

113-116
125-128

PROBLEMARIO
DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN



73041

M

COLECCIÓN

Libros de Texto y Manuales de Práctica

SERIE

Material de apoyo a la docencia

(Teoría y prácticas de laboratorio; problemarios)

104251

Problematario de planeación y control de la producción

Mariem Henaine-Abed



245092



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

José Luis Gázquez Mateos

Secretario General

Edmundo Jacobo Molina

UNIDAD AZCAPOTZALCO

Rectora

Mtra. Mónica de la Garza Malo

Secretario

Lic. Guillermo Ejea Mendoza

Coordinador de Extensión Universitaria

Lic. Enrique López Aguilar

Jefa de la Sección Editorial

Lic. Silvia Aboytes Perete

HDG 9
P7
H4.5

Portada

Virginia Flores/Sans Serif Editores

Composición tipográfica, diseño, producción y cuidado editorial

Sans Serif Editores, telfax 5674 60 91

Primera edición 1999

ISBN: 970-654-240-X

© Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

Av. San Pablo núm. 180

México, 02200, D.F.

Impreso en México

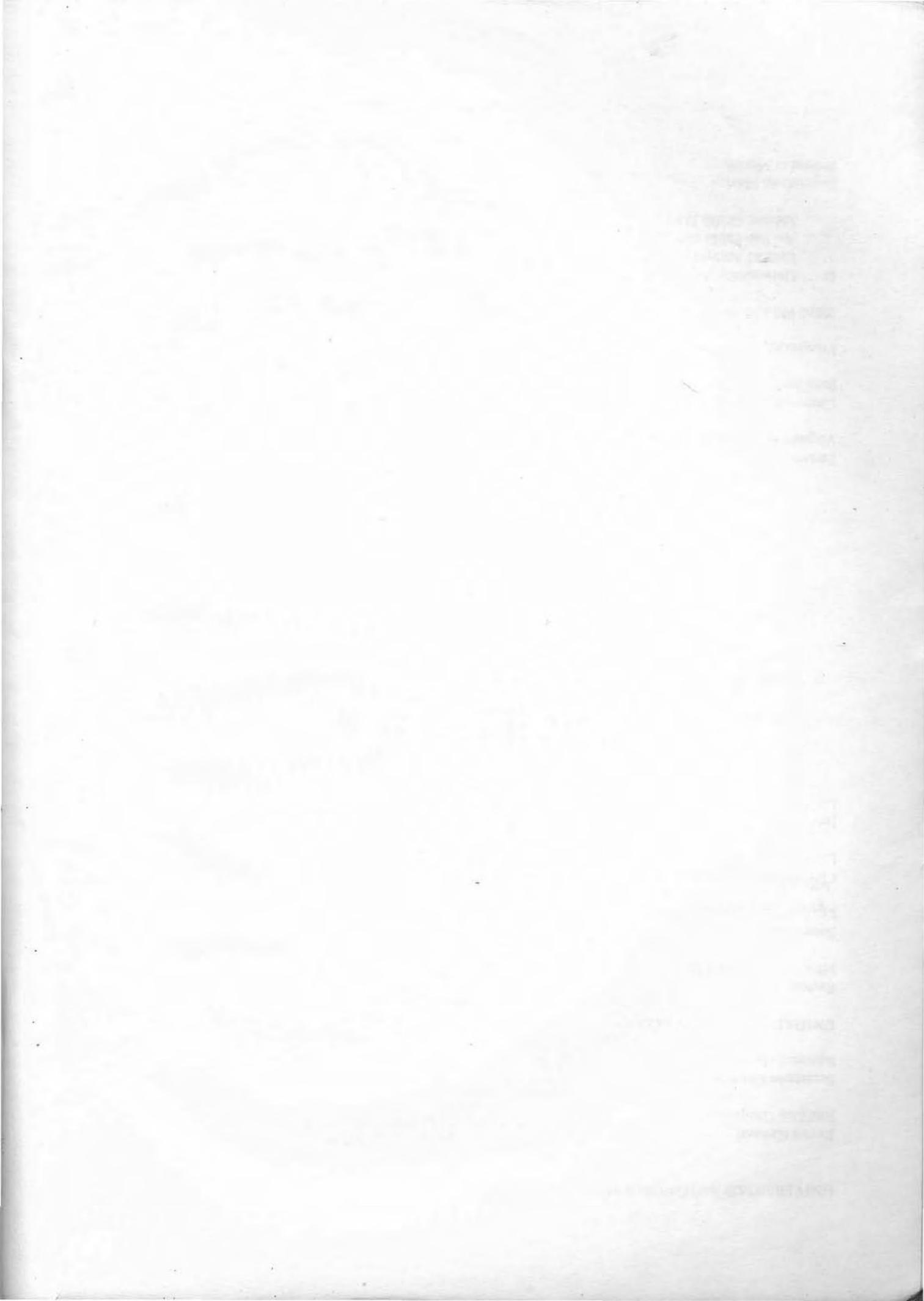
Printed in Mexico



*To my darling Sooty
with all my love*



AZCAPOTZALCO
BIBLIOTECA



INTRODUCCIÓN

EL PROPÓSITO DE ESTE LIBRO es complementar el curso de Planeación y Control de la Producción y facilitar el aprendizaje por medio de una serie de problemas que ilustran las situaciones típicas de este tipo de actividades.

Este libro no pretende ser una recopilación exhaustiva de todos los problemas existentes en la materia, sino una muestra representativa de las diferentes posibilidades de problemas que se pueden presentar en la vida profesional, con varios grados de dificultad.

En cada sección de los problemas resueltos, se ilustra y explica en detalle la forma o formas (cuando existe más de una) en que se puede llegar a una solución adecuada. Es importante señalar que se incluyen problemas más complejos de los que generalmente se encuentran resueltos en los textos sobre la materia.

Con objeto de que las personas que estudien el tema puedan poner en práctica lo aprendido y reforzar sus conocimientos, se incluye una serie de problemas propuestos para los cuales se provee la solución final.

Por último, el texto contribuye a incrementar el aprovechamiento del curso de Planeación y Control de la Producción, pues proporciona experiencia en la resolución de problemas.

La autora desea agradecer de manera muy especial por su colaboración en la composición dactilográfica de esta obra, y en algunos casos por sus comentarios y contribuciones en la solución de algunos problemas, a Margarita Calvillo Juárez, Alfredo Ceballos Pinedo, Ricardo Fernández Álvarez y Alma Patricia Luquín Arteaga.



CAPÍTULO I

PRONÓSTICOS

1. TÉCNICAS DE SUAVIZAMIENTO

Problema 1.1

D

ESARROLLE UN PRONÓSTICO de promedios móviles simples de tres meses de acuerdo con los siguientes datos:

Mes	Venta de autos	Mes	Venta de autos
Enero	20	Julio	17
Febrero	21	Agosto	18
Marzo	15	Septiembre	20
Abril	14	Octubre	20
Mayo	13	Noviembre	21
Junio	16	Diciembre	23

Solución

Para resolver este problema se utiliza la siguiente fórmula:

$$S_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \quad (1.1)$$

donde:

S_{t+1} : pronóstico en el periodo $t + 1$.

N : número de valores en el promedio.

t : periodo de tiempo.

