

sección 2.2 involucra sólo la distribución de computadoras acabadas dado que el plan de producción ya ha sido decidido. Más aún, estos modelos han requerido muy pocas variables y restricciones. La mayoría de los problemas del mundo real involucran muchas áreas funcionales de la compañía (ventas, producción, distribución y comercialización). La formulación de tales problemas requiere un gran número de variables y restricciones, tal vez decenas de miles de variables y miles de restricciones. En la formulación de estos modelos pueden estar involucrados equipos de personas. Sin importar el tamaño del problema, el proceso básico es el mismo que ha aprendido: identificar las variables de decisión, los datos, la función objetivo y las restricciones.

Las técnicas adicionales algunas veces son útiles para hacer manejable la formulación de problemas de gran escala. Algunas de estas técnicas se ilustran en este estudio de caso.

El problema de la American Steel Company

American Steel ha recibido pedidos anuales provenientes de cuatro países, Japón, Corea, Taiwán y México, para dos tipos distintos de aceros que produce: de alto calibre y bajo calibre. Estos aceros son producidos en sus dos plantas, localizadas en Pittsburgh y Youngstown, usando mineral de hierro suministrado por dos compañías: Butte Minerals y Cheyenne Mines. La gerencia de American Steel necesita un plan anual global de compra/producción/distribución para minimizar los costos totales. Varios departamentos han recolectado los datos necesarios referentes al compromiso de ventas, disponibilidad y costo del mineral, características de producción y costos de distribución del mineral y acero terminado.

American Steel puede obtener hasta 1000 toneladas de mineral de hierro de calibre A de Butte Minerals y hasta 2000 toneladas de mineral de hierro de calibre B de Cheyenne Mines. American Steel puede especificar cuánto de cada mineral debe embarcarse a cada una de sus dos prensas de acero. El costo de compra asociado y el cargo de embarque por tonelada se da en la tabla 3.7.

Cada una de las dos prensas de American Steel puede producir acero de alto calibre y de bajo calibre. El acero de alto calibre requiere mezclar mineral de hierro de calibre A y B en una proporción de 1 a 2. El acero de bajo calibre requiere una proporción de 1 a 3. La prensa de Youngstown puede procesar hasta 1500 toneladas de mineral de hierro, y la instalación de Pittsburgh puede manejar a lo más 700 toneladas. La prensa de Pittsburgh es una moderna instalación y tiene un costo de procesamiento más bajo por tonelada de acero producido que la instalación de Youngstown, como se indica en la tabla 3.8.

El acero terminado se embarca a Japón, Corea, Taiwán y México. La división internacional de ventas de American Steel ha recibido pedidos para cada tipo de acero, que se muestran en la tabla 3.9. Esta tabla también incluye los costos de embarque por tonelada para cada tipo de acero.

Como gerente del grupo de administración de American Steel, se le ha pedido hacer recomendaciones sobre las funciones de compra, procesamiento y embarque con el objetivo de minimizar el costo anual total.

TABLA 3.7 Compra de mineral y costos de embarque (\$/ton)

	COSTO DE COMPRA	COSTO DE EMBARQUE HACIA	
		PITTSBURGH	YOUNGSTOWN
Butte Minerals	130	10	13
Cheyenne Mines	110	14	17

TABLA 3.8 Costos de procesamiento (\$/ton)

	PRENSA	
	PITTSBURGH	YOUNGSTOWN
Acero de alto calibre	32	39
Acero de bajo calibre	27	32

TABLA 3.9 Demanda y costos unitarios de embarque de acero

PAÍS	TIPO DE ACERO	DEMANDA (tons)	COSTO DE EMBARQUE (\$/ton) DESDE	
			PITTSBURGH	YOUNGSTOWN
Japón	Alto calibre	400	110	115
	Bajo calibre	200	100	110
Corea	Alto calibre	200	140	150
	Bajo calibre	100	130	145
Taiwán	Alto calibre	200	130	135
	Bajo calibre	100	125	127
México	Alto calibre	150	80	90
	Bajo calibre	50	80	85

Formulación matemática

Su primer paso es formular el modelo matemático que, una vez clasificado, pueda ser resuelto por computadora usando un algoritmo apropiado, que se analizará en capítulos subsecuentes. Aunque el problema y todos sus datos pueden parecer al principio abrumadores, usted puede formular este problema usando las mismas técnicas que aprendió en la sección 2.2. También se introducen algunas técnicas adicionales para ayudar a facilitar el manejo de la formulación.

