado por debajo o por arriba del objetivo de utilidad $= d_1^- + d_1^+$

sujeto a $\$7X_1 + \$6X_2 + d_1^- - d_1^+ = \$30$ **(restricción de meta de utilidad)**

$2X_1 + 3X_2 \leq 12$ **(horas de cableado)**

$6X_1 + 5X_2 \leq 30$ **(horas de ensamble)**

$X_1, X_2, d_1^-, d_1^+ \geq 0$

EXTENSIÓN A METAS MÚLTIPLES IGUALMENTE IMPORTANTES

- La gerencia de Harrison quiere alcanzar varias metas, cada una con igual prioridad:

  Meta 1: generar una utilidad de $30 si es posible durante el periodo de producción.

  Meta 2: utilizar por completo las horas disponibles en el departamento de cableado.

  Meta 3: evitar el tiempo extra en el departamento de ensamble.

  Meta 4: satisfacer el requisito contractual de fabricar por lo menos siete ventiladores de techo.

EXTENSIÓN A METAS MÚLTIPLES IGUALMENTE IMPORTANTES

Las variables de desviación son:

d_1^- = resultado por debajo de la utilidad objetivo

d_1^+ = resultado por arriba de la utilidad objetivo

d_2^- = tiempo ocioso del departamento de cableado (subutilización)

d_2^+ = tiempo extra del departamento de cableado (subutilización)

d_3^- = tiempo ocioso del departamento de ensamble (subutilización)

d_3^+ = tiempo extra del departamento de ensamble (subutilización)

d_4^- = resultado por debajo de la meta de ventiladores de techo

d_4^+ = resultado por arriba de la meta de ventiladores de techo

EXTENSIÓN A METAS MÚLTIPLES IGUALMENTE IMPORTANTES

A la gerencia no le preocupan que el resultado esté por arriba de la meta de utilidad, de modo que d_1^+, d_2^+, d_3^- y d_4^+ se pueden omitir de la función objetivo.

- La nueva función objetivo y las restricciones son:

Minimizar la desviación total = $d_1^- + d_2^- + d_3^+ + d_4^-$

sujeta a $7X_1 + 6X_2 + d_1^- - d_1^+ = 30$ **(restricción de utilidades)**

$2X_1 + 3X_2 + d_2^- - d_2^+ = 12$ **(restricción de horas de cableado)**

$6X_1 + 5X_2 + d_3^- - d_3^+ = 30$ **(restricción de horas de ensamble)**

$X_2 + d_4^- - d_4^+ = 7$ **(restricción de ventiladores de techo)**

Todas las variables X_i, $d_i \geq 0$

EXTENSIÓN A METAS MÚLTIPLES IGUALMENTE IMPOTANTES

A la gerencia no le preocupan que el resultado esté por arriba de la meta de utilidad, de modo que d_1^+, d_2^+, d_3^- y d_4^+ se pueden omitir de la función objetivo.

- La nueva función objetivo y las restricciones son:

Minimizar la desviación total = $d_1^- + d_2^- + d_3^+ + d_4^-$

sujeta a $7X_1 + 6X_2 + d_1^- - d_1^+ = 30$ **(restricción de utilidades)**

$2X_1 + 3X_2 + d_2^- - d_2^+ = 12$ **(restricción de horas de cableado)**

$6X_1 + 5X_2 + d_3^- - d_3^+ = 30$ **(restricción de horas de ensamble)**

$X_2 + d_4^- - d_4^+ = 7$ **(restricción de ventiladores de techo)**

Todas las variables $X_i, d_i \geq 0$

CLASIFICACIÓN DE METAS POR NIVELES DE PRIORIDAD

- En la mayoría de los problemas de programación por meta, una será más importante que otra, la que a su vez será más importante que una tercera.
- Las metas de orden superior se satisfacen antes que las metas de orden inferior.
- Se asignan prioridades (P_i) a cada variable de desviación, donde P_1 es la meta más importante, P_2 la siguiente más importante, en seguida P_3 y así sucesivamente.