En este caso ($N = 3$), se tiene:

$$S_4 = \frac{20 + 21 + 15}{3} = \frac{56}{3} = 18.67$$

$$S_5 = \frac{21 + 15 + 14}{3} = \frac{50}{3} = 16.67$$

$$S_6 = \frac{15 + 14 + 13}{3} = \frac{42}{3} = 14.00$$

$$S_7 = \frac{14 + 13 + 16}{3} = \frac{43}{3} = 14.33$$

$$S_8 = \frac{13 + 16 + 17}{3} = \frac{46}{3} =$$

$$S_9 = \frac{15 + 17 + 18}{3} = \frac{50}{3} =$$

Continuando de esta manera, los resultados se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Mes	Ventas	S_{t+1}
Enero	20	
Febrero	21	
Marzo	15	
Abril	14	18.67
Mayo	13	16.67
Junio	16	14.00
Julio	17	14.33
Agosto	18	15.33
Septiembre	20	17.00
Octubre	20	18.33
Noviembre	21	19.33
Diciembre	23	20.33
Enero		21.33

El pronóstico para enero del siguiente año es de 21.33 unidades.

Problema 1.2

Desarrolle un pronóstico de la demanda, con promedios móviles de cinco años, con los datos que se dan a continuación:

Año	Demanda	Año	Demanda
1	7	7	12
2	9	8	13
3	5	9	9
4	9	10	11
5	13	11	7
6	8		

Pronósticos

Solución

En este caso ($N = 5$), usando la fórmula 1.1 se tiene:

Año	Demanda	S_{t+1}
1	7	
2	9	
3	5	
4	9	
5	13	
6	8	8.60
7	12	8.80
8	13	9.40
9	9	11.00
10	11	11.00
11	7	10.60
12		10.40

El pronóstico para el siguiente año (12) es de 10.40 unidades.

Problema 1.3

Con los datos que se presentan de la demanda de semillas de pasto:

- a) Desarrolle un promedio móvil de dos y de cuatro años.
- b) Elija el mejor pronóstico con base en el cálculo del MAD.

Año	Demanda	Año	Demanda
1	4	7	7
2	6	8	9
3	4	9	12
4	5	10	14
5	10	11	15
6	8		

Solución

En la solución de este problema se utiliza la fórmula 1.1 con $N = 2$ y $N = 4$. Para el cálculo del MAD se usa la fórmula:

$$\text{MAD} = \frac{\sum |e|}{n} \quad (1.2)$$

donde:

- e : error del pronóstico = $X_i - S_i$.
- X : valor real.
- S : valor pronosticado.
- i : periodo de tiempo.
- n : número de errores en la sumatoria.

Los resultados de los promedios y los errores se resumen en el siguiente cuadro:

Año	Demanda (miles de sacos)	S_{t+1} ($N = 2$)	Error (absoluto)	S_{t+1} ($N = 4$)	Error (absoluto)
1	4				
2	6				
3	4	5.00	1.00		
4	5	5.00	0.00		
5	10	4.50	5.50	4.75	5.25
6	8	7.50	0.50	6.25	1.75
7	7	9.00	2.00	6.75	0.25
8	9	7.50	1.50	7.50	1.50
9	12	8.00	4.00	8.50	3.50
10	14	10.50	3.50	9.00	5.00
11	15	13.00	2.00	10.50	4.50
12		14.50		12.50	
			MAD = 2.22		
			MAD de 7 = 2.71		
				MAD = 3.11	
				MAD de 7 = 3.11	

Los pronósticos del siguiente año (12) son: para $N = 2$, 14.50 unidades, y para $N = 4$, 12.50 unidades.

Al calcular el MAD para el caso de promedio móvil de dos periodos se tienen nueve valores de error, que suman 20, entonces:

Pronósticos

$$MAD_9 = \frac{20}{9} = 2.22$$

Para el caso del promedio móvil de cuatro periodos se tienen siete valores de error que suman 21.75, entonces:

$$MAD_7 = \frac{21.75}{7} = 3.10$$

Estos valores son correspondientes al MAD para cada uno de los dos juegos de pronósticos. Sin embargo, es importante notar que para poder comparar entre ambos y por tanto elegir el mejor, es necesario calcular los errores sobre el mismo periodo de tiempo, ya que para $N = 2$ se tienen nueve valores de pronósticos y para $N = 4$ se tienen tan sólo siete. Para poderlos comparar se deberá calcular el MAD sobre los mismos siete valores, esto es, del periodo cinco al once, por lo que tenemos, para $N = 2$:

$$MAD_7 = \frac{19}{7} = 2.71$$

para $N = 4$:

$$MAD_7 = \frac{21.75}{7} = 3.10$$

Con base en estos cálculos se concluye que para esta serie el pronóstico con $N = 2$ es mejor que el pronóstico con $N = 4$, porque el primero posee un MAD menor.

Problema 1.4

Con los siguientes datos de la demanda mensual de vajillas modelo A-26:

a) Obtenga el pronóstico para el periodo número 13, utilizando promedios móviles simples con $N = 3$ y $N = 6$.

b) Calcule el MSE y basándose en esto diga cuál N da mejores resultados para esta serie.

Periodo	Demanda	Periodo	Demanda
1	143	7	142
2	152	8	141
3	161	9	162
4	139	10	150
5	137	11	145
6	164	12	165

Solución

Utilizando la fórmula 1.1 se calculan los pronósticos para $N = 3$ y $N = 6$.

Periodo	Demanda	S_{t+1} ($N = 3$)	Error (cuadrado)	S_{t+1} ($N = 6$)	Error (cuadrado)
1	143				
2	152				
3	161				
4	139	152.00	169.00		
5	137	150.67	186.78		
6	164	145.67	336.11		
7	142	146.67	21.78	149.33	53.78
8	141	147.67	44.44	149.17	66.69
9	162	149.00	169.00	147.33	215.11
10	150	148.33	2.78	147.50	6.25
11	145	151.00	36.00	149.33	18.78
12	165	152.33	160.44	150.67	205.44
13		153.33		150.83	
			MSE = 125.15		
			MSE de 6 = 72.41		
				MSE = 94.34	
				MSE de 6 = 94.34	

Para el cálculo del MSE se usa la siguiente fórmula:

$$MSE = \frac{\sum e^2}{n} \tag{1.3}$$

donde:

e^2 : error del pronóstico elevado al cuadrado.

n : número de errores en la sumatoria.

Los pronósticos son: para $N = 3$, 153.33 unidades; y para $N = 6$, 150.83 unidades. La que da mejores resultados es $N = 3$, por tener un MSE menor.

Problema 1.5

Con los siguientes datos, utilice el suavizamiento exponencial ($\alpha = 0.2$) para desarrollar un pronóstico de demanda.

Pronósticos

Periodo	Demanda
1	7
2	9
3	5
4	9
5	13
6	8

Solución

La fórmula para suavizamiento exponencial simple es:

$$S_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_t \quad (1.4)$$

donde:

- \hat{S}_{t+1} : pronóstico para el periodo $t + 1$.
- t : periodo de tiempo.
- α : constante de suavizamiento.
- X : valor de la demanda.