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE DECISIÓN

Una técnica para simplificar el proceso de identificar todas las variables de decisión es *descomponer* el problema global en una colección de subproblemas más pequeños y manejables. No existen reglas específicas para hacer esto, pero una forma típica de abordar esto es enfocarse en las áreas funcionales individuales, como se hará en este ejemplo. Con ese fin, considere la *secuencia* de operaciones que se realizan:

1. La compra de los minerales de hierro de las dos compañías mineras y el embarque de los minerales a las dos prensas de acero.
2. El procesamiento de los minerales en las dos prensas para producir los dos calibres de acero.
3. El embarque del acero terminado a los cuatro países.

Habiendo descompuesto el problema original en estos tres subproblemas, puede proceder ahora a identificar las variables de decisión asociadas con cada función.

VARIABLES DE DECISIÓN PARA LA COMPRA Y EMBARQUE DE MINERAL DE HIERRO

Plantearse la pregunta usual de lo que puede controlar lo debe llevar a identificar las siguientes variables de decisión pertenecientes a esta área funcional:

- IBP = el número de toneladas de mineral de hierro de calibre A por comprar a Butte Minerals y embarcar hacia la prensa de Pittsburgh
- IBY = el número de toneladas de mineral de hierro de calibre A por comprar de Butte Minerals y embarcar hacia la prensa de Youngstown
- ICP = el número de toneladas de mineral de hierro de calibre B por comprar a Cheyenne Mines y embarcar hacia la prensa de Pittsburgh
- ICY = el número de toneladas de mineral de hierro de calibre B por comprar a Cheyenne Mines y embarcar hacia la prensa de Youngstown

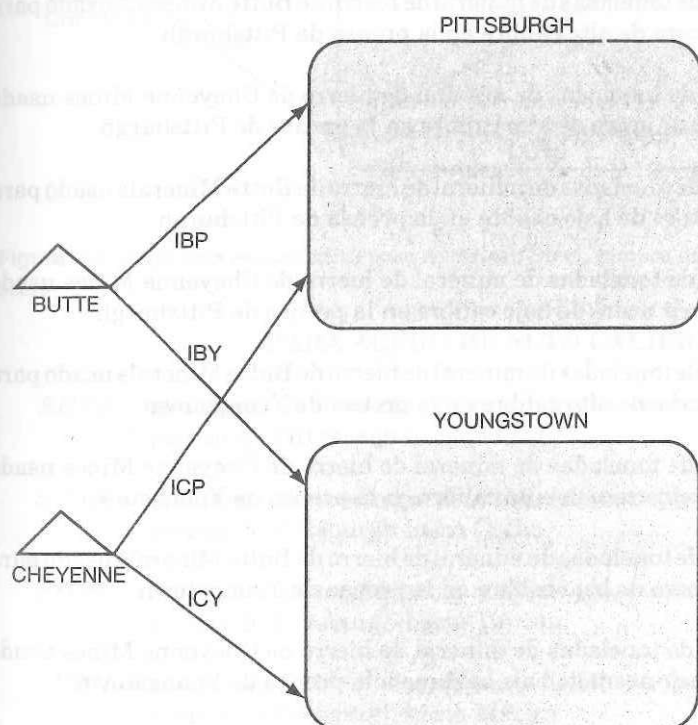


Figura 3.3 Diagrama esquemático para American Steel: compra de mineral.

Las variables correspondientes a esta porción del problema se ilustran en el diagrama esquemático de la figura 3.3. Los diagramas esquemáticos se utilizan a lo largo de toda esta formulación para ayudar a identificar las relaciones entre las variables de decisión para las diversas áreas funcionales.

VARIABLES DE DECISIÓN PARA PRODUCIR ACERO

Recuerde que la producción de acero de bajo y alto calibre en las prensas es la segunda área funcional. Para esta fase, pregúntese qué decisiones puede tomar con libertad.

