

2. Modelización

Temario

- 1- *Análisis del enunciado del problema.*
- 2- *Resumen de la situación a resolver.*
- 3- *Elementos de un modelo.*
- 4- *Formulación de hipótesis.*
- 5- *Formulación de supuestos.*
- 6- *Diferencia entre hipótesis y supuestos.*
- 7- *Objetivos únicos.*
- 8- *Objetivos múltiples y contradictorios.*
- 9- *Definición de variables y parámetros del problema.*
- 10- *Condiciones de vínculo.*
- 11- *Concepto de actividad.*
- 12- *Disponibilidad de materia prima.*
- 13- *Demandas y limitaciones de mercado.*
- 14- *Condiciones de balance de material.*
- 15- *Especificaciones de calidad.*
- 16- *Condiciones fuertes y débiles.*
- 17- *Condiciones conflictivas.*
- 18- *Variables y parámetros.*
- 19- *Programación de metas.*
- 20- *Dependencia e independencia lineal.*
- 21- *Utilización del funcional.*
- 22- *Esquema modular.*
- 23- *Módulo.*
- 24- *Modularidad.*
- 25- *Estructura.*

Problema Tipo N° 1

Un fraccionador de whisky importa el licor en tres distintas graduaciones: A, B y C. Mediante la mezcla de éstos, de acuerdo a sus fórmulas, se obtienen los whiskies de calidades comercializables: Escocés, Kilt y Tartan.

Las citadas fórmulas especifican las siguientes relaciones entre los elementos a mezclar:

Marca	Especificación	Precio de venta (\$/litro)
Escocés	No menos del 60 % de A No más del 20 % de C	680
Kilt	No menos del 15 % de A No más del 80 % de C	570
Tartan	No más del 50 % de C	450

Se conocen asimismo las disponibilidades y precios de los licores A, B y C; que se indican en el siguiente cuadro:

Tipo	Litros disponibles	Precio de compra (\$/litro)
A	2.000	700
B	2.500	500
C	1.200	400

Resolución del problema

- **Formulación de hipótesis**

- *Todo el producto fabricado es vendido. Los stocks permanecen constantes.*
- *No hay inflación, o si la hay, no afecta las relaciones relativas entre precios y costos.*
- *Obtendremos una solución aplicable sólo en las circunstancias actuales.*
- *Si en el futuro variaran las disponibilidades de licor A, B y C habría que resolver el mismo modelo con los nuevos datos.*
- *No existen restricciones comerciales que obliguen a fabricar cantidades mínimas de ningún whisky (se puede no estar presente en el mercado).*
- *La mezcla no altera los volúmenes. El volumen resulta de la suma de los volúmenes de los componentes (no existen reacciones químicas).*
- *No se consideran los costos de mezclar y fraccionar. Esto es válido siempre que sean iguales para cualquier tipo de whisky.*
- *No hay pérdidas (derrames, evaporaciones, etc.).*
- *Existe capital y mano de obra, etc., disponibles para hacer toda la producción que se quiera.*

Objetivo (está en el enunciado)

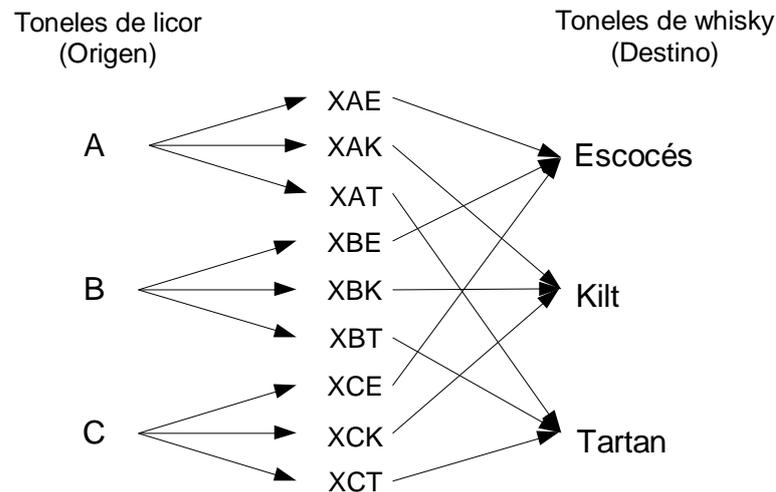
Definir las cantidades de licor A, B y C a destinar y el total a producir de cada marca de whisky para maximizar los beneficios totales por su venta, considerando costos de los licores (no se especifica período de tiempo).

Definición de variables y parámetros

Es un problema de **MEZCLA** en el cual el producto final se obtiene al combinar los ingredientes agregados

En este tipo de problemas suelen presentarse inconvenientes al definir las variables. Es la principal dificultad que tiene este ejercicio.

Explicación:



Si imaginamos cada línea como una cañería que vincula los toneles origen y destino, la variable X_{AE} será la cantidad de licor A usada para preparar whisky escocés. Idem resto.

Un error muy común es plantear las variables como % de licor A en el whisky escocés. Esto parece funcionar y permite plantear fácilmente las ecuaciones de fórmula, pero lleva siempre a un cociente de variables, cosa que no podemos manejar en P.L.

Estamos interesados en saber cómo se compone todo el escocés que hagamos y no sólo un litro. Si tuviéramos la composición exacta de cada whisky como dato, el problema no estaría resuelto, pues faltaría saber cuánto producir de cada uno.

X_{ij} : cant. de licor i a usar para preparar whisky " j " [$i = A, B, C ; j = E, K, T$]

Formulación matemática

➤ Restricciones de fórmula de cada whisky

$$\text{Escocés} \quad X_{AE} \geq (X_{AE} + X_{BE} + X_{CE}) * 0.6 \quad [\text{litros/período}]$$

$$X_{CE} \leq (X_{AE} + X_{BE} + X_{CE}) * 0.2 \quad [\text{litros/período}]$$

$$\text{Kilt} \quad X_{AK} \geq (X_{AK} + X_{BK} + X_{CK}) * 0.15 \quad [\text{litros/período}]$$

$$X_{CK} \leq (X_{AK} + X_{BK} + X_{CK}) * 0.8 \quad [\text{litros/período}]$$

$$\text{Tartan} \quad X_{CT} \leq (X_{AT} + X_{BT} + X_{CT}) * 0.5 \quad [\text{litros/período}]$$

➤ Restricciones de disponibilidad de licor

$$\text{Licor A} \quad X_{AE} + X_{AK} + X_{AT} \leq 2000 \quad [\text{litros/período}]$$

$$\text{Licor B} \quad X_{BE} + X_{BK} + X_{BT} \leq 2500 \quad [\text{litros/período}]$$

$$\text{Licor C} \quad X_{CE} + X_{CK} + X_{CT} \leq 1200 \quad [\text{litros/período}]$$

➤ C.N.N. $X_{ij} \geq 0$

➤ Funcional \rightarrow Maximizar

$Z = \text{Ingresos por ventas de whiskies} - \text{Costos de licores utilizados} [\$/\text{per}]$

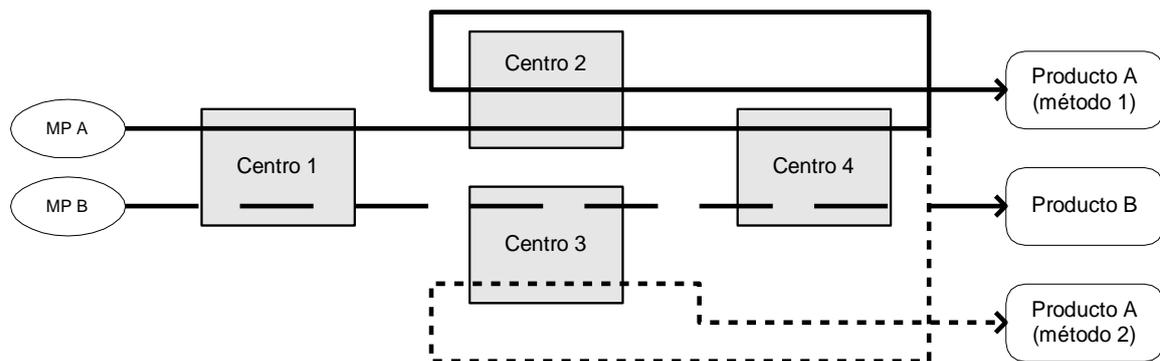
Ingresos por ventas de whiskies = $(X_{AE} + X_{BE} + X_{CE}) * 680 +$
 $(X_{AK} + X_{BK} + X_{CK}) * 570 +$
 $(X_{AT} + X_{BT} + X_{CT}) * 450$

Costos de licores utilizados = $(X_{AE} + X_{AK} + X_{AT}) * 700 +$
 $(X_{BE} + X_{BK} + X_{BT}) * 500 +$
 $(X_{CE} + X_{CK} + X_{CT}) * 400$

Z no es exactamente lo que voy a ganar pues faltan considerar costos (mezclado, embotellado, comercialización, etc.) lo que no invalida al plan que es óptimo dada la información disponible.

Problema Tipo N° 2

Una empresa fabrica y vende dos productos, A y B cuyo diagrama de proceso es el siguiente:



El producto A puede seguir cualquiera de los dos procesos alternativos de producción, mientras que para el producto B existe un único procedimiento de fabricación.