Así se tiene:

$$S_2 = 0.2 X_2 + (1 - 0.2) S_1$$

Como no se conoce S , entonces el primer pronóstico se supone igual al valor de la demanda para ese periodo, esto es:

$$S_1 = X_1$$

Entonces:

$$S_2 = 0.2 (7) + (1 - 0.2) 7 = 7$$

$$S_3 = 0.2 (9) + (1 - 0.2) 7 = 1.8 + 5.6 = 7.4$$

$$S_4 = 0.2 (5) + (1 - 0.2) 7.4 = 1 + 5.92 = 6.92$$

Continuando de esta manera, los resultados se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Periodo	Demanda	S_{t+1} $\alpha = 0.2$
1	7	7.00
2	9	7.00
3	5	7.40
4	9	6.92
5	13	7.34
6	8	8.47
7		8.38

El pronóstico para el periodo 7 es de 8.38 unidades.

Problema 1.6

Las millas voladas por pasajeros de Northeast Airlines, una empresa de enlace que da servicio en la ciudad de Boston, se muestran para las 12 semanas pasadas. Asumiendo que el pronóstico inicial para la semana 1 fue de 17 000 millas, utilice el suavizamiento exponencial simple para calcular las millas correspondientes a la semana 13. Emplee $\alpha = 0.4$.

Semana	Millas (miles)	Semana	Millas (miles)
1	17	7	20
2	21	8	18
3	19	9	22
4	23	10	20
5	18	11	15
6	16	12	22

Solución

Utilizando la fórmula 1.3 se tiene:

Semana	Millas (miles)	S_{t+1} $\alpha = 0.4$
1	17	17.00
2	21	17.00
3	19	18.60
4	23	18.76
5	18	20.46
6	16	19.47
7	20	18.08
8	18	18.85
9	22	18.51
10	20	19.91
11	15	19.94
12	22	17.97
13		19.58

El pronóstico para la semana 13 es de 19 580 millas.

Pronósticos

Problema 1.7

Utilizando las constantes de suavizamiento de 0.6 y 0.9:

- a) Desarrolle un pronóstico para las ventas de Green Line Jet Skis.
- b) Con base en el cálculo del MAD elija el mejor pronóstico.

Año	Ventas
1992	450
1993	495
1994	518
1995	563
1996	584

Solución

Utilizando la fórmula 1.4 se tiene de manera resumida (considerando $S_1 = 410$):

Año	Ventas	S_{t+1} $\alpha = 0.6$	Error (absoluto)	S_{t+1} $\alpha = 0.9$	Error (absoluto)
1992	450	410.00	40.00	410.00	40.00
1993	495	434.00	61.00	446.00	49.00
1994	518	470.60	47.40	490.10	27.90
1995	563	499.04	63.96	515.21	47.79
1996	584	537.42	46.58	558.22	25.78
1997		565.37		581.42	
			MAD = 51.79		
				MAD = 38.09	

Recordemos que se debe utilizar la fórmula 1.2 para calcular el MAD para los valores calculados con cada α .

- a) El pronóstico para 1997 con $\alpha = 0.6$ es de 565.37 unidades; mientras que con $\alpha = 0.9$ es de 581.42 unidades.
- b) Con base en los cálculos del MAD, para cada caso, se concluye que para esta serie el pronóstico con $\alpha = 0.9$ es mejor que el obtenido con $\alpha = 0.6$.

Problema 1.8

En el cuadro se proporcionan los datos de la demanda para las calzaletas de Sneeker.

- a) Calcule el siguiente pronóstico para abril, considerando $\alpha = 0.3$, $\alpha = 0.5$ y $\alpha = 0.7$ con $S_1 = 75$.
- b) Calcule el MSE para cada caso y elija el mejor pronóstico con base en el resultado.

Fecha	Demanda
Marzo 1	20
Marzo 8	120
Marzo 15	150
Marzo 22	75
Abril 1	50

Solución

La solución a este problema se resume en el siguiente cuadro:

Fecha	Demanda	S_{t+1} $\alpha = 0.3$	Error (cuadrado)	S_{t+1} $\alpha = 0.5$	Error (cuadrado)	S_{t+1} $\alpha = 0.7$	Error (cuadrado)
Marzo 1	20	75.00	3 025.00	75.00	3 025.00	75.00	3 025.00
Marzo 8	120	58.50	3 782.25	47.50	5 256.25	36.50	6 972.25
Marzo 15	150	76.95	5 336.30	83.75	4 389.06	94.95	3 030.50
Marzo 22	75	98.87	569.54	116.88	1 753.52	133.49	3 420.50
Abril 1	50	91.71	1 739.35	95.94	2 110.25	92.55	1 810.12
Abril 8		79.19		72.97		62.76	
			MSE = 2 890.49			MSE = 3 306.82	MSE = 3 651.67

El mejor pronóstico es de 79.19 unidades, obtenido con un $\alpha = 0.3$.

Problema 1.9

Los datos del siguiente cuadro corresponden a la información de ventas diarias de refrescos en un supermercado.

a) Calcule un pronóstico de la demanda anterior, utilizando promedios móviles simples para tres y cinco periodos.

b) Calcule un pronóstico de la demanda anterior utilizando suavizamiento exponencial simple para $\alpha = 0.3$ y $\alpha = 0.5$.

c) Por medio del cálculo del MSE elija el mejor pronóstico.

Día	Demanda	Día	Demanda
1	200	8	150
2	134	9	182
3	157	10	197
4	165	11	136
5	177	12	163
6	125	13	157
7	146	14	169

Solución

Para este problema se usan las fórmulas 1.1, 1.3 y 1.4.
 Los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

<i>Demanda</i>	S_{t+1} <i>N</i> = 3	<i>Error</i> (cuadrado)	S_{t+1} <i>N</i> = 5	<i>Error</i> (cuadrado)	S_{t+1} $\alpha = 0.3$	<i>Error</i> (cuadrado)	S_{t+1} $\alpha = 0.5$	<i>Error</i> (cuadrado)
200					200.00		200.00	
134					200.00	4 356.00	200.00	4 356.00
157					180.20	538.24	167.00	100.00
165	163.67	1.78			173.24	67.90	162.00	9.00
177	152.00	625.00			170.77	38.84	163.50	182.25
125	166.33	1 708.44	166.60	1 730.56	172.64	2 269.34	170.25	2 047.56
146	155.67	93.44	151.60	31.36	158.35	152.43	147.63	2.64
150	149.33	0.44	154.00	16.00	154.64	21.55	146.81	10.16
182	140.33	1 736.11	152.60	864.36	153.25	826.58	148.41	1 128.54
197	159.33	1 418.78	156.00	1 681.00	161.87	1 233.78	165.20	1 011.04
136	176.33	1 626.78	160.00	576.00	172.41	1 325.86	181.10	2 034.15
163	171.67	75.11	162.20	0.64	161.49	2.28	158.55	19.80
157	165.33	69.44	165.60	73.96	161.94	24.42	160.78	14.25
169	152.00	289.00	167.00	4.00	160.46	72.94	158.89	102.26
	163.00		164.40		163.02		163.94	
	MSE = 694.94		MSE = 553.10		MSE = 840.78		MSE = 847.51	
	MSE (<i>n</i> = 9) = 779.73		MSE (<i>n</i> = 9) = 553.10		MSE (<i>n</i> = 9) = 658.80		MSE (<i>n</i> = 9) = 707.82	

El mejor pronóstico para el día 15 es 164.40 refrescos, por ser éste el que presenta menor MSE.