¿Qué puede controlar? Una respuesta es el número de toneladas de cada tipo de acero por producir en cada prensa. Otra respuesta es la cantidad de cada calibre de mineral de hierro por mezclar. Es posible desarrollar el modelo usando cualquiera de estos conjuntos de variables de decisión, o ambos conjuntos. En este caso, la formulación es más manejable usando ambos conjuntos. Así que sea

HP = el número de toneladas de acero de alto calibre por producir en la prensa de Pittsburgh

LP = el número de toneladas de acero de bajo calibre por producir en la prensa de Pittsburgh

HY = el número de toneladas de acero de alto calibre por producir en la prensa de Youngstown

LY = el número de toneladas de acero de bajo calibre por producir en la prensa de Youngstown

OBPH = el número de toneladas de mineral de hierro de Butte Minerals usado para producir acero de alto calibre en la prensa de Pittsburgh

OCPH = el número de toneladas de mineral de hierro de Cheyenne Mines usado para producir acero de alto calibre en la prensa de Pittsburgh

OBPL = el número de toneladas de mineral de hierro de Butte Minerals usado para producir acero de bajo calibre en la prensa de Pittsburgh

OCPL = el número de toneladas de mineral de hierro de Cheyenne Mines usado para producir acero de bajo calibre en la prensa de Pittsburgh

OBYH = el número de toneladas de mineral de hierro de Butte Minerals usado para producir acero de alto calibre en la prensa de Youngstown

OCYH = el número de toneladas de mineral de hierro de Cheyenne Mines usado para producir acero de alto calibre en la prensa de Youngstown

OBYL = el número de toneladas de mineral de hierro de Butte Minerals usado para producir acero de bajo calibre en la prensa de Youngstown

OCYL = el número de toneladas de mineral de hierro de Cheyenne Mines usado para producir acero de bajo calibre en la prensa de Youngstown

La combinación de estas variables con las variables correspondientes a la compra de mineral de hierro de la figura 3.3 tiene como resultado el diagrama esquemático de la figura 3.4

VARIABLES DE DECISIÓN PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ACERO

Recuerde que la última área funcional pertenece al embarque de los productos de acero finales de las dos prensas a cada uno de los cuatro países. Tal vez reconozca la similitud entre este componente del problema y el problema de transportación de la sección 2.2.1. Piense en cada prensa como un punto de aprovisionamiento y en cada país como un punto de demanda. La distribución puede verse como dos problemas de transportación, uno para cada tipo de acero, y que lleva a las siguientes variables de decisión:

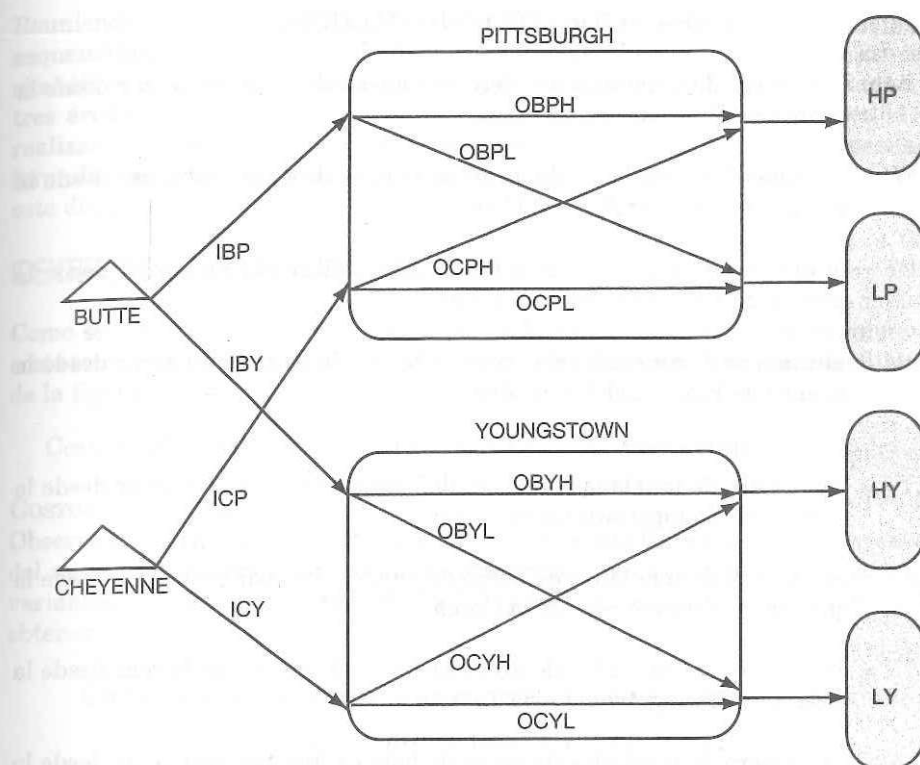


Figura 3.4 Diagrama esquemático para American Steel: compra de mineral y producción de acero.