Se dispone de los siguientes elementos de producción:

Características y rendimiento de los productos según sus procesos

Producto	Centro	Entrada (litros/hora)	Rendimiento (%)	Costo proceso (\$/hora)
A	1	300	90	1500
	2 (1ª vez)	450	95	2000
	4	250	85	1800
	2 (2ª vez)	400	80	2200
	3	350	75	2500
B	1	500	90	3000
	3	480	85	2500
	4	400	80	2400

Otros insumos

El centro 1 consume 10 litros de combustible por hora de funcionamiento, y los centros 2, 3 y 4 consumen, respectivamente, 20, 5 y 5 litros por hora. Asimismo, el centro 1 debe ser atendido por un operario, el centro 2 por dos operarios simultáneamente, y los centros 3 y 4 por un operario cada uno mientras están en operación.

Se dispone de 800 litros de combustible diarios y 48 horas-hombre diarias.

Costos, precios de venta y demanda máxima de cada producto

Producto	Costo de la Materia Prima (\$/litro)	Precio de Venta (\$/litro)	Demanda máxima (litros/día)
A	50	60	1.750
B	60	180	1.500

Disponibilidad de equipos

Al realizarse el estudio se verificó que los centros 1 y 4 pueden funcionar como máximo 16 horas netas por día, y los centros 2 y 3, solamente 12 horas netas por día.

Distribución

Los medios de despacho de la empresa están limitados a una capacidad conjunta para A y B de 2.500 litros diarios.

Se sugiere plantear el problema adoptando como incógnitas las cantidades de cada producto obtenidas al final del proceso. (Ej. PB = litros de producto B).

Se propone repetir el planteo adoptando como incógnitas las cantidades de materia prima que ingresan para producir cada producto. (Ej. MPB = litros de materia prima B).

Análisis complementario

Se pide analizar las modificaciones que introducirán en el planteo original, los siguientes cambios en el sistema.

Existe una posibilidad de recuperar las pérdidas de materia prima B, vendiéndolas a 5 \$/litro.

Posibilidad de recuperar las pérdidas del Centro 1, haciéndolas reciclar en ese Centro, con los mismos valores de rendimiento.

Resolución del problema

- Formulación de hipótesis
 - Producción = ventas. Los stocks permanecen constantes.
 - Se puede discontinuar un producto (No fabricar).
 - No hay inflación, o afecta en igual proporción a costos y precios.
 - Los operarios disponibles son capaces de hacer cualquiera de las tareas.
 - En las velocidades de procesamiento se tuvo en cuenta el tiempo de pasar de un producto a otro (limpiar y acondicionar el Centro).
 - Los rendimientos están calculados como salida/entrada.
 - Se dispone de capital, proveedores de materias primas y otros recursos necesarios no contemplados para poder cumplir con la producción óptima.
 - Las capacidades de cada Centro se consideran a la entrada.

- No se consideran los costos de mano de obra, despacho, movimiento de materias primas, etc.
- No hay pérdidas entre los procesos (cañerías).

Objetivo

Determinar el plan de producción diario de A y B que maximice el margen de beneficios por su venta, considerando disponibilidades de M.P., centros de proceso y despacho costos de procesamiento y materias primas.

☞ Indicar: qué se hace?, para qué?, y en qué horizonte de tiempo?

Es un problema de **CENTROS DE PRODUCCIÓN** en el cual el proceso productivo se descompone en distintas partes que son como “mini-modelos” cada una con sus entradas, sus salidas, sus condiciones de mezcla y rendimiento.

Definición de variables y parámetros

Las variables se pueden tomar en cualquier punto del proceso. Acá tomamos la salida y el producto A abierto en método 1 y método 2. Comenzaremos a utilizar algunas ideas del “Planteo expandido” con el doble objetivo de ir introduciendo los conceptos y de simplificar la modelización.

Variable	Descripción	Unidad
PA₁	Producción A según Método 1	[lts/día]
PA₂	Producción A según Método 2	[lts/día]
PB	Producción B Total	[lts/día]
PA	Producción A Total (Cualquier método)	[lts/día]
HPC₄	Horas que funciona el Centro 4 Idem para Centros 1 a 3. (HPC ₁ , HPC ₂ , HPC ₃)	[hs/día]
AI₄	Salida Centro 4 para producir A según método 1 Idem A ₁ , B ₁ , A ₂ , B ₃ , A ₂₄ , B ₄ , A ₂₃ , A ₁₃ Notar que B ₄ = PB, AI ₂ = PA ₁ y A ₂₃ = PA ₂	[lts/día]
MPA	Cantidad de M.P. utilizada para fabricar prod.A Idem MPB	[lts/día]

Formulación matemática

(Controlar en cada caso la homogeneidad de unidades).

- Producción A

$$PA = PA_1 + PA_2$$

- Demanda máxima

$$\text{Producto A: } PA \leq 1750 \text{ [lts/día]}$$

$$\text{Producto B: } PB \leq 1500 \text{ [lts./día]}$$

- Despacho

$$PA + PB \leq 2500 \text{ [lts/día]}$$

- Capacidad de cada Centro

(Como se optó por variables a la salida, conviene ir de atrás hacia adelante). Se divide la salida por el rendimiento y se obtiene el valor a la entrada, este valor será el de salida del proceso anterior si suponemos que no hay pérdidas entre los procesos.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} \Rightarrow \text{Entrada} = \frac{\text{Salida}}{\text{Rendimiento}}$$

- Ecuaciones de balance de cada producto y cada Centro

A)

$$\frac{PA1}{0,80} = A1_4 \quad ; \quad \frac{PA2}{0,75} = A2_4 \quad ; \quad A_2 = \frac{A1_4 + A2_4}{0,85}$$

$$\frac{A_2}{0,95} = A_1 \quad ; \quad \frac{A_1}{0,90} = MPA \quad [lts./día]$$

B)

$$\frac{PB}{0,80} = B_3 \quad ; \quad \frac{B_3}{0,85} = B_1 \quad ; \quad \frac{B_1}{0,90} = MPB \quad [lts./día]$$

- Cantidad de horas que trabaja cada Centro por día

$$\text{Centro 1) } \frac{MPA}{300} + \frac{MPB}{500} = HPC_1 \quad [hs/día]$$

$$\text{Centro 2) } \frac{A_1}{450} + \frac{A1_4}{400} = HPC_2 \quad [hs/día]$$

$$\text{Centro 3) } \frac{B_1}{480} + \frac{A2_4}{350} = HPC_3 \quad [hs/día]$$

$$\text{Centro 4) } \frac{A_2}{250} + \frac{B_3}{400} = HPC_4 \quad [hs/día]$$

$$\text{Capacidad Centro 1) } HPC_1 \leq 16 \quad [hs/día]$$

$$\text{Capacidad Centro 2) } HPC_2 \leq 12 \quad [hs/día]$$

$$\text{Capacidad Centro 3) } HPC_3 \leq 12 \quad [hs/día]$$

$$\text{Capacidad Centro 4) } HPC_4 \leq 16 \quad [hs/día]$$

- Consumo de combustible

$$10 HPC_1 + 20 HPC_2 + 5 HPC_3 + 5 HPC_4 \leq 800 \quad [lts./día]$$

- Horas hombre disponibles

$$1 HPC_1 + 2 HPC_2 + 1 HPC_3 + 1 HPC_4 \leq 48 \quad [hs \text{ hombre} / día]$$

- C. N. N

$$\text{Todas las variables} \geq 0$$

- Objetivo

$$Z = \text{Ingresos} - \text{Egresos} \rightarrow \text{Máx} \quad [$/día]$$

$$\text{Ingresos} = 60 PA + 180 PB \quad [$/día] = [$/lt. \times lts/día]$$

$$\text{Egresos} = \text{Costo MP} + \text{Costo proceso}$$

$$\text{Costo MP} = 50 MPA + 60 MPB \quad [$/día] = [$/lt \times lts/día]$$

$$\begin{aligned} \text{Costo proceso} &= 1500 \frac{\text{MPA}}{300} + 2000 \frac{A_1}{450} + 1800 \frac{A_2}{250} + 2200 \frac{A_4}{400} + \\ &+ 2500 \frac{A_{2_4}}{350} + 3000 \frac{\text{MPB}}{500} + 2500 \frac{B_1}{480} + 2400 \frac{B_3}{400} \\ &\left[\frac{\$}{\text{hora}} * \frac{\text{lbs./día}}{\text{lbs./hora}} \right] = \left[\frac{\$}{\text{día}} \right] \end{aligned}$$

Obviamente se podría utilizar una variable que indicara cuántas horas trabaja cada Centro en cada proceso. Las formas de expandir un modelo son muchas y pueden ser muy distintas unas de otras. Todo depende de la forma en que nos guste trabajar y del uso posterior que hagamos del modelo.

(Si adoptamos variables a la entrada, queda todo igual salvo que multiplicamos por los rendimientos en lugar de dividir)

- Posibilidad de recuperar pérdidas de mat. prima B vendiéndolas a 5 \$/litro

Pérdidas MPB: Materia prima B comprada - PB \Rightarrow PMPB = MPB - PB

En Z agrego + 5 PMPB [\$/día]

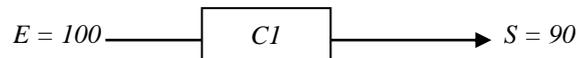
(NOTA: hemos considerado la pérdida en todos los procesos.)

- Posibilidad de evitar las pérdidas del Centro 1.

Implica que a los fines del uso de M. P. en ese Centro el rendimiento es 1.

O sea en las ecuaciones que tienen que ver con MP usar 1 en lugar de 0.9 (Productos A y B).