CLASIFICACIÓN DE METAS POR NIVELES DE PRIORIDAD

La compañía Harrison Electric establece prioridades que se muestran en la siguiente tabla:

META	PRIORIDAD
Alcanzar la mayor utilidad posible por arriba de $30	P_1
Uso completo de las horas disponibles en el departamento de cableado	P_2
Evitar tiempo extra en el departamento de ensamble	P_3
Fabricar al menos siete ventiladores de techo	P_4

CLASIFICACIÓN DE METAS POR NIVELES DE PRIORIDAD

- Lo anterior significa, que cada meta es infinitamente más importante que la meta inmediata inferior.
- En la clasificación de metas, la nueva función objetiva es:

Minimizar la desviación total = $P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^+ + P_4 d_4^-$

Las restricciones permanecen idénticas a las anteriores.

PROGRAMACIÓN POR METAS CON METAS PONDERADAS

- Cuando los niveles de prioridad se utilizan en la programación por metas, cualquier meta superior es infinitamente más importante que una meta inferior.
- A veces, una meta puede ser solo dos o tres veces más importante que otra.
- En vez de colocar estas metas en diferentes niveles de prioridad, se colocarán en el mismo nivel, pero con diferentes pesos.
- Los coeficientes de la función objetivo para las variables de desviación incluyen tanto el nivel de prioridad como el peso.

PROGRAMACIÓN POR METAS CON METAS PONDERADAS

- La compañía Harrison decide agregar otra meta de producir dos candelabros.
- La meta de producir siete ventiladores de techo se considera dos veces más importante que la meta anterior.
- A la meta de dos candelabros se le asigna un peso 1, en tanto que la meta de siete ventiladores de techo se le dará un peso de 2. Ambas metas tendrán un nivel de prioridad de 4.
- La nuevas restricción (meta) y función objetivo quedan así:

$$X_1 + d_5^- - d_5^+ = 2 \text{ (candelabros)}$$

$$\text{Minimizar} = P_1d_1^- + P_2d_2^- + P_3d_3^+ + P_4(2d_4^-) + P_4d_5^-$$

USO DE QM PARA WINDOWS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE HARRISON

Introducción de datos para el análisis de programación por metas de Harrison Electric con QM para Windows

Harrison Electric Company								
	Wt(d+)	Prty(d+)	Wt(d-)	Prty(d-)	X1	X2		RHS
Constraint 1	0	0	1	1	7	6	=	30
Constraint 2	0	0	1	2	2	3	=	12
Constraint 3	1	3	0	0	6	5	=	30
Constraint 4	0	0	1	4	0	1	=	7

USO DE QM PARA WINDOWS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE HARRISON

Pantalla del resumen de la solución del problema de programación por metas de Harrison Electric con QM para Windows

Summary

Harrison Electric Company Solution			
Item			
Decision variable analysis	Value		
X1	0.		
X2	6.		
Priority analysis	Nonachievement		
Priority 1	0.		
Priority 2	0.		
Priority 3	0.		
Priority 4	1.		
Constraint Analysis	RHS	d+ (row i)	d- (row i)
Constraint 1	30.	6.	0.
Constraint 2	12.	6.	0.
Constraint 3	30.	0.	0.
Constraint 4	7.	0.	1.

EXTENSIÓN A METAS MÚLTIPLES IGUALMENTE IMPOTANTES

Prioridad 1: Fabricar por lo menos 4 candelabros y 3 ventiladores
Prioridad 2 Limitar el tiempo extra en el departamento de ensamble a 10 horas y en el departamento de cableado a 6 horas
Prioridad 3 Tener una utilidad de 30

Mi d_5^-

sujeta a

$$X_1 + d_1^- - d_1^+ = 4$$

$$X_2 + d_2^- - d_2^+ = 3$$

$$2X_1 + 3X_2 + d_3^- - d_3^+ = 18$$

$$6X_1 + 5X_2 + d_4^- - d_4^+ = 40$$

$$7X_1 + 6X_2 + d_5^- - d_5^+ = 30$$

Todas las variables $X_i, d_i \geq 0$