PARA ACERO DE ALTO CALIBRE

SHPJ = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Japón

SHPK = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Corea

SHPT = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Taiwán

SHPM = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia México

SHYJ = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Japón

SHYK = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Corea

SHYT = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Taiwán

SHYM = el número de toneladas de acero de alto calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia México

PARA ACERO DE BAJO CALIBRE

SLPJ = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Japón

SLPK = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Corea

SLPT = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia Taiwán

SLPM = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Pittsburgh hacia México

SLYJ = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Japón

SLYK = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Corea

SLYT = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia Taiwán

SLYM = el número de toneladas de acero de bajo calibre por embarcar desde la prensa de Youngstown hacia México

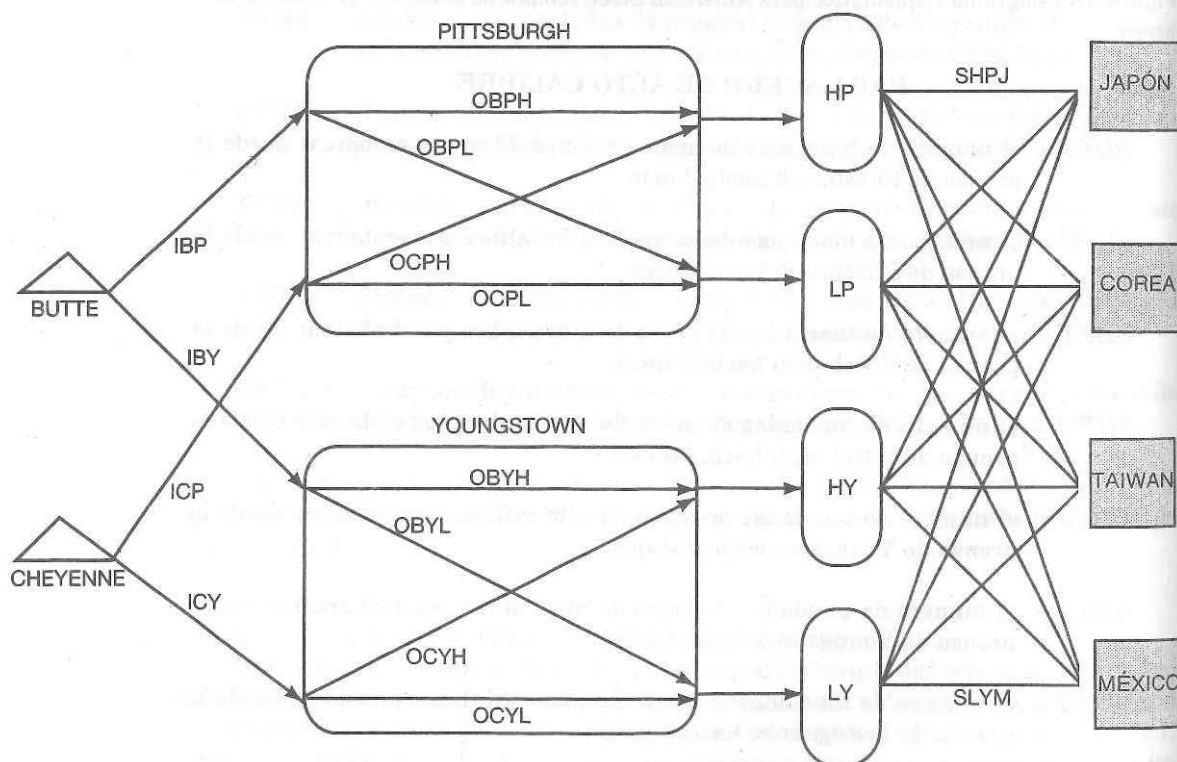


Figura 3.5 Diagrama esquemático para American Steel: compra de mineral, producción de acero y distribución.

Reuniendo todas las variables de decisión para este problema se obtiene el diagrama esquemático de la figura 3.5. Debido al limitado espacio, no se incluyen los nombres simbólicos de la mayoría de las variables de embarque. Este diagrama ilustra (1) las tres áreas funcionales de este problema, (2) la naturaleza secuencial en la que se realizan diversas operaciones, y (3) un resumen de todas las variables usadas en la formulación. Como proporciona un resumen visual conciso de todo el proceso, encontrará este diagrama útil en todo lo que resta de la formulación.

IDENTIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO

Como se estableció en la descripción del problema, el objetivo global es minimizar el costo total. Aplicando la técnica de descomposición de acuerdo con las áreas funcionales de la figura 3.5, se tiene:

$$\text{Costo total} = \text{costos de compra} + \text{costos de producción} + \text{costos de distribución}$$

COSTOS DE COMPRA

Observe la figura 3.5. Puede descomponer todavía más los costos de compra en el costo del mineral de hierro más el costo de embarque a cada una de las prensas. Use las variables de decisión *IBP*, *IBY*, *ICP* e *ICY* y los datos específicos de la tabla 3.7 para obtener

$$\begin{aligned} \text{Costos de compra} &= \text{costos de mineral de hierro} + \text{costos de embarque} \\ &= (130IBP + 130IBY + 110ICP + 110ICY) + \\ &\quad (10IBP + 13IBY + 14ICP + 17ICY) \\ &= (140IBP + 143IBY + 124ICP + 127ICY) \end{aligned}$$

COSTOS DE PRODUCCIÓN

De manera similar, puede descomponer los costos de producción en los costos de producción en la prensa de Pittsburgh más aquellos de la prensa de Youngstown. Usando *HP*, *LP*, *HY* y *LY* junto con los datos de la tabla 3.8 llegamos a

$$\begin{aligned} \text{Costos de producción} &= (\text{costos en Pittsburgh}) + (\text{costos en Youngstown}) \\ &= (32HP + 27LP) + (39HY + 32LY) \end{aligned}$$

COSTOS DE EMBARQUE

Usted puede descomponer los costos de embarque totales en los costos de embarque de la prensa de Pittsburgh a cada uno de los cuatro países más los costos de embarque de la prensa de Youngstown a cada uno de los cuatro países. Usando las variables de decisión apropiadas y los datos de la tabla 3.9 llegamos a

$$\begin{aligned} \text{Costos de embarque} &= (\text{costos de Pittsburgh}) + (\text{costos de Youngstown}) \\ &= (110SHPJ + 140SHPK + 130SHPT + 80SHPM + \\ &\quad 100SLPJ + 130SLPK + 125SLPT + 80SLPM) + \\ &\quad (115SHYJ + 150SHYK + 135SHYT + 90SHYM + \\ &\quad 110SLYJ + 145SLYK + 127SLYI + 85SLYM) \end{aligned}$$

Combinando los tres componentes de costo individuales, crea la función objetiva completa:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar:} \quad & (140IBP + 143IBY + 124ICP + 127ICY) + \\
 & (32HP + 27LP) + (39HY + 32LY) + \\
 & (110SHPJ + 140SHPK + 130SHPT + 80SHPM + \\
 & 100SLPJ + 130SLPK + 125SLPT + 80SLPM) + \\
 & (115SHYJ + 150SHYK + 135SHYT + 90SHYM + \\
 & 110SLYJ + 145SLYK + 127SLYT + 85SLYM)
 \end{aligned}$$

IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES

Se requiere de restricciones para reflejar las limitaciones *físicas* apropiadas del problema y especificar las relaciones *lógicas* entre las variables de decisión de las distintas áreas funcionales. Para desarrollar ambos tipos de restricciones, use la técnica de descomposición y siga el flujo de información de la figura 3.5.

RESTRICCIONES DE COMPRA

Si recuerda las limitaciones de capacidad física de las dos minas debe identificar las siguientes restricciones: el número total de toneladas de mineral de hierro embarcado desde cada compañía minera no puede exceder el suministro disponible. Use las variables de decisión de esta área funcional para formular estas restricciones matemáticamente:

$$IBP + IBY \leq 1000 \quad (\text{suministro de Butte Minerals}) \quad (1)$$

$$ICP + ICY \leq 2000 \quad (\text{suministro de Cheyenne Mines}) \quad (2)$$

RESTRICCIONES DE PRODUCCIÓN

Si se pregunta qué restricciones se aplican al proceso de producción llegará a identificar los siguientes grupos de restricciones:

1. Capacidades de procesamiento de minerales: el número total de toneladas de minerales procesados en cada prensa no puede exceder la capacidad de la prensa.
2. Los requerimientos de mezclado para producir cada calibre de acero, esto es, cada calibre de acero requiere el mezclado de una cierta proporción de cada tipo de mineral de hierro.