Ejemplo rendimiento actual del Centro 1



$$\text{Rendimiento} = 0,90 = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}}$$

Si la salida es X, entonces

$$\text{Entrada} = \frac{X}{0,90}$$

- ☞ ¿Cuánto hay que entrar para sacar X?

- Reciclar las pérdidas en el Centro 1.

En este caso cambiaría el balance del centro quedando:

$A1 = \text{MPA}$ y $B1 = \text{MPB}$

La ecuación de horas del centro sería

$\text{HPC1} = (\text{MPA}/300 + \text{MPB}/500) 1/0,9$

“Reglas del método

- 1- *No aceptar nunca como verdadero lo que con toda evidencia no se reconociese como tal. (Regla de la evidencia)*
- 2- *Dividir cada una de las dificultades que hallase a mi paso en tantas partes como fuere posible y requiriera su más fácil solución. (Regla del análisis)*
- 3- *Ordenar los conocimientos, empezando por los mas simples, para elevarme poco a poco, gradualmente hasta el conocimiento de los mas compuestos, incluso suponiendo un orden entre aquellos que no se preceden naturalmente. (Regla de la síntesis)*
- 4- *Hacer siempre enumeraciones tan completas y revisiones tan generales, que se pueda tener la seguridad de no haber omitido nada. (Regla de la verificación)”*

Discurso del método – René Descartes

“Todo es relativo”

Albert Einstein

Problemas a resolver

2.1.

Un taller de tejido elabora varios modelos de pullóver. Estos modelos de pullóver se pueden agrupar, desde un punto de vista técnico-económico, en tres tipos diferentes de prendas, a los cuales llamaremos A, B y C.

El taller posee dos máquinas (I y II). Los pullóveres A sólo pueden hacerse en la máquina I, los C sólo pueden hacerse en la máquina II y los B pueden hacerse tanto en la máquina I como en la II.

Las dos máquinas trabajan dos turnos por día, 8 horas en cada turno, de lunes a viernes.

La materia prima utilizada es lana de dos calidades distintas (Mejorada y Normal). La lana Mejorada se utiliza para los pullóveres de tipo A y C. Los pullóveres de tipo B se hacen con lana Normal. De la lana Mejorada se pueden conseguir hasta 20 kg./semana y de la lana Normal hasta 36 kg./semana.

Existe un compromiso de entregar 10 pullóveres B por semana a un importante distribuidor.

No es necesario que las prendas que comienzan a fabricarse en una semana se terminen durante la misma, es decir que pueden quedar pullóveres a medio hacer de una semana para la próxima.

Los estándares de producción y materia prima y los beneficios unitarios para cada tipo de pullóver, se indican en el siguiente cuadro:

Tipo de pullóver	Estándar de producción hs/pullover		Estándar de materia prima kg/pullover		Beneficio unitario \$/pullover
	Máquina I	Máquina II	Mejorada	Normal	
A	5	—	1,6	—	10
B	6	4	—	1,8	15
C	—	4	1,2	—	18

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?

2.2.

“Copani”, una compañía dedicada a la minería, explota tres yacimientos (Sierra Alta, Sierra Chica y El Abra), de cada uno de los cuales obtiene un mineral que contiene cuatro metales: Cobre, Estaño, Manganeso y Zinc. Con estos cuatro metales, y siguiendo las especificaciones que pueden verse en el cuadro que figura a continuación, Copani elabora dos aleaciones: A y B.

Aleación	Especificaciones
A	Como máximo 80% de Cobre
	Como máximo 30% de Estaño
	Como mínimo 50% de Zinc
B	Entre 40% y 60% de Estaño
	Como mínimo 30% de Manganeso
	Como máximo 70% de Zinc

La proporción de cada metal que está en el mineral depende del yacimiento del cual proviene ese mineral. La siguiente tabla indica esos datos, así como los costos de extracción de mineral:

Mineral	Máximo Disponible (toneladas)	Porcentaje de Metal					Costo \$/Tonelada
		Cobre	Estaño	Manganeso	Zinc	Otros	
Sierra Alta	1000	20	10	30	30	10	10
Sierra Chica	2000	10	20	30	30	10	40
El Abra	3000	5	5	70	20	0	50

La aleación A se vende a \$A por tonelada y la aleación B a \$B por tonelada. Con la información indicada: ¿Qué es lo mejor que puede hacer “Copani”?

- ☞ *Para facilitar el análisis se incluyen las siguientes definiciones:*
- *Aleación: Producto homogéneo de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal. Ej: Bronce, Acero.*
 - *Metal: Cada uno de los elementos químicos, buenos conductores del calor y de la electricidad. Ej: Oro, Cobre, Hierro.*
 - *Mineral: Sustancia inorgánica que se halla en la superficie o en diversas capas de la tierra, cuya explotación ofrece interés. Ej: Ferrita, Pirita*

2.3.

Tu grupo de Modelos I quiere entrar al negocio de los dulces. Se está considerando producir dos tipos de dulces: Candy y Sweety, que se componen solamente de azúcar, nueces y chocolate.

Actualmente se cuenta con 100 kg. de azúcar, 20 kg. de nueces y 30 kg. de chocolate.

La mezcla para producir Candy tiene que contener por lo menos un 20% de nueces.

La mezcla para producir Sweety tiene que contener por lo menos un 10% de nueces y por lo menos un 10% de chocolate.

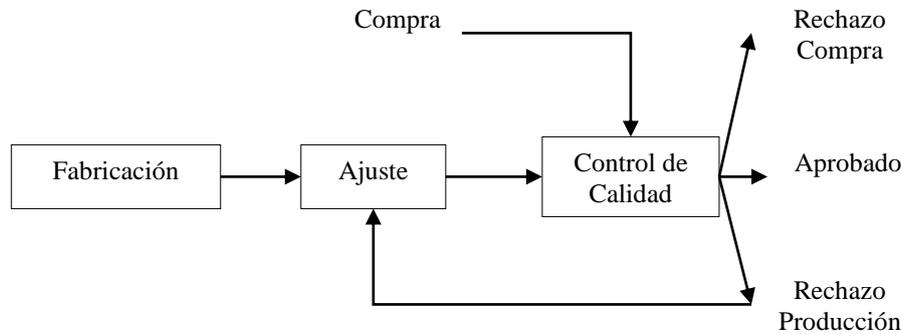
Cada kg. de mezcla de Candy se vende a 25 pesos y cada kg. de mezcla de Sweety se vende a 20 pesos.

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con los datos disponibles?

2.4.

Una fábrica de automotores cuenta con un taller propio para la producción de los tableros de los vehículos que fabrica, tarea que también puede encomendarse a proveedores.

El proceso de fabricación de tableros es el siguiente, para cualquier tipo de tablero.



Los tableros comprados, pasan también por el mismo sector de Control de Calidad.

La fábrica necesita cuatro tipos de tableros A, B, C y D, para los que se cuenta con los datos referentes a sus tiempos de fabricación, ajuste y de control de calidad, en horas/tablero, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tablero	Fabricación	Ajuste	Control de Calidad	
			Producción	Compra
A	0,34	0,08	0,02	0,03
B	0,38	0,06	0,03	0,05
C	0,47	0,10	0,03	0,04
D	0,50	0,12	0,03	0,04
Disponibilidad horas	6.500	1.000	600	

La fábrica necesita **exactamente** 4.000 tableros A, 3.000 tableros B, 8.000 tableros C y 5.000 tableros D.

Los costos de producción y compra son los siguientes, medidos en \$:

	A	B	C	D
Producción	50	60	120	100
Compra	80	75	180	80

Un registro estadístico de Control de Calidad indica que el 90% de los tableros producidos por la fábrica son aprobados, y el resto debe repetir la operación de ajuste y su posterior control de calidad.

Con respecto a los tableros comprados, es aprobado el 80% y el resto es devuelto al proveedor siendo controlado nuevamente al ser reintegrado por el proveedor. Para un tablero reajustado, el porcentaje de aprobación es el mismo indicado.

☞ *Recomendado: obtén una solución óptima para este problema utilizando un software de resolución de problemas lineales (LINDO).*

2.5.

“Takayama”, una tintorería textil cuenta con dos tipos de Estampadoras: Rápidas y Lentas. Dispone de 180 estampadoras Rápidas y 200 Lentas.

Aclaremos que estampar consiste en imprimir dibujos con colores sobre tela cruda, de modo que el rollo de tela cruda va pasando por la estampadora y ésta le va imprimiendo el dibujo con los colores y formas seleccionados.

Takayama ha tomado dos trabajos para hacer: Dibujo Snoopy y Dibujo Scooby. Cada uno de estos estampados se puede hacer en una máquina de cualquiera de los dos tipos, sólo que la eficiencia será distinta según el tipo. Una máquina Rápida stampa R m. de dibujo Snoopy por hora. Una máquina Lenta stampa 2 m. de dibujo Snoopy por hora. Una máquina Rápida stampa 7 m. de dibujo Scooby por hora. Una máquina Lenta stampa L metros de dibujo Scooby por hora. Una misma estampadora (sea Rápida o Lenta) no puede destinarse en el mismo día a trabajar en dos tipos distintos de dibujo. Cada metro de tela Snoopy se vende a \$SN y un metro de tela Scooby se vende a \$SC.

Para mañana le han pedido a Takayama que entregue 10.000 metros de tela Snoopy y 9.000 metros de Scooby. Tiene todo el día de hoy (ocho horas) para trabajar.

¿Qué es lo mejor que puede hacer con la información disponible?

2.6.

Una empresa de productos multimedia está planeando el lanzamiento de un producto, llamado CEM, que está compuesto por un CD, una caja que contiene al CD y celofán que envuelve la caja. El plan indica que se utilizará medio mes para la producción, previa al lanzamiento.