Problema 1.10

Un gerente necesita pronósticos semanales de la venta de donas para determinar la compra de harina, azúcar, aceite y otros productos. La compañía tiene los registros que se muestran en el cuadro, con el número de donas vendidas en cada una de las 16 semanas anteriores.

- a) Calcule el pronóstico con promedios móviles para dos y cuatro periodos.
- b) Calcule el pronóstico con suavizamiento exponencial simple para $\alpha = 0.8$ y $\alpha = 0.6$.
- c) Calcule el MAD para cada caso y con base en el resultado elija el mejor pronóstico.

Problemario de planeación y control de la producción

Semana	Venta	Semana	Venta
0	386	8	381
1	379	9	389
2	408	10	410
3	405	11	393
4	403	12	378
5	395	13	395
6	399	14	411
7	418	15	401

Solución

Utilizando las fórmulas 1.1, 1.4 y 1.2 se obtienen los resultados del siguiente cuadro:

Semana	Venta	S_{t+1} N = 2	Error (absoluto)	S_{t+1} N = 4	Error (absoluto)	S_{t+1} $\alpha = 0.8$	Error (absoluto)	S_{t+1} $\alpha = 0.6$	Error (absoluto)
0	386					386.00		386.00	
1	379					386.00	7.00	386.00	7.00
2	408	382.50	25.50			380.40	27.60	381.80	26.20
3	405	393.50	11.50			402.48	2.52	397.52	7.48
4	403	406.50	3.50	394.50	8.50	404.50	1.50	402.01	0.99
5	395	404.00	9.00	398.75	3.75	403.30	8.30	402.60	7.60
6	399	399.00	0.00	402.75	3.75	396.66	2.34	398.04	0.96
7	418	397.00	21.00	400.50	17.50	398.53	19.47	398.62	19.38
8	381	408.50	27.50	403.75	22.75	414.11	33.11	410.25	29.25
9	389	399.50	10.50	398.25	9.25	387.62	1.38	392.70	3.70
10	410	385.00	25.00	396.75	13.25	388.72	21.28	390.48	19.52
11	393	399.50	6.50	399.50	6.50	405.74	12.74	402.19	9.19
12	378	401.50	23.50	393.25	15.25	395.55	17.55	396.68	18.68
13	395	385.50	9.50	392.50	2.50	381.51	13.49	385.47	9.53
14	411	386.50	24.50	394.00	17.00	392.30	18.70	391.19	19.81
15	401	403.00	2.00	394.25	6.75	407.26	6.26	403.08	2.08
16		406.00		396.25		402.25		401.83	
		MAD = 14.25		MAD = 10.56		MAD = 12.88		MAD = 12.09	
		MAD (n = 12) = 13.54		MAD (n = 12) = 10.56		MAD (n = 12) = 13.01		MAD (n = 12) = 11.72	

El mejor pronóstico para la siguiente semana es de 396.25 donas.

Problema 1.11

Para el mejor pronóstico del problema 1.10, calcule la señal de rastreo de Trigg y diga si el sistema está dentro de control para un nivel de confianza de 90% ($k = 1.64$).

Solución

Para calcular la señal de rastreo se requiere calcular primero el MAD suavizado (MADS) y el error suavizado (ES) de la siguiente manera:

$$\text{MADS}_t = \gamma |e_t| + (1 - \gamma) \text{MADS}_{t-1} \quad (1.5)$$

$$\text{ES}_t = \gamma e_t + (1 - \gamma) \text{ES}_{t-1} \quad (1.6)$$

donde:

- MADS_t: desviación media absoluta suavizada en t .
- ES_t: error suavizado en t .
- e_t : error en t ($X_t - S_t$).
- γ : constante de suavizamiento del error.
- t : periodo de tiempo.

La señal de rastreo se define como:

$$T_t = \frac{\text{ES}_t}{\text{MADS}_t} \quad (1.7)$$

donde:

T_t : señal de rastreo en t .
y los límites de la señal de rastreo son:

$$\text{lím. } T = \pm \frac{1.25 k \gamma}{\sqrt{2\gamma - \gamma^2}} \quad (1.8)$$

donde:

k : constante asociada a la distribución normal.

Aplicando estas fórmulas se tiene:

Suponemos $\gamma = 0.3$.

Semana	Error	MADS _t	ES _t	T _t
4	8.50	8.50	8.50	1.00
5	-3.75	7.08	4.83	0.68
6	-3.75	6.08	2.25	0.37
7	17.50	9.50	6.83	0.72
8	-22.75	13.48	-2.05	-0.15
9	-9.25	12.21	-4.21	-0.34
10	13.25	12.52	1.03	0.08
11	-6.50	10.72	-1.23	-0.11
12	-15.25	12.08	-5.44	-0.45
13	2.50	9.20	-3.05	-0.33
14	17.00	11.54	2.96	0.26
15	6.75	10.10	4.10	0.41

El límite para la señal de rastreo en este caso es:

$$\text{lím. } T = \pm \frac{1.25 (1.64) 0.3}{\sqrt{2 (0.3) - 0.3^2}} = \pm 0.86$$

De esta forma se concluye que el sistema está dentro de control.

Problema 1.12

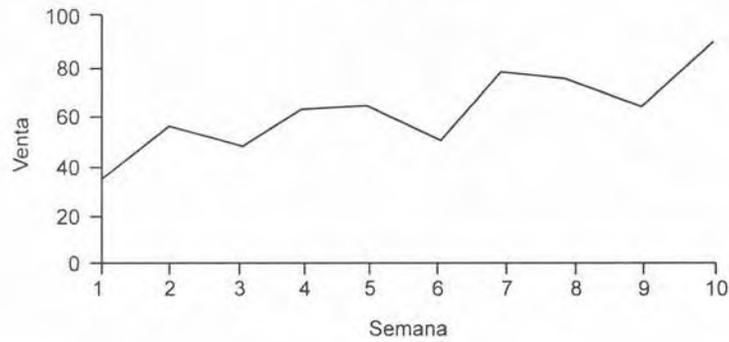
Los siguientes datos son un registro de las ventas semanales de neumáticos (en miles de unidades) de cierta compañía.

- Grafique los datos. ¿Qué componentes puede identificar?
- Calcule el pronóstico para los periodos 11, 12 y 13 utilizando promedios móviles dobles con $N = 3$.

Semana	Venta	Semana	Venta
1	34	6	50
2	56	7	78
3	48	8	74
4	63	9	63
5	65	10	90

Pronósticos

Venta de llantas



Solución

En la gráfica se puede observar claramente una tendencia ascendente, lo que indica a simple vista que las ventas se están incrementando al paso del tiempo. Tal vez presente cierta ciclicidad.

Para resolver este problema se utilizan las siguientes fórmulas:

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \quad (1.9)$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + \dots + S'_{t-N+1}}{N} \quad (1.10)$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t \quad (1.11)$$

$$b_t = \frac{2}{N-1}(S'_t - S''_t) \quad (1.12)$$

$$S_{t+m} = a_t + b_t m \quad (1.13)$$

donde:

S'_t : primer estimado en t .