Usando las variables de decisión, puede formular estas restricciones matemáticamente de la siguiente manera:

1. Restricciones de mineral de hierro

$$OBPH + OBPL + OCPH + OCPL \leq 700 \quad (\text{Prensa de Pittsburgh}) \quad (3)$$

$$OBYH + OBYL + OCYH + OCYL \leq 1500 \quad (\text{Prensa de Youngstown}) \quad (4)$$

2. *Requerimientos de mezclado.* De acuerdo con la descripción del problema, el mineral de hierro de Cheyenne Mines y Butte Minerals debe mezclarse en una proporción de 2 a 1 para producir acero de alto calibre. Por tanto, se llega a la siguiente restricción matemática para acero de alto calibre en la prensa de Pittsburgh:

$$OCPH/OBPH = 2/1$$

Para hacer esta restricción lineal, multiplique por OBPH y luego sustraiga 2OBPH de ambos lados para obtener

$$OCPH - 2OBPH = 0 \quad (5)$$

De igual forma, la restricción para acero de bajo calibre, que requiere una proporción de 3 a 1, es

$$OCPL - 3OBPL = 0 \quad (6)$$

Para la prensa de Youngstown se requieren restricciones similares, así que

$$OCYH - 2OBYH = 0 \quad (7)$$

$$OCYL - 3OBYL = 0 \quad (8)$$

Además de estas restricciones, existen algunas relaciones implícitas entre las cantidades de mineral de hierro comprado a las minas y las cantidades de estos minerales usadas en la producción de acero. Por ejemplo, de la figura 3.5, puede ver que la cantidad total de minerales usados en la producción de los dos aceros no puede exceder la cantidad comprada. Estas restricciones implícitas deben hacerse explícitas:

3. Relaciones de producción y compra

$$OBPH + OBPL - IBP \leq 0 \quad (\text{mineral de Butte usado en Pittsburgh}) \quad (9)$$

$$OCPH + OCPL - ICP \leq 0 \quad (\text{mineral de Cheyenne usado en Pittsburgh}) \quad (10)$$

$$OBYH + OBYL - IBY \leq 0 \quad (\text{mineral de Butte usado en Youngstown}) \quad (11)$$

$$OCYH + OCYL - ICY \leq 0 \quad (\text{mineral de Cheyenne usado en Youngstown}) \quad (12)$$

Otra restricción implícita evidente de la figura 3.5 es que la cantidad total de mineral usado en el proceso de producción debe ser igual a la cantidad total de acero producido. Éste debe ser el caso para cada calibre de acero en cada prensa. Estas restricciones implícitas pueden hacerse explícitas de la manera siguiente:

$$OCPH + OBPH - HP = 0 \quad (\text{acero de alto calibre producido en Pittsburgh}) \quad (13)$$

$$OCPL + OBPL - LP = 0 \quad (\text{acero de bajo calibre producido en Pittsburgh}) \quad (14)$$

$$OCYH + OBYH - HY = 0 \quad (\text{acero de alto calibre producido en Youngstown}) \quad (15)$$

$$OCYL + OBYL - LY = 0 \quad (\text{acero de bajo calibre producido en Youngstown}) \quad (16)$$

RESTRICCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Sigue necesitando restricciones apropiadas para asegurar que se satisfagan las demandas de las cantidades de los dos calibres de acero suministrados por las dos prensas a cada uno de los cuatro países. Tal vez reconozca que esta porción es un problema de transportación, como se describe en la sección 2.2.1, lo que debería conducir a las siguientes restricciones matemáticas:

1. Suministros en las prensas

$$SHPJ + SHPK + SHPT + SHPM - HP \leq 0 \quad (\text{acero de alto calibre embarcado desde Pittsburgh}) \quad (17)$$

$$SLPJ + SLPK + SLPT + SLPM - LP \leq 0 \quad (\text{acero de bajo calibre embarcado desde Pittsburgh}) \quad (18)$$

$$SHYJ + SHYK + SHYT + SHYM - HY \leq 0 \quad (\text{acero de alto calibre embarcado desde Youngstown}) \quad (19)$$

$$SLYJ + SLYK + SLYT + SLYM - LY \leq 0 \quad (\text{acero de bajo calibre embarcado desde Youngstown}) \quad (20)$$