La etapa de desarrollo ya está finalizada y se ha obtenido un CD master con 420 Mb grabados con programas. El CD master de CEM está compuesto por programas educativos, programas de información general y programas de juegos. Luego de la producción (en la cual se obtienen las copias del master que se destinarán a la venta), se hará una fiesta de lanzamiento vendiendo los productos CEM a un precio de \$50 por unidad de producto.

La producción comprende la grabación de las copias (a partir del master) y el armado.

La grabación de las copias se realiza en una máquina, a un costo de \$5 por CD, a una velocidad de VG CD por día.

El armado se realiza en forma manual, a razón de T1 productos por día y por persona. La empresa cuenta con N operarios para esta tarea. La tarea de armado consiste en colocar cada CD en una caja y se envuelve usando 40 cm de celofán. El celofán utilizado viene en bobinas de ancho estándar. Los costos son de \$CCJ por caja y \$CCF por metro de celofán. Un operario cobra 5\$ la hora. De los N operarios, es necesario destinar una cantidad para el control de la máquina de grabación de CD. Se necesita 1 operario por cada D días que trabaje la máquina. Los operarios que están en la máquina cobran \$50 por día.

Se sabe que la demanda mínima estimada de CEM en la fiesta de lanzamiento será de 50 unidades y la máxima, también estimada, de 165 unidades.

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?

2.7.

“Tasmania”, una empresa de muñecos de peluche, quiere planificar la producción de sus famosos muñecos para los próximos dos meses. Fabricar un muñequito les insume 2 horas máquina y 1,5 kg. de materia prima. Por mes se puede disponer de 150 kilos de materia prima y de MAQ horas máquina. El primer mes se comprometió a entregar 70 muñequitos y el segundo mes el compromiso asciende a 110 muñequitos. Puede vender más de lo comprometido, pero no menos. Cada muñequito vendido le reporta una ganancia de \$P.

¿Qué es lo mejor que puede hacer “Tasmania” con la información disponible?

2.8.

En una ciudad existen tres colegios secundarios; a dos de ellos asisten principalmente varones y al otro mayormente mujeres. El Consejo Escolar ha decidido redistribuir las zonas escolares con el fin de favorecer la integración de los alumnos de ambos sexos. Las nuevas zonas se aplicarán exclusivamente a los estudiantes que entren a los colegios secundarios en el futuro, de modo de lograr un adecuado balance entre hombres y mujeres. Asimismo interesa que los estudiantes viajen lo menos posible.

Para solucionar este problema, el Consejo Escolar requiere el apoyo de especialistas. Estos dividieron la ciudad en diez regiones geográficas y basados en los alumnos que concurren al ciclo primario recabaron, obtuvieron y sintetizaron la siguiente información:

Región	N° Varones	N° Mujeres	Distancia media en km a escuela		
			1	2	3
1	300	150	1,2	1,5	3,3
2	400	0	2,6	4,0	5,5
3	200	300	0,7	1,1	2,8
4	0	500	1,8	1,3	2,0
5	200	200	1,5	0,4	2,3
6	100	350	2,0	0,6	1,7
7	250	200	1,2	1,4	3,1
8	300	200	3,5	2,3	1,2
9	150	250	3,2	1,2	0,7
10	350	100	3,8	1,8	1,0
Capacidad de la escuela			1.500	2.000	1.300

Los especialistas entienden que el nivel de un sexo cualquiera, en cada escuela, debe estar entre un mínimo de 40% y un máximo de 60% del total de alumnos.

2.9.

Una empresa ha resuelto realizar una inversión en forestación. Para ello ha arrendado 1.000 hectáreas de tierra por 50 años a un costo de 40 millones de pesos, pagaderos en dos cuotas iguales; la primera a los 25 años y la segunda al concluir el contrato.

El terreno alquilado es apto para plantar tres tipos distintos de árboles: álamos, pino Brasil y eucaliptos. Se ha decidido realizar la explotación en dos etapas de 25 años cada una, plantando todo el terreno cada vez.

El campo cuenta con algunos árboles que serán talados inmediatamente, se espera obtener por ellos 1 millón de pesos, Se estima que la madera que produce un álamo en 25 años se puede vender a \$ 30.000, la que produce un pino Brasil a \$ 50.000 y la de un eucalipto a \$ 60.000.

Por hectárea se pueden sembrar, como máximo, 400 álamos o 450 pinos Brasil o 300 eucaliptos y los rendimientos (cantidad de árboles que llegan a tener el tamaño suficiente para ser explotados, por cada 100 árboles plantados) son de 80% para los álamos, 75% para los pinos Brasil y 90% para los eucaliptos.

La ley de forestación exige que, por lo menos, un 10% de la superficie esté ocupada por álamos. Además la empresa sabe que la demanda de pinos es, normalmente, el doble de la demanda de eucaliptos. Se presume que dentro de 25 años no existirá más la reglamentación que exige un 10% de la superficie ocupada por álamos y se estima que el precio de venta del eucalipto se duplicara (a moneda constante).

☞ *Análisis posterior: ¿Cómo se alteraría el modelo si en el año número diez se instituye un impuesto de \$ 500 por cada eucaliptos talado?*

2.10.

Un amigo florista se dedica a comprar flores al por mayor en un mercado. Con esas flores arma ramos que vende al público. Los precios actuales, por cada atado de flores (así como la cantidad de flores por atado), son los siguientes:

Tipo de flor	\$/atado	Cant. Flores/atado
Rosas de Tallo largo	20	20
Rosas Amarillas	20	50
Rosas Rojas	10	50
Crisantemos	5	100
Margaritas	3	100

Los ramos que arma el florista son una creación propia. Tiene siete tipos de ramos, y para cada uno definió una composición (en términos de cuántas flores de cada tipo necesita para armar un ramo de cada tipo) y estudió cuál puede ser la demanda máxima diaria. Eso se muestra en el siguiente cuadro:

Tipo de ramo	Demanda máxima (estimada)	Precio de venta (\$/ramo o \$/unidad)	Composición de un ramo de ese tipo
Rosas tallo largo	650	3	Por unidad
Rosas amarillas	350	10	Ramos de 9 rosas
Rosas rojas	250	8	Ramos de 7 rosas
Crisantemos	600	3	Ramos de 18 crisantemos
Ramos chicos	1100	2	6 crisantemos y 8 margaritas
Ramos medianos	990	4	10 crisantemos, 10 margaritas y 2 rosas
Ramos grandes	625	6	15 margaritas, 10 crisantemos y 5 rosas

¿Qué es lo mejor que puede hacer el florista con la información disponible?

☞ *Análisis previo: comenzar la resolución del ejercicio, realizando un esquema que describa la situación problemática.*

2.11.

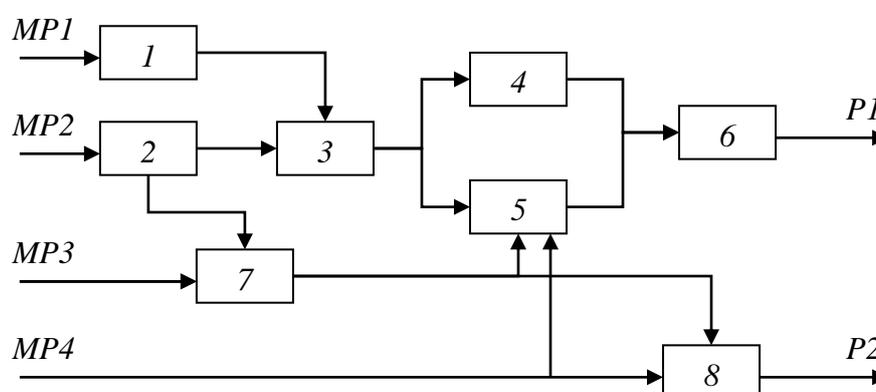
Nuestro amigo florista decide enfrentar la crisis vendiendo también por la tarde, pues le dijeron que si en este nuevo horario baja sus precios un 30%, se asegurará una demanda en todos los casos, equivalente al 20% de la demanda de la mañana.

Hoy va a ser su primer día con esta rutina. Dispone de \$A para comprar flores y sabe que tiene que pagar una cuenta de \$B. Como pretende empezar el día de mañana con la misma cantidad de dinero que hoy, si no le alcanza, deberá pedir prestado el dinero que le falte, pagando un interés del 10% adelantado (o sea al recibir el dinero). Si le sobra dinero, puede prestarlo a otros al 8% adelantado.

¿Cómo se modifica tu modelo del problema anterior?

2.12.

Una fábrica elabora dos productos químicos, a los cuales, a falta de mejor imaginación, llamaremos P_1 y P_2 a partir de cuatro materias primas (MP_1 , MP_2 , MP_3 y MP_4) siguiendo el proceso que se describe a continuación:



En el centro 3 se mezclan los resultados de los centros 1 y 2 en la proporción (70/30). A la salida del centro 3, el resultado se separa para ir a los centros 4 y 5 respectivamente. En el centro 5 se mezclan los resultados de los centros 3 y 7 con la materia prima MP_4 en la proporción 60/20/20.

En el centro 7 se mezclan el resultado del centro 2 y la materia prima MP_3 en la proporción 90/10.

En el centro 8 la mezcla se produce por partes iguales, al igual que en el centro 6.

En el centro 7 se produce una merma del 5% de todo lo que ingresa.