S''_t : segundo estimado en t .

m : número de periodos futuros por pronosticar.

Entonces:

$$S'_3 = \frac{34 + 56 + 48}{3} = 46.00$$

$$S'_4 = \frac{56 + 48 + 63}{3} = 55.67$$

$$S'_5 = \frac{48 + 63 + 65}{3} = 58.67$$

$$S'_6 = \frac{63 + 65 + 50}{3} = 59.33$$

$$S''_5 = \frac{58.67 + 55.67 + 46.00}{3} = 53.45$$

$$S''_6 = \frac{59.33 + 58.67 + 55.67}{3} = 57.89$$

$$a_5 = 2(58.67) - 53.45 = 63.89$$

$$b_5 = \frac{2}{3-1}(58.67 - 53.45) = 5.22$$

$$S_{5+1=6} = 63.89 + (5.22)1 = 69.11$$

$$a_6 = 2(59.33) - 57.89 = 60.77$$

$$b_6 = \frac{2}{3-1}(59.33 - 57.89) = 1.44$$

$$S_7 = 60.77 + (1.44)1 = 62.21$$

Continuando de esta forma se obtienen los resultados que se presentan en el siguiente cuadro:

Semana	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}
1	34					
2	56					
3	48	46.00				
4	63	55.67				
5	65	58.67	53.44	63.89	5.22	
6	50	59.33	57.89	60.78	1.44	69.11
7	78	64.33	60.78	67.89	3.56	62.22
8	74	67.33	63.67	71.00	3.67	71.44
9	63	71.67	67.78	75.56	3.89	74.67
10	90	75.67	71.56	79.78	4.11	79.44
11						83.89
12						88.00
13						92.11

Los pronósticos para las semanas 11, 12 y 13 son, respectivamente, 83.89, 88.00 y 92.11.

Pronósticos

Problema 1.13

Los siguientes datos representan la demanda de escritorios. Utilizando promedios móviles dobles con $N = 4$, calcule el pronóstico para los meses 13 y 14.

Mes	Venta	Mes	Venta
1	50	7	300
2	90	8	280
3	150	9	360
4	215	10	300
5	310	11	380
6	350	12	400

Solución

Utilizando las fórmulas 1.9 a 1.13 se obtienen los siguientes resultados:

Mes	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}
1	50					
2	90					
3	150					
4	215	126.25				
5	310	191.25				
6	350	256.25				
7	300	293.75	216.88	370.63	51.25	
8	280	310.00	262.81	357.19	31.46	421.88
9	360	322.50	295.63	349.38	17.92	388.65
10	300	310.00	309.06	310.94	0.63	367.29
11	380	330.00	318.13	341.88	7.92	311.56
12	400	360.00	330.63	389.38	19.58	349.79
13						408.96
14						428.54

Los pronósticos para los meses 13 y 14 son, respectivamente, 408.96 y 428.54.

Problema 1.14

Las llamadas de emergencia al sistema 911 de Winter Park, Florida, durante las últimas 16 semanas, se muestran a continuación:

Problemario de planeación y control de la producción

Semana	Llamadas	Semana	Llamadas
1	50	9	35
2	35	10	20
3	25	11	15
4	40	12	40
5	45	13	55
6	35	14	35
7	20	15	25
8	30	16	55

a) Calcule el pronóstico para las semanas 17, 18 y 19 utilizando promedios móviles ~~simples~~ ^{desplazados} con $N = 3$ y $N = 5$.

b) Basándose en el cálculo del MAD, diga cuál es el mejor pronóstico.

Solución

Con las fórmulas 1.9 a 1.13 se tiene:

Para $N = 3$:

Mes	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (absoluto)
1	50						
2	35						
3	25	36.67					
4	40	33.33					
5	45	36.67	35.56	37.78	1.11		
6	35	40.00	36.67	43.33	3.33	38.89	3.89
7	20	33.33	36.67	30.00	-3.33	46.67	26.67
8	30	28.33	33.89	22.78	-5.56	26.67	3.33
9	35	28.33	30.00	26.67	-1.67	17.22	17.78
10	20	28.33	28.33	28.33	0.00	25.00	5.00
11	15	23.33	26.67	20.00	-3.33	28.33	13.33
12	40	25.00	25.56	24.44	-0.56	16.67	23.33
13	55	36.67	28.33	45.00	8.33	23.89	31.11
14	35	43.33	35.00	51.67	8.33	53.33	18.33
15	25	38.33	39.44	37.22	-1.11	60.00	35.00
16	55	38.33	40.00	36.67	-1.67	36.11	18.89
17						35.00	
18						33.33	
19						31.67	

MAD = 17.88
MAD de 7 = 20.71

S₁ = 36.67 - 1.67(7) = 33.33
S₂ = 31.67

Pronósticos

Para $N = 5$:

Mes	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (absoluto)
1	50						
2	35						
3	25						
4	40						
5	45	39.00					
6	35	36.00					
7	20	33.00					
8	30	34.00					
9	35	33.00	35.00	31.00	-1.00		
10	20	28.00	32.80	23.20	-2.40	30.00	10.00
11	15	24.00	30.40	17.60	-3.20	20.80	5.80
12	40	28.00	29.40	26.60	-0.70	14.40	25.60
13	55	33.00	29.20	36.80	1.90	25.90	29.10
14	35	33.00	29.20	36.80	1.90	38.70	3.70
15	25	34.00	30.40	37.60	1.80	38.70	13.70
16	55	42.00	34.00	50.00	4.00	39.40	15.60
17						54.00	
18						58.00	
19						62.00	
							MAD = 14.79
							MAD de 7 = 14.79

Recordemos que al igual que en el problema 1.3, la comparación se debe hacer para el mismo periodo de tiempo; por tanto, el MAD se calculará para los periodos 10 a 16 con la fórmula 1.2.

Los mejores pronósticos se tienen con $N = 5$, siendo éstos para las semanas 17, 18 y 19, respectivamente, 54.00, 58.00 y 62.00.

Problema 1.15

Durante los últimos 11 años se han obtenido los siguientes datos acerca de los turistas que visitan la ciudad de Washington, D.C.

Año	Núm. de turistas (millones)	Año	Núm. de turistas (millones)
1	7	7	16
2	2	8	12
3	6	9	14
4	4	10	20
5	14	11	15
6	15		

- a) Usando promedios móviles dobles con $N = 2$ y $N = 3$, calcule el pronóstico del año 12.
 b) Mediante el cálculo del MSE elija el mejor pronóstico.