2. Demandas de acero en los cuatro países

$$SHPJ + SHYJ \geq 400 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Japón}) \quad (21)$$

$$SLPJ + SLYJ \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Japón}) \quad (22)$$

$$SHPK + SHYK \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Corea}) \quad (23)$$

$$SLPK + SLYK \geq 100 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Corea}) \quad (24)$$

$$SHPT + SHYT \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Taiwán}) \quad (25)$$

$$SLPT + SLYT \geq 100 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Taiwán}) \quad (26)$$

$$SHPM + SHYM \geq 150 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en México}) \quad (27)$$

$$SLPM + SLYM \geq 50 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en México}) \quad (28)$$

El conjunto final de restricciones son restricciones de no negatividad sobre todas las variables. Estas restricciones, junto con la función objetivo y todas las otras restricciones formuladas anteriormente, proporcionan una formulación completa y correcta del problema, que aparece a continuación.

Formulación matemática del problema de la American Steel Company

Minimizar $(140IBP + 143IBY + 124ICP + 127ICY) +$
 $(32HP + 27LP) + (39HY + 32LY) +$
 $(110SHPJ + 140SHPK + 130SHPT + 80SHPM +$
 $100SLPJ + 130SLPK + 125SLPT + 80SLPM) +$
 $(115SHYJ + 150SHYK + 135SHYT + 90SHYM +$
 $110SLYJ + 145SLYK + 127SLYT + 85SLYM)$

Dependiendo de

RESTRICCIONES DE COMPRA

$$IBP + IBY \leq 1000 \quad (\text{Suministro de Butte Minerals}) \quad (1)$$

$$ICP + ICY \leq 2000 \quad (\text{Suministro de Cheyenne Mines}) \quad (2)$$



Programa lineal
ASC.DAT

RESTRICCIONES DE PRODUCCIÓN

RESTRICCIONES DE CAPACIDAD DE MINERALES

$$OBPH + OBPL + OCPH + OCPL \leq 700 \quad (\text{Prensa de Pittsburgh}) \quad (3)$$

$$OBYH + OBYL + OCYH + OCYL \leq 1500 \quad (\text{Prensa de Youngstown}) \quad (4)$$

REQUERIMIENTOS DE MEZCLA

$$OCPH - 2OBPH = 0 \quad (5)$$

$$OCPL - 3OBPL = 0 \quad (6)$$

$$OCYH - 2OBYH = 0 \quad (7)$$

$$OCYL - 3OBYL = 0 \quad (8)$$

RELACIONES DE PRODUCCIÓN Y COMPRA

$$OBPH + OBPL - IBP \leq 0 \quad (\text{mineral de Butte usado en Pittsburgh}) \quad (9)$$

$$OCPH + OCPL - ICP \leq 0 \quad (\text{mineral de Cheyenne usado en Pittsburgh}) \quad (10)$$

$$OBYH + OBYL - IBY \leq 0 \quad (\text{mineral de Butte usado en Youngstown}) \quad (11)$$

$$OCYH + OCYL - ICY \leq 0 \quad (\text{mineral de Cheyenne usado en Youngstown}) \quad (12)$$

RESTRICCIONES DE EQUILIBRIO DE PRODUCCIÓN

$$OCPH + OBPH - HP = 0 \quad (\text{acero de alto calibre producido en Pittsburgh}) \quad (13)$$

$$OCPL + OBPL - LP = 0 \quad (\text{acero de bajo calibre producido en Pittsburgh}) \quad (14)$$

$$OCYH + OBYL - HY = 0 \quad (\text{acero de alto calibre producido en Youngstown}) \quad (15)$$

$$OCYL + OBYL - LY = 0 \quad (\text{acero de bajo calibre producido en Youngstown}) \quad (16)$$

RESTRICCIONES DE DISTRIBUCIÓN

SUMINISTROS EN LAS PRENSAS

$$SHPJ + SHPK + SHPT + SHPM - HP \leq 0 \quad (\text{acero de alto calibre embarcado desde Pittsburgh}) \quad (17)$$

$$SLPJ + SLPK + SLPT + SLPM - LP \leq 0 \quad (\text{acero de bajo calibre embarcado desde Pittsburgh}) \quad (18)$$

$$SHYJ + SHYK + SHYT + SHYM - HY \leq 0 \quad (\text{acero de alto calibre embarcado desde Youngstown}) \quad (19)$$

$$SLYJ + SLYK + SLYT + SLYM - LY \leq 0 \quad (\text{acero de bajo calibre embarcado desde Youngstown}) \quad (20)$$