Al inicio del período de planeamiento se tiene la posibilidad de vender la materia prima que no se empleará en el proceso a los siguientes precios: 8\$/kilo para MP_1 , 7\$/kilo para MP_2 , 2 \$/kilo para MP_3 y 15\$/kilo para MP_4 .

El costo de almacenamiento por kilo de materia prima para un mes es de 3 \$/kilo para MP_1 , 8 \$/kilo para MP_2 , 10 \$/kilo para MP_3 y 6 \$/kilo para MP_4 . Se asume que la materia prima consumida está $\frac{1}{2}$ mes en promedio, en almacenes.

El costo de materia prima es de 4 \$/kilo para MP_1 , 5 \$/kilo para MP_2 , 1 \$/kilo para MP_3 y de 6 \$/kilo para MP_4 . Las cantidades de materia prima disponibles para su compra son de 2000 kilos/mes para MP_1 , 3000 kilos/mes para MP_2 , 1500 kilos/mes para MP_3 y 2500 kilos/mes para MP_4 .

A continuación se indica la velocidad de proceso de cada uno de los centros y la cantidad de horas disponibles para procesar, mensualmente, en cada uno de ellos:

Centro	Velocidad de proceso (kg/hora)	Disponibilidad (horas/mes)
1	10	300
2	15	150
3	20	180
4	12	250
5	18	240
6	20	120
7	10	100
8	15	280

Los precios de venta para los productos son: 10 \$/kg. para P₁ y 15 \$/kg. para P₂.

Existe un compromiso para vender al menos 30 kg. de P₁ y 40 kg. de P₂. Además, por razones de política comercial, la cantidad fabricada de P₁ debe ser a lo sumo igual a la mitad de P₂.

2.13.

BERRECEL S.A. produce hidroxietilcelulosa, insumo que es utilizado tanto por la industria del cosmético como por la industria de la construcción, vendiéndose para la 1^a a un precio de 5.000 \$/ton y a la 2^a a 3.800 \$/ton. Históricamente sabe que el 60% de las empresas de construcción retiran en planta y el 40% restante lo debe distribuir con sus propios camiones, recargando un 10% el precio, estimando el costo del servicio de distribución en un 2% del precio. En cambio el 100% de lo que retira la industria de cosméticos tiene incluido el valor del flete.

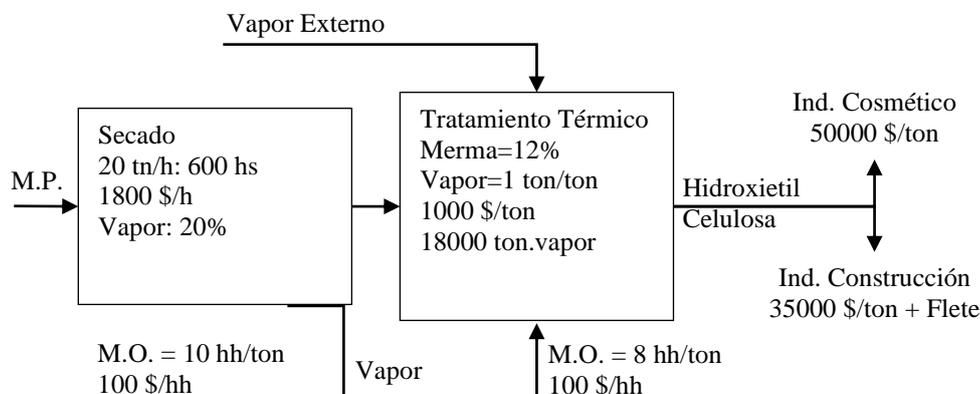
La materia prima básica es la hidroxietilcelulosa hidratada, la que es provista sólo por dos productores nacionales: “El Mago” SA y “Sálvese” SRL. Se desea que sus compras sean como mínimo 10% a cada uno.

Los costos y precios de los mismos se detallan en el siguiente cuadro:

	Precio \$/Ton	Flete \$/Km x Ton				Disponibilidad Mensual
		Tren		Camión		
		Tarifa	Distancia	Tarifa	Distancia	
El Mago SA	12.500	10	100	8	120	10.000
Sálvese SRL	12.400	10	120	10	120	5.000

El tren le asignó una cuota mensual de transporte de 4.500 ton.

La materia prima es sometida al proceso indicado en el siguiente diagrama:



- Secado: de cada tonelada que se procesa se separa un 20% de vapor, que se reinyecta en el proceso siguiente. El caudal de ingreso es de 20 ton/hora y

trabaja 600 horas al mes. El costo por hora es de \$1800. En cuanto a la M.O. requiere 10 horas hombre/ton a un costo de 100 \$/hora.

- Tratamiento térmico: se realiza con vapor que recalienta serpentinas. Hay una merma en el proceso del 12%. Consume vapor: 1 tonelada de vapor/ton que se procese. El costo del vapor del proceso anterior se considera nulo y el vapor generado “ad hoc” 1000 \$/ton. Existe una capacidad de generación de vapor de 18.000 ton. Del sobrante se pueden vender hasta 3.000 ton. a 1.200 \$/ton. M.O. directa insume 8 h/ton a 100 \$/hora.

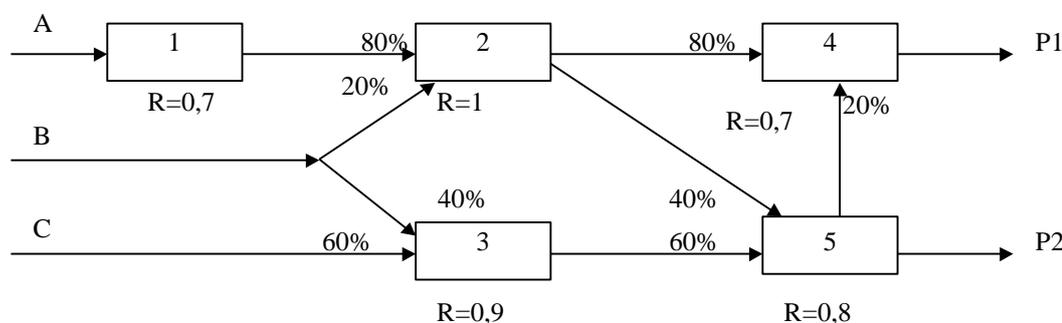
A continuación, se detallan la situación financiera y la comercial de la empresa:

Situación Financiera	Se vende al contado a la industria del cosmético y a 15 días a la de la construcción.
	Se ha decidido tener una caja mínima de \$100.000 El exceso se coloca al 1% mensual y el déficit lo toma al 1,2%. El déficit no puede ser superior a \$25.000.
Situación Comercial	Compromisos contraídos: Debe entregar como mínimo 4.000 toneladas a la industria de la construcción y 2.000 ton a la de cosméticos.
	Demanda máxima Construcción: 7.000 ton.
	Demanda máxima Cosméticos : 3.500 ton.

☞ **NOTA CULTURAL:** *Ad hoc* es una expresión latina que podría traducirse como “A tal efecto” y designa algo que se hace con un propósito específico.

2.14.

Una industria química parte de 3 materias primas: A, B y C para producir los productos P₁ y P₂. El esquema muestra el proceso que se realiza a través de 5 centros:



Asimismo se indica el rendimiento de cada centro y la proporción en que se mezclan las distintas materias:

Centro	Velocidad de Producción (litros por hora)	Disponibilidad (horas por semana)
1	10	70
2	20	50
3	25	35
4	30	60
5	20	50

Se desea que los equipos 4 y 5 trabajen como mínimo 10 hs./semana.

El centro 1 es atendido por 1 operario, el 4 y el 5 por 2 operarios cada uno y el 2 y el 3 pueden ser atendidos simultáneamente por un solo operario. La empresa cuenta con N horas-hombre semanales.

El centro 5 consume 1000 litros de vapor de agua a 200 °C por hora. Se cuenta con 50.000 litros semanales de vapor de este tipo, si se usan menos de 50.000 litros se tiene un costo de 1 \$/ litro que se use de menos. Si se usan mas de 50.000 litros, cada litro adicional cuesta \$2.

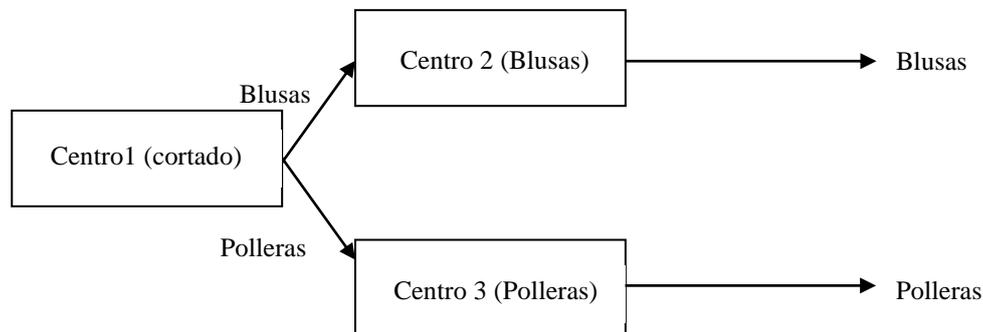
El precio de venta para P_1 es de 90 \$/litro y para P_2 es de 120 \$/litro.

El costo de la materia prima A es de 15\$ litro, el de la materia prima B es de 20 \$/litro y el de la C es de 25 \$/litro.

Se paga a cada operario 3 \$/hora. Se deben pagar las N horas disponibles se trabaje o no. La cantidad de materia prima disponible es: A 2.000 litros por semana, B 3.000 litros por semana y C 3.000 litros por semana

2.15.