Solución

Utilizando las fórmulas 1.9 a 1.13 se tiene:

Para $N = 2$:

Año	Núm. de turistas	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	50						
2	35	42.50					
3	25	30.00	36.25	23.75	+12.50		
4	40	32.50	31.25	33.75	2.50	11.25	826.56
5	45	42.50	37.50	47.50	10.00	36.25	76.56
6	35	40.00	41.25	38.75	-2.50	57.50	506.25
7	20	27.50	33.75	21.25	-12.50	36.25	264.06
8	30	25.00	26.25	23.75	-2.50	8.75	451.56
9	35	32.50	28.75	36.25	7.50	21.25	189.06
10	20	27.50	30.00	25.00	-5.00	43.75	564.06
11	15	17.50	22.50	12.50	-10.00	20.00	25.00
12						2.50	

MSE = 362.89

MSE de 6 = 333.33

Para $N = 3$:

Año	Núm. de turistas	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	50						
2	35						
3	25	36.67					
4	40	33.33					
5	45	36.67	35.56	37.78	1.11		
6	35	40.00	36.67	43.33	3.33	38.89	15.12
7	20	33.33	36.67	30.00	-3.33	46.67	711.11
8	30	28.33	33.89	22.78	-5.56	26.67	11.11
9	35	28.33	30.00	26.67	-1.67	17.22	316.05
10	20	28.33	28.33	28.33	0.00	25.00	25.00
11	15	23.33	26.67	20.00	-3.33	28.33	177.78
12						16.67	
						MSE = 209.36	
						MSE de 6 = 209.36	

Para calcular el MSE se usa la fórmula 1.3 para los periodos 6 a 11. El mejor pronóstico para el año 12 es de 16.67 millones de turistas.

Problema 1.16

Basándose en las ventas de hornos eléctricos de los últimos tres años, la empresa Aparatos Eléctricos, S.A. desea pronosticar sus ventas para el resto del año de 1997. Empleando una técnica de suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.5$, determine cuáles son las ventas de los cuatrimestres II y III de 1997.

	1994	1995	1996	1997
I	50	200	297	395
II	90	250	338	
III	150	310	370	

Solución

Para este problema se utilizan las siguientes fórmulas:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1} \tag{1.14}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1} \tag{1.15}$$

$$a_t = 2 S'_t - S''_t \tag{1.16}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{\alpha - 1} (S'_t - S''_t) \tag{1.17}$$

$$S_{t+m} = a_t + b_t m \quad (1.18)$$

De esta forma, al no haber valor inicial de S'_{t-1} y S''_{t-1} , se supone $S'_{t-1} = X_t = S''_{t-1}$.

$$S'_2 = (0.5) 90 + (0.5) 50 = 70$$

$$S'_3 = (0.5) 150 + (0.5) 70 = 110$$

$$S''_2 = (0.5) 70 + (0.5) 50 = 60$$

$$S''_3 = (0.5) 110 + (0.5) 60 = 85$$

$$a_2 = 2 (70) - 60 = 80$$

$$b_2 = \frac{0.5}{1-0.5} (70 - 60) = 10$$

$$S_{2+1=3} = 80 + 10 (1) = 90$$

$$a_3 = 2 (110) - 85 = 135$$

$$b_3 = \frac{0.5}{1-0.5} (110 - 85) = 25$$

$$S_4 = 135 + 25 (1) = 160$$

Continuando de esta manera se obtienen los siguientes resultados:

Cuatrimestre	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}
		50.00	50.00			
1	50	50.00	50.00	50.00	0.00	
2	90	70.00	60.00	80.00	10.00	50.00
3	150	110.00	85.00	135.00	25.00	90.00
4	200	155.00	120.00	190.00	35.00	160.00
5	250	202.50	161.25	243.75	41.25	225.00
6	310	256.25	208.75	303.75	47.50	285.00
7	297	276.63	242.69	310.56	33.94	351.25
8	338	307.31	275.00	339.63	32.31	344.50
9	370	338.86	306.83	370.48	31.83	371.94
10	395	366.83	336.83	396.83	30.00	402.31
11						426.83
12						456.83

Los pronósticos para los dos últimos cuatrimestres de 1997 son 426.83 y 456.83, respectivamente.

Pronósticos

Problema 1.17

Una fábrica de productos de PVC desea realizar el pronóstico de consumo de kilogramos de cierto componente, empleando la siguiente información:

	1994	1995	1996	1997
I	60	120	140	160
II	100	60	120	
III	80	120	180	

Empleando un suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.4$, ¿cuál será el consumo para los cuatrimestres II y III de 1997?

Considere $S'_1 = 65$ y $S''_1 = 68$.

Solución

Cuatrimestre	Venta	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}
1	60	65.00	68.00	62.00	-2.00	
2	100	79.00	72.40	85.60	4.40	60.00
3	80	79.40	75.20	83.60	2.80	90.00
4	120	95.64	83.38	107.90	8.18	86.40
5	60	81.38	82.58	80.19	-0.80	116.08
6	120	96.83	88.28	105.38	5.70	79.39
7	140	114.10	98.61	129.59	10.33	111.08
8	120	116.46	105.75	127.17	7.14	139.92
9	180	141.88	120.20	163.55	14.45	134.31
10	160	149.13	131.77	166.48	11.57	178.00
11						178.05
12						189.62

Los pronósticos para los cuatrimestres II y III de 1997 son 178.05 y 189.62 kilogramos, respectivamente.

Problema 1.18

Se tienen los siguientes datos mensuales de ventas para cuchillos eléctricos:

Periodo	Ventas (miles)	Periodo	Ventas (miles)
1	19	6	56
2	15	7	62
3	25	8	50
4	34	9	78
5	30	10	85

a) Utilizando suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.5$ y $\alpha = 0.7$, estime las ventas para los periodos 11 y 12.

b) Calcule el MAD y con base en el resultado elija el mejor pronóstico.

Solución

En este caso, $S'_1 = S''_1 = X_1$, ya que no se da un estimado inicial.

Utilizando las fórmulas 1.14 a 1.18 se obtienen los siguientes resultados:

Para $\alpha = 0.5$:

Cuatrimestre	Venta	S'_i	S''_i	a_i	b_i	S_{t+m}	Error (absoluto)
		19.00	19.00				
1	19	19.00	19.00	19.00	0.00		
2	15	17.00	18.00	16.00	-1.00	19.00	4.00
3	25	21.00	19.50	22.50	1.50	15.00	10.00
4	34	27.50	23.50	31.50	4.00	24.00	10.00
5	30	28.75	26.13	31.38	2.63	35.50	5.50
6	56	42.38	34.25	50.50	8.13	34.00	22.00
7	62	52.19	43.22	61.16	8.97	58.63	3.38
8	50	51.09	47.16	55.03	3.94	70.13	20.13
9	78	64.55	55.85	73.24	8.70	58.97	19.03
10	85	74.77	65.31	84.23	9.46	81.94	3.06
11						93.70	
12						103.16	

MAD = 10.79

Pronósticos

Para $\alpha = 0.7$:

Cuatrimestre	Venta	S_t^c	S_t^e	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (absoluto)
		19.00	19.00				
1	19	19.00	19.00	19.00	0.00		
2	15	16.20	17.04	15.36	-1.96	19.00	4.00
3	25	22.36	20.76	23.96	3.72	13.40	11.60
4	34	30.51	27.58	33.43	6.82	27.68	6.32
5	30	30.15	29.38	30.92	1.80	40.25	10.25
6	56	48.25	42.59	53.90	13.20	32.72	23.28
7	62	57.87	53.29	62.46	10.70	67.11	5.11
8	50	52.36	52.64	52.08	-0.65	73.16	23.16
9	78	70.31	65.01	75.61	12.37	51.44	26.56
10	85	80.59	75.92	85.27	10.91	87.98	2.98
11						96.18	
12						107.09	
							MAD = 12.58

El MAD se calcula con la fórmula 1.2.