DEMANDAS DE ACERO EN LOS CUATRO PAÍSES

$$SHPJ + SHYJ \geq 400 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Japón}) \quad (21)$$

$$SLPJ + SLYJ \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Japón}) \quad (22)$$

$$SHPK + SHYK \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Corea}) \quad (23)$$

$$SLPK + SLYK \geq 100 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Corea}) \quad (24)$$

$$SHPT + SHYT \geq 200 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en Taiwán}) \quad (25)$$

$$SLPT + SLYT \geq 100 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en Taiwán}) \quad (26)$$

$$SHPM + SHYM \geq 150 \quad (\text{demanda de acero de alto calibre en México}) \quad (27)$$

$$SLPM + SLYM \geq 50 \quad (\text{demanda de acero de bajo calibre en México}) \quad (28)$$

y todas las variables deben ser no negativas.

Esta sección ha proporcionado un ejemplo de formulación de un problema grande y complejo con muchas variables y restricciones. (La solución a este problema se da en el capítulo 6.)



CARACTERÍSTICAS CLAVE

Además de aplicar las técnicas de la sección 2.2, este estudio de caso ilustra la característica clave de descomposición de un problema en subproblemas más pequeños y manejables. Esto se hace a menudo basándose en las áreas funcionales de una organización o en una serie de operaciones a ser realizadas. Un diagrama esquemático es útil para resumir esta descomposición. Así pues, cada subproblema se formula identificando las variables de decisión relevantes para ese subproblema. Después de especificar una función objetiva global, las restricciones se requieren no sólo para reflejar las limitaciones dentro de cada subproblema, sino también para especificar las relaciones entre las variables de un subproblema a otro.

Ahora que sabe cómo formular un modelo de programación lineal apropiado, es tiempo de aprender el algoritmo disponible para resolver estos problemas. Ese estudio comienza en el capítulo 4.

RESUMEN

En este capítulo, ha visto numerosas aplicaciones de problemas de programación lineal que surgen en áreas como la planeación de producción, la planeación financiera, las decisiones de mezclado y la asignación de recursos escasos. Estas aplicaciones están limitadas sólo por su capacidad para identificar y formular tales problemas.

Para formular un problema de programación lineal, siga estos pasos, que se analizan en el capítulo 2:

1. Identifique variables de decisión.
2. Identifique una función objetiva global.
3. Identifique restricciones.

Según sea necesario, identifique datos que son necesarios para ayudar a resolver el problema. Después de formular el problema, asegúrese de que tiene un problema de programación lineal verificando que:

1. La función objetiva es lineal.
2. Todas las restricciones son lineales.
3. Todas las variables son continuas (esto es, pueden asumir todos los valores fraccionales).

Ahora que conoce diversas aplicaciones de problemas de programación lineal y cómo formularlos, los siguientes tres capítulos proporcionan los detalles implicados en la resolución de tales problemas, esto es, encontrar los valores de las variables que proporcionan el mejor valor de la función objetivo al mismo tiempo que satisfacen todas las restricciones simultáneamente.

EJERCICIOS

EJERCICIO 3.1 Gasahol, Inc. tiene 14 000 galones de una mezcla de gasolina y alcohol almacenada en su instalación de Fresno y 16 000 galones almacenados en su instalación de Bakersfield. Desde estas instalaciones, Gasahol debe proveer a Fresh Food Farms (FFF) 10 000 galones y a American Growers (AG) 20 000 galones. El costo de embarcar 1 galón desde cada instalación de almacenado a cada cliente es

DE	HACIA	
	FFF	AG
Fresno	\$0.04	\$0.06
Bakersfield	\$0.05	\$0.03

Formule un modelo de programación lineal para determinar el plan de embarque de costo mínimo que satisfaga las restricciones de provisión y demanda.

EJERCICIO 3.2 HealthNut Company está desarrollando una nueva barra de mantequilla de cacahuete y chocolate. El dulce debe tener al menos 5 gramos de proteínas, pero no más de 5 gramos de carbohidratos y 3 gramos de grasas saturadas. Desarrolle un programa lineal para determinar la cantidad de cada ingrediente por utilizar que satisfaga los requerimientos nutricionales a un costo total mínimo, basándose en los siguientes datos:

	MANTEQUILLA DE CACAHUATE	CHOCOLATE
Costo (\$/oz)	0.10	0.18
Proteínas (g/oz)	4.00	0.80
Carbohidratos (g/oz)	2.50	1.00
Grasas saturadas (g/oz)	2.00	0.50