Sir William tiene que resolver un problema en su línea de uniformes femeninos. El gráfico siguiente muestra cómo es la línea:



Por el Centro 1 ingresa la tela que se usa para cortar polleras y blusas. Cada Blusa lleva X_1 metros de tela y cada pollera lleva X_2 metros de tela. Los tiempos unitarios (la unidad es una blusa cortada o una pollera cortada, según corresponda) son de A horas/máquina por pollera cortada y de B horas/máquina por blusa cortada. La capacidad diaria de producción para el centro 1 es de 400 horas máquina.

El Centro 2 es el de costura de Blusas. El tiempo unitario de procesamiento es de C hh/u.

El Centro 3 es el de costura de Polleras. El tiempo unitario de procesamiento es de D hh/u.

Los centros 2 y 3 son manuales. Su capacidad diaria de procesamiento depende de la cantidad de operarios con los cuales cuentan (cada operario trabaja 8 horas por día). Ninguno de los centros puede tener menos de 20 operarios.

Se conocen los costos por metro de tela, los costos por hora de procesamiento usada en cada centro y los precios de venta unitarios ($\$P_1$ para las Blusas y $\$P_2$ para las Polleras).

Por una cuestión sindical, cada centro tiene que tener asignados 20 operarios, aunque alguno de los centros necesite menos operarios. Por este motivo, si a alguno de los centros le sobran horas hombre, pueden usarse en otro centro, pero cada hora hombre de un centro que se use para el otro rinde como media hora hombre.

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?

☞ *Pregunta adicional: cuando se resuelve el modelo, Sir William ve que el producto que más se vende es el que tiene menor beneficio (precio de venta - costo de fabricación). Sabiendo que esto tiene una explicación lógica ¿cuál es esa explicación?*

2.16.

Una empresa vende un único producto. Para planificar y organizar la producción del mismo cuenta con un pronóstico trimestral de ventas para el año próximo. La demanda de un trimestre puede ser satisfecha con unidades producidas en el mismo trimestre o con unidades producidas en trimestres anteriores. La capacidad de almacenamiento está limitada a 5.000 unidades de producto.

La producción programada para el cuarto trimestre del corriente año es de 6.000 unidades y se quiere que el nivel de inventarios a fin del año próximo sea de 1.000 unidades.

Incrementar en una unidad la capacidad productiva, de un trimestre a otro, cuesta 1\$/unidad y disminuir en una unidad la capacidad productiva, de un trimestre a otro, cuesta 0.50 \$/unidad

El pronóstico trimestral para el año próximo es el que se indica a continuación:

Trimestre	Pronóstico de Ventas (unidades)
1°	9.000
2°	24.000
3°	20.000
4°	7.000

Se quiere definir el programa de producción trimestral que haga mínimo el costo de variaciones del nivel de producción y que asegure un stock suficiente para satisfacer las cantidades pronosticadas de ventas.

2.17.

El encargado de un supermercado está organizando el trabajo para los próximos días viernes, sábado y domingo. Cuenta con 18 empleados. Las tareas a realizar cada día son las siguientes:

Reponer mercadería (viernes, sábado y domingo).

Ordenar mercadería (viernes y domingo).

Marcar códigos en la mercadería (viernes, sábado y domingo).

Está probado que el personal que cambia de tarea (de un día para otro) aumenta su eficiencia en un 10 % (se aburre menos).

La eficiencia normal de un empleado en cada tarea y la tarea total diaria a realizar son:

Tarea	Eficiencia	Tarea a realizar por día (total)		
		Viernes	Sábado	Domingo
Reponer	15 u/h	A unidades	500 unidades	350 unidades
Ordenar	30 u/h	300 unidades	—	C unidades
Marcar	35 u/h	150 unidades	139 unidades	143 unidades

El personal propio tiene un costo de \$ 12 por día. Sólo cobran los que trabajan. La jornada de trabajo es de 8 horas.

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?

☞ *Análisis previo: comenzar la resolución del ejercicio, realizando un esquema que describa la situación*

2.18.

Una empresa dispone de 27 máquinas para realizar 3 artículos distintos. Para los próximos 3 días debe cumplir con los siguientes pedidos (considerar que cuenta con stock de algunos artículos)

	Stock Inicial	Martes	Miércoles	Jueves
Artículo 1	20	40	50	20
Artículo 2	—	10	20	40
Artículo 3	15	5	5	25

Las máquinas se desajustan con el paso de los días, a medida que se usan, y esto hace variar su rendimiento. Quiere decir que el día que comienzan a producir un artículo determinado, tienen una producción mayor que el segundo día y el segundo producen más que el tercero. Por política de la empresa sólo se ajusta una máquina cuando se le cambia el artículo que produce.

	Rendimiento de cada día		
	1er día	2do día	3er día
Artículo 1	2,2	2	1,8
Artículo 2	3	2,5	2
Artículo 3	2,3	2,1	1,7

El costo de ajustar una máquina es de \$ 200. No se puede posponer ni adelantar la entrega de un producto, el incumplimiento genera un costo de 30, 40 y 50 \$/unidad según se trate del artículo 1, 2 ó 3 respectivamente.

- ☞ *Análisis previo: comenzar la resolución del ejercicio, realizando un esquema que describa la situación*
- ☞ *Variante: plantear el modelo considerando que se elimina la política de la empresa por la cual las máquinas se ajustan sólo cuando se cambia de artículo.*

2.19.

Una papelería produce bobinas standard de 215 cm de ancho (las bobinas son rollos de papel). Sin embargo, a determinados compradores se les preparan bobinas de un ancho menor al standard, por lo cual las bobinas de 215 cm de ancho deben ser cortadas. Para ello se cuenta con una máquina cuyas cuchillas de corte pueden ser ajustadas para cualquier combinación de anchos, mientras la suma de esos anchos no exceda el ancho del rollo. Esta máquina no tiene limitaciones en cuanto a la cantidad de cuchillas a colocar y en cuanto a la cantidad de metros que tenga el rollo a cortar.

Todo papel que tenga un ancho no comercializable (es decir, que tenga un ancho inferior a 35 cm. o un ancho distinto a 64 cm., 60 cm. y 35 cm.) se considera un recorte desechable (es una pérdida o desperdicio). Por lo tanto, la empresa desea hacer la cantidad total de recortes desechables tan pequeña como sea posible.

Se deben cumplimentar los siguientes pedidos:

Longitud pedida (mts)	Ancho requerido (cm)
18.000	64
9.000	60
9.000	35

Los cortes se efectúan en forma longitudinal y lo que se entrega no necesita estar formado por un único rollo (o tira). Esto significa que no importa la cantidad de bobinas que se corten con una determinada disposición de cuchillas, sino la cantidad de metros de largo que se obtienen de esa forma. Se puede solicitar al depósito bobinas con la longitud que se quiera pero siempre en 215 cm de ancho.

2.20.

Un proveedor debe entregar un pedido de chapas de acero cortadas. Las cantidades mínimas solicitadas son:

Cantidad	Característica
A	Rectángulos de 20 x 80 cm Espesor mínimo: 2 mm.
B	Cuadrados de 40 cm. de lado Espesor mínimo: 1 mm.
C	Círculos de 33 cm. de diámetro Espesor mínimo: 1 mm.

El proveedor puede adquirir en el mercado mayorista chapas de 1 mm. de espesor de una medida standard de 80 cm. x 1 metro, y también puede comprar en el mercado chapas de 2 mts. x 1,50 mts. de 1 ó 2 mm. de espesor (a su elección). Los costos de estas chapas son C_1 , C_2 y C_3 respectivamente. Además, acuerda con su cliente que hasta un 40% de las chapas rectangulares podrán ser de 1 mm. de espesor con la condición de que el total (en toneladas) entregado sea mayor o igual al peso total del pedido original.

2.21.

El Viejo Vizcacha se dedica a fabricar boleadoras y rebenques. Uno de los componentes de esos productos es el cuero. Antes de cortar las piezas de cuero y de comenzar a armar las boleadoras y los rebenques deben prepararse las piezas de cuero. Como este es un proceso muy delicado se decidió encargarse esta tarea a Don Fermín Montes, hombre de mucha experiencia. Don Fermín indicó las condiciones de trabajo. Trabaja en dos ranchos, en uno se preparan las piezas de cuero para boleadoras y en el otro las piezas de cuero para rebenques. Don Fermín controla las piezas de cuero en los dos ranchos, como lo hace al mismo tiempo, cobra FE patacones por cada pieza de cuero que controle en el rancho en el cual más piezas controle. Los que realizan el trabajo son los 15 empleados de Don Fermín a los cuales hay que pagarles 25 patacones por día en el cual trabajen, independientemente del rancho en el cual estén. Cada empleado puede preparar 30 piezas de cuero para boleadora o 17 piezas de cuero para rebenque por día.

El Viejo Vizcacha tiene pedidos de piezas de cuero para las dos próximas semanas: al final de la primera semana tiene que tener A piezas de cuero para rebenques y B piezas de cuero para boleadoras. Al final de la segunda semana tiene que tener C piezas para rebenques y D piezas para boleadoras. No puede hacer entregas anticipadas ni postergar entregas, pero tiene un galpón en el cual entran E piezas de cuero.

Si los ingresos de Don Fermín son menores en la segunda semana que en la primera, esa diferencia no se le paga. Por el contrario, si los ingresos de Don Fermín son mayores en la segunda semana que en la primera, esa diferencia se le paga el triple.

¿Qué es lo mejor que puede hacer el Viejo Vizcacha?