Los mejores pronósticos para los periodos 11 y 12 son 93.70 y 103.16 miles de cuchillos eléctricos, respectivamente.

Problema 1.19

La demanda para cirugía de trasplante de corazón en el Washington General Hospital ha crecido constantemente en los años pasados, como se aprecia en el siguiente cuadro:

Año	Cirugías
1	45
2	50
3	52
4	56
5	58

El director de los servicios médicos predijo hace seis años que la demanda en el año 1 sería de 41 cirugías.

a) Desarrolle los pronósticos para los años 2 a 6. Use el suavizamiento exponencial doble, primero con una constante de suavización de 0.6 y posteriormente con una de 0.9.

b) Elija el mejor pronóstico con base en el cálculo del MSE.

Solución

Con las fórmulas 1.14 a 1.18 y 1.3 se obtiene:

Para $\alpha = 0.6$:

Año	Cirugías	S_t	S_t''	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	45	41.00	41.00	41.00	0.00		
2	50	46.40	44.24	48.56	3.24	41.00	81.00
3	52	49.76	47.55	51.97	3.31	51.80	0.04
4	56	53.50	51.12	55.88	3.57	55.28	0.52
5	58	56.20	54.17	58.23	3.05	59.46	2.12
6						61.28	
							MSE = 20.92

Para $\alpha = 0.9$:

Año	Cirugías	S_t	S_t''	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	45	41.00	41.00	41.00	0.00		
2	50	49.10	48.29	49.91	7.29	41.00	81.00
3	52	51.71	51.37	52.05	3.08	57.20	27.04
4	56	55.57	55.15	55.99	3.78	55.13	0.76
5	58	57.76	57.50	58.02	2.35	59.77	3.15
6						60.36	
							MSE = 27.99

El mejor pronóstico es de 61.28 y se obtiene con $\alpha = 0.6$ para el año 6.

Problema 1.20

Para la siguiente información de ventas de moldes refractarios para cocinar, modelo AW28, calcule el pronóstico para los periodos 16 y 17.

Número	Dato	Número	Dato
1	42	9	180
2	69	10	204
3	100	11	228
4	115	12	247
5	132	13	291
6	141	14	337
7	154	15	391
8	171		

Utilice:

- a) Promedios móviles dobles con $N = 5$.
- b) Suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.3$.
- c) Elija el método más adecuado con base en el cálculo del MSE.

Solución

Para resolver el inciso a) del problema se requiere usar las fórmulas 1.9 a 1.13.

Número	Dato	S_t	S_t''	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	42						
2	69						
3	100						
4	115						
5	132	91.60					
6	141	111.40					
7	154	128.40					
8	171	142.60					
9	180	155.60	125.92	185.28	14.84		
10	204	170.00	141.60	198.40	14.20	200.12	15.05
11	228	187.40	156.80	218.00	15.30	212.60	237.16
12	247	206.00	172.32	239.68	16.84	233.30	187.69
13	291	230.00	189.80	270.20	20.10	256.52	1 188.87
14	337	261.40	210.96	311.84	25.22	290.30	2 180.89
15	391	298.80	236.72	360.88	31.04	337.06	2 909.52
16						391.92	
17						422.96	
						MSE de 6 = 1 119.86	

Para el inciso b) del problema se utilizan las fórmulas 1.14 a 1.18 y se obtiene:

Número	Dato	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (cuadrado)
1	42	42.00	42.00	42.00	0.00		
2	69	50.10	44.43	55.57	2.43	42.00	729.00
3	100	65.07	50.62	79.52	6.19	58.20	1 747.24
4	115	80.05	59.45	100.65	8.83	85.71	857.90
5	132	95.63	70.31	120.96	10.86	109.48	507.33
6	141	109.24	81.99	136.50	11.68	131.82	84.30
7	154	122.67	94.19	151.15	12.21	148.18	33.84
8	171	137.17	107.09	167.25	12.89	163.35	58.45
9	180	150.02	119.97	180.07	12.88	180.15	0.02
10	204	166.21	133.84	198.59	13.87	192.95	122.06
11	228	184.75	149.11	220.39	15.27	212.46	241.47
12	247	203.42	165.41	241.44	16.29	235.66	128.63
13	291	229.70	184.69	274.70	19.29	257.74	1 106.47
14	337	261.89	207.85	315.92	23.16	293.99	1 850.02
15	391	300.62	235.68	365.56	27.83	339.08	2 695.42
16						393.39	
17						421.22	
						MSE de 6 = 1 024.01	

Los mejores pronósticos son obtenidos con el suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.3$ y son, para los periodos 16 y 17 respectivamente, 393.39 y 421.22.

Problema 1.21

La demanda de cierto producto ha presentado el comportamiento indicado en el cuadro siguiente:

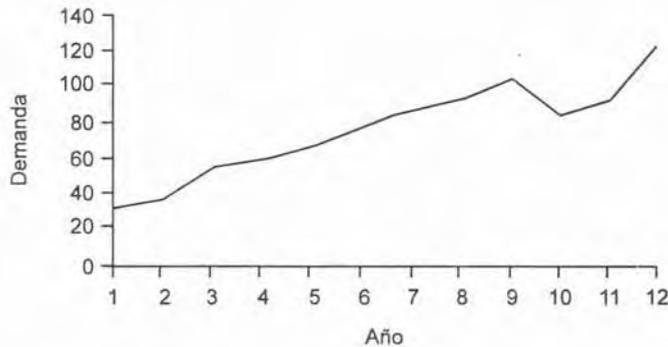
Año	Demanda	Año	Demanda
1	30	7	90
2	36	8	97
3	55	9	110
4	60	10	89
5	68	11	98
6	81	12	130

Pronósticos

- a) Grafique los datos e indique qué tipo de comportamiento presentan.
- b) Usando promedios móviles dobles y suavizamiento exponencial doble, pronostique para los años 13 y 14. Use $N = 3$ y $N = 5$; $\alpha = 0.3$ y $\alpha = 0.7$. Considere $S'_1 = 28$ y $S''_1 = 35$.
- c) Calcule el MAD para los cuatro casos y diga qué pronóstico es el mejor y por qué.

Solución

Gráfica de demanda



En este caso presentan una tendencia positiva bastante clara, al grado que la serie presentada parece una línea recta. Sin embargo, en un solo año se cayeron las ventas, y su recuperación comenzó el siguiente año. No se aprecia una ciclicidad ni estacionalidad.