☞ *Análisis previo: comenzar la resolución del ejercicio, realizando un esquema que describa la situación*

2.22.

Un afamado restorán de la zona de Palermo, tiene que entregar por lo menos 48 Kg de comida el sábado y 40 Kg el domingo, para sendos banquetes. Tiene 15 empleados que trabajan hasta 8 hs cada uno, a los que les paga \$ 0,2 la hora (si no trabajan no les paga) y que hacen alguna de las siguientes tareas: comprar alimentos, preparar alimentos y cocinar. Un mismo empleado no puede cocinar dos días seguidos.

Un empleado puede comprar 10 Kg de alimentos por día. A cada empleado le lleva media hora cocinar o preparar 1 Kg de alimentos. Por un convenio laboral no puede haber menos de cuatro empleados que cocinen cada día.

Si el domingo hay más empleados comprando alimentos que el sábado, el restorán pagará un plus de \$ 1 por empleado de más. Sin embargo, esa cantidad de empleados en exceso no puede ser superior a cuatro. Si el domingo hay menos empleados comprando alimentos que el sábado, el restorán deberá pagar \$ 2 por empleado de menos, salvo que el domingo haya más de cuatro empleados cocinando.

☞ *Análisis previo: comenzar la resolución del ejercicio, realizando un esquema que describa la situación*

☞ *Opcional: Obtener una solución óptima para este problema utilizando un software de resolución de problemas lineales (LINDO).*

2.23.

Una empresa fabrica y vende Etolones, Krakos y Sultos. Los fabrica a partir de 3 recursos básicos; Horas Hombre (HH), Horas Máquina (HM) y Materia Prima (MP).

A continuación se indican los consumos unitarios de cada recurso para los tres productos (en lugar de mostrar los números los indicamos con letras):

Producto	HH	HM	MP
Etolones	E ₁	E ₂	E ₃
Krakos	K ₁	K ₂	K ₃
Sultos	S ₁	S ₂	S ₃

Se dispone de 2500 HH, 1000 HM y 5000 kg de MP por mes, siendo el costo por unidad de recurso de \$5 por HH, \$7 por HM y \$2 por kg. de MP. Si sobrara MP se la podría guardar en el depósito, las HH y las HM no se pueden atesorar de un mes para el otro.

Los precios de venta de los productos son de \$100, \$150 y \$200 por unidad para los Etolones, Krakos y Sultos respectivamente. Asimismo es posible vender los recursos no utilizados a \$4 la HH, \$8 la HM y a \$2 el kg de MP.

La caja inicial del mes es de \$ 30.000 y se quiere que, a fin de mes, la caja sea, como mínimo, de \$ 45.000. Si existe un sobrante de dinero se coloca en un banco a interés al 0.5 % mensual y si falta dinero se puede tomar prestado pagando el 1% mensual. El préstamo máximo que se puede obtener es de \$ 20.000. Ambos intereses se cobran o pagan por adelantado.

2.24.

Ante la próxima temporada veraniega el concesionario de un balneario se encuentra con el problema de distribuir el espacio de playa que le corresponde entre carpas, toldos y sombrillas. Se reúne con sus socios y anotan en un papel todos los puntos a tener en cuenta. Estos son los siguientes:

Según la reglamentación existente no se pueden instalar más de 300 carpas ni más de 100 toldos por balneario.

- Las carpas ocupan el doble de espacio que los toldos y estos últimos, igual espacio que cada sombrilla.
- Se deben dejar 3.000 metros cuadrados libres como lugar de recreación.
- La administración, vestuarios, duchas y baños requerirán aproximadamente 400 metros cuadrados.
- Las carpas se alquilarán a 300 pesos por mes, los toldos a 200 y las sombrillas a 140. Estos precios son para el mes de enero, en febrero se piensa cobrar un 20% menos.
- Una carpa ocupa 40 metros cuadrados.
- Se calcula que la demanda de carpas será el doble de la demanda de toldos.
- Los toldos y las carpas son fijos y sólo podría alterarse su número el último día de enero. Las sombrillas deben instalarse y retirarse todos los días.
- Se calcula la duración de la temporada en dos meses (enero y febrero).
- La superficie de la concesión es de 10.000 metros cuadrados cuando la marea esta en su máxima altura y de 12.000 metros cuadrados cuando la marea está baja.

Te pedimos que nos sugieras una forma efectiva de operación mensual y diaria.

2.25.

Diariamente, en una compañía de teléfonos, se pronostica el número mínimo de operadores telefónicos necesarios en cada una de las 24 horas del día (B_i , donde $i=1, 2, \dots, 23, 24$). Un operador puede empezar un turno de 8 horas, al principio de cualquier período de una hora.

Asumir que existe un costo de C_1 \$/operador—hora si la cantidad de operadores excede el mínimo, y un costo de C_2 \$/operador/hora si se trabaja por debajo del mínimo.

☞ *Recomendado: Obtener una solución óptima para este problema utilizando un software de resolución de problemas lineales (LINDO) con los siguientes datos: $C_1=2$; $C_2=3$; $B_1=B_2=11$; $B_3=B_4=18$; $B_5=B_6=14$; $B_7=B_8=20$; $B_9=B_{10}=22$; $B_{11}=B_{12}=15$; $B_{13}=B_{14}=24$; $B_{15}=B_{16}=17$; $B_{17}=B_{18}=30$; $B_{19}=B_{20}=12$; $B_{21}=B_{22}=19$; $B_{23}=B_{24}=18$. (Probar con operarios que ingresan sólo en las horas impares)*

2.26.

El plan de vuelos de una empresa aérea para las próximas 4 semanas, se debe realizar con un nuevo tipo de aviones, lo que requiere 700 semanas—aviador adiestrado de vuelo.

En la primera semana hay 320 aviadores adiestrados, los que pueden volar (costo: \$80 por aviador–semana), descansar (\$5 por aviador–semana) o entrenar (\$200 aviador–semana incluyendo el costo de los participantes).

Un instructor puede preparar 20 aviadores por semana. Todos los aviadores que volaron una semana, deben descansar por lo menos, la semana siguiente. El número que vuela cada semana no debe decrecer.

2.27.

Una empresa textil (TEXAR) tiene tres productos “fuertes” que significan el 90% de su facturación aproximadamente. Estos productos pueden ser tejidos en dos tipos de telares distintos. Todos los meses TEXAR debe decidir cuántos telares destina a cada artículo.

El cambio de telar (de un artículo a otro) es costoso e insume dos días de labor aproximadamente y se realiza en los dos primeros días del mes.

TEXAR tiene compromisos de venta con clientes tradicionales que no quiere dejar de cumplir, pero también recibe muchos pedidos de clientes esporádicos o circunstanciales, a los que les asigna una prioridad inferior. A los clientes no tradicionales se les vende un 10% más caro.

Los pedidos de clientes tradicionales más los de clientes esporádicos superan la capacidad de producción de TEXAR.

Estamos a día 25 del mes y se dispone de un estimado de pedidos para los dos meses siguientes. Además se cuenta con algunos datos de interés:

- Estimado de pedidos en kilómetros

Artículo	Abril	Mayo
374	45	25
825	40	50
615	25	45
Resto	5	4

- Precios de venta y costos variables

Artículo (\$/metro)	Precio de venta (\$/metro)	Costo variable
374	30	10
825	35	20
615	40	21

- En mayo se espera un aumento de 10% en los precios y de 5% en los costos.
- El costo aproximado de cambio de telar (no incluido en los costos variables) es de \$ 1.500 para los Telares convencionales y de \$3.500 para los que son a chorro de aire
- Capacidades productivas (Km. por mes y por telar).

Artículo	Telar convencional	Telar a chorro de aire
374	4	10
825	4	12
615	3	8
Disponibilidad de telares	20	6

- Distribución de telares por artículo al 25 de marzo.

Artículo	Convencionales	Chorro de aire
374	3	1
825	9	2
615	5	3
Resto	3	—

☞ *Análisis posterior: ¿Cómo se alteraría el modelo planteado si quisiéramos incorporar costos de publicidad, para cada mes y para cada producto? (Estos costos serían un % de la respectiva facturación)*

2.28.

El gerente de personal de PETRASPE SA. enfrenta el problema de promoción de los empleados que ocupan distintos niveles de la empresa.

Realizado el análisis con las diferentes áreas surgen las siguientes limitaciones:

- a- El presupuesto para salarios fue fijado por el departamento de Finanzas.
- b- El número de cargos en cada nivel ya ha sido fijado por cada sector y el Directorio de la Empresa.
- c- La política de promociones de PETRASPE, oportunamente fijada por propio departamento, determina que la tasa mínima de promoción no debería ser inferior al 20%.

A continuación se da un resumen de la información que es disponible:

Nivel	Salarios (\$/hombre)	Nº personas en el nivel actualmente	Nº máximo en el nivel
1	1.000	15	15
2	1.500	12	15
3	2.000	10	12

En el nivel 3 supone que se retirarán de la empresa dos personas de los cargos actualmente ocupados.

Sabe que las posiciones del nivel 1 se llenarán automáticamente. El presupuesto total de salarios asciende a los \$60.000.

Debe mantener tres prioridades:

- Prioridad 1: Evitar un gasto superior al presupuestado.
- Prioridad 2: Evitar exceso de personal en cada nivel.
- Prioridad 3: Evitar la subpromoción.

Para él la prioridad 1 es cuatro veces superior a la 3 y la 2 es tres veces superior a la 3.

¿Cómo encarar este problema?

☞ *Para discutir: ¿qué es subpromoción?*

2.29.

Papá Pitufito se encuentra organizando la construcción de un castillo para Pitufina, y cuenta para ello con 100 Pitufitos. Para que los trabajadores rindan debe alimentarlos con trufas rosadas y trufas negras. Las trufas no sólo tienen un alto poder nutritivo sino que los pone contentos y así trabajan más.

Los Pitufitos que salgan a buscar trufas deben ser dirigidos por el Pitufito Rastreador. Se calcula que cada Pitufito puede juntar y transportar un Kg. de trufas negras o rosadas (aparte de las que coma para su propia alimentación).

Cada 100 gramos de trufas contienen:

	Pitucalorías	Pituvitaminas
Trufas negras	10	38
Trufas rosadas	15	25

Un Pitufo para trabajar bien en la construcción del castillo debe ingerir 50 pitucalorías y 60 pituvitaminas por día. Si un día come más, los días siguientes puede comer menos, pero no a la inversa, el promedio diario debe cumplirse.

La construcción del castillo insume tres días y es supervisada por el Pitufo Forzudo. Papá Pitufo quiere que el tercer día haya muchos Pitufos trabajando en la construcción pues teme el ataque de Azrael, Gargamel y Gigantón.

Los Pitufos trabajan 8 hs. diarias y se necesitan 1600 hs. para construir el castillo.

☞ *Análisis posterior: ¿Cómo se alteraría el modelo y cómo sería el nuevo valor del funcional si Papá Pitufo quisiera que el segundo día hubiera no menos de 70 Pitufos trabajando?*

2.30.

De Profundis, una empresa fabricante de galletitas, decide hacer una promoción vendiendo en bolsas sus productos de la línea “Teatro” (Anton, William, Cervantes, Molière). A continuación indicamos los datos de las bolsas a armar:

Bolsas	Precio de Venta (\$/bolsa)	Componentes (por bolsa)	Tiempo de Armado (hh por bolsa)	Demanda (bolsas/sem)
1	10	1 kg. Anton 2 paquetes William 1 kg. surtido	0.05	300
2	20	2 kg. Anton 1 paquete William 1 kg. Cervantes	0.10	100
3	30	1 kg. Anton 2 paquetes William 2 kg. Surtido	0.15	200

El surtido está integrado por galletas Cervantes y Molière, en el caso de la bolsa 1; y por galletas Anton, William y Cervantes, en el caso de la bolsa 3 (en ambos casos en cualquier proporción)

Las galletas William se empaquetan de a medio kg., salvo cuando integran el surtido. Para hacer un paquete se demoran 0.2 hh. También pueden comprarse empaquetadas a 3.5 \$. Los paquetes comprados son controlados y estadísticamente el 10% de los paquetes contienen galletas partidas. Algunos de dichos paquetes pueden venderse como de segunda calidad a \$ 3.60 y otros pueden canjearse a la empresa proveedora a razón de 6 paquetes por cada 10 paquetes rechazados.

Galletas	Tiempo Fab. (H. maq./kg.)	Costo MP y MO (\$/kg)	Costo de Venta (\$/kg.)
Anton	0.8	1.50	0.80
William	0.7	2.00	1.00
Cervantes	0.5	0.80	0.60
Molière	0.4	0.90	0.50

La fábrica cuenta con 80 empleados que trabajan 8 hs. de lunes a viernes. De ellos, por lo menos 20 trabajan en el armado de bolsas (tarea manual). El proceso de empaquetado sólo puede hacerse en hs. extras. Los operarios pueden hacer hasta 2 hs. extras por día que cuestan, en todo concepto 10\$/hora También se pueden usar hs. extras para armar bolsas. Para que la máquina funcione 1 hora se necesita el trabajo de 3 hombres (3 hh para una hora máquina).

Se decidió cargar los gastos semanales de publicidad, que ascenderían a 5 \$ por bolsa, sólo sobre aquel tipo de bolsa que más se venda.

¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?

2.31.

Los romanos se aprestan a atacar la aldea gala de Asterix. El jefe Abraracurcix organiza las tareas de defensa que son las siguientes:

- reparar las murallas
- preparar poción mágica
- acumular alimentos

Nombra a los siguientes responsables: Obelix, Panoramix y Edadepiedrix. Disponen de 2 días para prepararse y son un total de 44 personas, excluido el jefe y los tres responsables. Disponen de 8 litros de poción mágica y de 70 Kg. de alimentos. La capacidad de trabajo es la siguiente: tomando 0,3 litros de poción por día un hombre puede colocar 2 pilares ó juntar 3 Kg. de componentes para la poción ó acumular 6 Kg. de alimentos. Sin tomar poción los valores son de 1, 1 y 4 respectivamente. La necesidad de alimento por día es de 8 Kg. para los que no tomaron poción y de 5 para aquellos que tomaron.

Como los galos son muy temperamentales no conviene que hagan todos los días lo mismo (se aburren y comienzan a pelearse). Por ese motivo Asterix propone que al asignar las tareas del 2° día, como máximo, 8 personas hagan la misma tarea que el primer día. Para defenderse necesitan alimentos para resistir el asedio y poción mágica para poder combatir, ambas cosas tienen igual importancia.

La reparación del muro consiste en colocar 33 pilares nuevos. La preparación de poción requiere 1 Kg. de componentes para hacer 2 litros y además la preparación en sí insume un día, por lo tanto el último día no vale la pena juntar componentes.

2.32.

*“El que tenga una canción tendrá tormenta
el que tenga compañía, soledad.
El que siga un buen camino tendrá sillas
peligrosas que lo inviten a parar.
Pero vale la canción buena tormenta
y la compañía vale soledad
siempre vale la agonía de la prisa
aunque se llene de sillas la verdad.”*

Historia de las sillas – Silvio Rodríguez

No pasa mucho tiempo sin que visitemos a Teofrasto, de vez en vez, de dos en dos, sobre todo los domingos. Lo encontramos en el taller de carpintería.

—Aquí me tienen, haciendo un poco de laborterapia —bromeó. —Pero parece que armar sillas también puede ser un buen negocio. Por lo menos eso me dijo Willy. Ustedes saben que, si él lo dice... Con todas estas sillas viejas un poco deterioradas,

más piezas que se pueden comprar, se arman muebles “a nuevo”, después se patinan con pintura de colores y se venden.

—¿De donde sacaste tantas sillas?

—Algunas vienen de la casa de mi abuela y muchas me las dio la flaca, que vendió su casa cuando se fue a lo de Cacho.

—Por lo menos te dejó algo —acoté, pero no fue un buen chiste.

—Willy consiguió un contacto para venderlas a un bar 24 horas que está por abrir —siguió Teofrasto, —el asunto es que hay varias posibilidades de armado. Si les cuento, ¿me ayudarían?

Teofrasto tiene 120 sillas. Ninguna de ellas está en perfecto estado, tal como lo indica la siguiente tabla:

Respaldo roto:	30 sillas
Le falta una pata:	20 sillas
Le faltan 2 patas:	10 sillas
Asiento roto:	30 sillas
Respaldo roto y falta una pata:	30 sillas

Teofrasto no piensa arreglar las partes rotas sino que compra las partes que las reemplacen al sillero Aristipo. Las piezas que se pueden comprar a Aristipo son: patas a \$ P cada una, asientos a \$ A cada uno y respaldos a \$ R cada uno.

El bar 24 horas le pidió distintos tipos de muebles:

Tipo de mueble:	Cantidad pedida (unidades)	Precio que paga el bar a Teofrasto (\$/u)
Sillas	D_1	P_1
Taburetes de cuatro patas	D_2	P_2
Taburetes de tres patas	D_3	P_3

Todos los muebles tienen el mismo tipo de patas y el mismo tipo de asiento (los taburetes no tienen respaldo).

—Mi problema —nos dijo Teofrasto, —es que tengo que decidir cuántos muebles hago de cada tipo y cómo usar las sillas que tengo y las piezas que puedo comprar. Además tengo que dejar una silla acá.

—¿Para qué vas a guardar una silla?

—Para cuando vuelva la flaca —contestó Teofrasto sin inmutarse.

—Vamos a hacer todo lo posible para ayudarte —le prometimos. —Si podés hacer lo que te gusta y además ganar dinero, sos un afortunado.

2.33.

Una empresa de catering produce y comercializa tres tipos de torta.

La torta tipo A requiere 1 kg de harina, 500 gramos de azúcar, 400 gramos de chocolate, 6 huevos y 200 gramos de dulce de frutillas. La torta tipo B requiere 1,5 kg de harina, 600 gramos de azúcar, 6 huevos y 500 gramos de chocolate. La torta tipo C requiere 800 gramos de harina, 400 gramos de azúcar, 4 huevos y 400 gramos de dulce de frutillas.

Las tortas “A” y “B” llevan además una cobertura especial. La mezcla para coberturas lleva un 20% de chocolate, entre 40% y un 60% de crema y el resto de dulce de leche. La torta “A” lleva 200 gramos de cobertura y la torta “B” lleva 250 gramos de esta cobertura.

Por último, las tortas se guardan en cajas decoradas, de las que se puede disponer de 300 por semana.

Semanalmente, se puede disponer de 500 kg de harina, 200 kg de azúcar, 120 kg de chocolate, 150 docenas de huevos, 40 kg de dulce de frutillas, 30 kg de crema y 15 kg de dulce de leche.

Se ha calculado que el beneficio de cada torta es el siguiente: Tortas “A”: 20 pesos, Tortas “B”: 25 pesos, Tortas “C”: 12 pesos.