Contando con las fórmulas 1.9 a 1.13 para promedios móviles dobles y 1.14 a 1.18 para suavizamiento exponencial doble, se obtienen los siguientes resultados:

Para $N = 3$:

Año	Demanda	S'_t	S''_t	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (absoluto)
1	30						
2	36						
3	55	40.33					
4	60	50.33					
5	68	61.00	50.56	71.44	10.44		
6	81	69.67	60.33	79.00	9.33	81.89	0.89
7	90	79.67	70.11	89.22	9.56	88.33	1.67
8	97	89.33	79.56	99.11	9.78	98.78	1.78
9	110	99.00	89.33	108.67	9.67	108.89	1.11
10	89	98.67	95.67	101.67	3.00	118.33	29.33
11	98	99.00	98.89	99.11	0.11	104.67	6.67
12	130	105.67	101.11	110.22	4.56	99.22	30.78
13						114.78	
14						119.33333	

MAD de 3 = 22.26

Para $N = 5$:

Año	Demanda	S'_i	S''_i	a_i	b_i	S_{i+m}	Error (absoluto)
1	30						
2	36						
3	55						
4	60						
5	68	49.80					
6	81	60.00					
7	90	70.80					
8	97	79.20					
9	110	89.20	69.80	108.60	9.70		
10	89	93.40	78.52	108.28	7.44	118.30	29.30
11	98	96.80	85.88	107.72	5.46	115.72	17.72
12	130	104.80	92.68	116.92	6.06	113.18	16.82
13						122.98	
14						129.04	
						MAD de 3 = 21.28	

Para $\alpha = 0.3$:

Año	Demanda	S'_i	S''_i	a_i	b_i	S_{i+m}	Error (absoluto)
1	30	28.00	35.00	21.00	-3.00		
2	36	30.40	33.62	27.18	-1.38	18.00	18.00
3	55	37.78	34.87	40.69	1.25	25.80	29.20
4	60	44.45	37.74	51.15	2.87	41.94	18.06
5	68	51.51	41.87	61.15	4.13	54.02	13.98
6	81	60.36	47.42	73.30	5.55	65.28	15.72
7	90	69.25	53.97	84.53	6.55	78.84	11.16
8	97	77.58	61.05	94.10	7.08	91.08	5.92
9	110	87.30	68.93	105.68	7.88	101.18	8.82
10	89	87.81	74.59	101.03	5.67	113.56	24.56
11	98	90.87	79.47	102.26	4.88	106.70	8.70
12	130	102.61	86.41	118.80	6.94	107.14	22.86
13						125.74	
14						132.68	
						MAD de 3 = 18.70	

Pronósticos

Para $\alpha = 0.7$:

Año	Demanda	S_t	S_t''	a_t	b_t	S_{t+m}	Error (absoluto)
1	30	28.00	35.00	21.00	-16.33		
2	36	33.60	34.02	33.18	-0.98	4.67	31.33
3	55	48.58	44.21	52.95	10.19	32.20	22.80
4	60	56.57	52.87	60.28	8.65	63.14	3.14
5	68	64.57	61.06	68.08	8.19	68.94	0.94
6	81	76.07	71.57	80.58	10.51	76.28	4.72
7	90	85.82	81.55	90.10	9.98	91.08	1.08
8	97	93.65	90.02	97.28	8.47	100.07	3.07
9	110	105.09	100.57	109.62	10.55	105.75	4.25
10	89	93.83	98.85	91.81	-4.72	120.17	31.17
11	98	96.75	96.48	97.02	0.63	87.09	10.91
12	130	120.02	112.96	127.09	16.48	97.65	32.35
13						143.57	
14						160.05	

MAD de 3 = 24.81

Los mejores pronósticos para los años 13 y 14 son 125.74 y 132.68, respectivamente. Se eligieron éstos porque al comparar los MAD de cada método, el calculado en el ejercicio de suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.3$ resultó ser el menor.

Problema 1.22

Para el mejor pronóstico del problema 1.21, calcule la señal de rastreo de Trigg. Diga si el sistema está dentro de control para un nivel de confianza de 90% ($k = 1.64$).

Solución

Para calcular la señal de rastreo y sus límites se usan las fórmulas 1.5 a 1.8, así:

Año	Error	MADS _t	ES _t	T _t
2	18.00	18.00	18.00	
3	29.20	21.36	21.36	1.00
4	18.06	20.37	20.37	1.00
5	13.98	18.45	18.45	1.00
6	15.72	17.63	17.63	1.00
7	11.16	15.69	15.69	1.00
8	5.92	12.76	12.76	1.00
9	8.82	11.57	11.57	1.00
10	-24.56	15.47	0.74	0.05
11	-8.70	13.44	-2.09	-0.16
12	22.86	16.26	5.39	0.33

Con los siguientes límites:

$$\text{lím. } T = \pm \frac{1.25 (1.64) 0.3}{\sqrt{2 (0.3) - 0.3^2}} = \pm 0.86$$

En este caso la señal de rastreo se mantiene en 1 durante 7 periodos, esto se debe a que la demanda presenta un componente ascendente constante y por lo tanto ES_t y MADS_t son iguales al no haber cambio de signo. Sin embargo, al final el sistema entra a control.

Sería necesario continuar monitoreando de cerca este pronóstico para ver si se mantiene dentro de control.

El comportamiento de la señal de rastreo en este problema también podría apuntar hacia la conveniencia de usar un método de regresión para pronosticar. En este caso sería necesario comparar los resultados del pronóstico con regresión y con la técnica de suavizamiento exponencial doble, aquí elegida, para usar la que dé mayor resultado.

2. TÉCNICAS DE DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO

Problema 2.1

Las ventas trimestrales de leche de la empresa Leche Sana, S.A. para los últimos seis años se presentan a continuación:

Año	Ventas en miles de litros por trimestre			
	T1	T2	T3	T4
1	258	370	392	303
2	265	382	401	312
3	292	387	424	325
4	299	412	448	329
5	304	419	463	351
6	310	438	486	367

Utilizando el método de descomposición de series de tiempo, pronostique las ventas para el año 7. Decida si es conveniente o no usar el factor de ciclicidad con base en el cálculo del MAD.

Solución

La fórmula general de la ecuación de pronóstico en este caso es:

$$S = T \times C \times I \tag{2.1}$$

donde:

- T: tendencia.
- C: ciclicidad.
- I: estacionalidad.

Se debe comenzar por calcular el índice estacional, para lo cual se obtienen los promedios móviles centrados de cuatro periodos (ya que los datos están dados en trimestres) y el factor estacional puntual. Se dejan fuera de los cálculos los datos del último año para poder calcular el error. Las fórmulas son:

$$PM = (1/N) \sum_{i=1}^N X_i \tag{2.2}$$

$$PMC_i = \frac{PM_i + PM_{i+1}}{2} \tag{2.3}$$

donde:

- N: número de valores en el promedio.
- X_i : valor de la demanda en el periodo i .
- PM: promedio móvil.
- PMC: promedio móvil centrado.

Problemario de planeación y control de la producción

$$FEP_i = \frac{X_i}{PMC_i} \quad (2.4)$$

Periodo	Demanda	PM	PMC	FEP × 100
1	258			
2	370			
3	392	330.75	331.63	118.21
4	303	332.50	334.00	90.72
5	265	335.50	336.63	78.72
6	382	337.75	338.88	112.73
7	401	340.00	343.38	116.78
8	312	346.75	347.38	89.82
9	292	348.00	350.88	83.22
10	387	353.75	355.38	108.90
11	424	357.00	357.88	118.48
12	325	358.75	361.88	89.81
13	299	365.00	368.00	81.25
14	412	371.00	371.50	110.90
15	448	372.00	372.63	120.23
16	329	373.25	374.13	87.94
17	304	375.00	376.88	80.66
18	419	378.75	381.50	109.83
19	463	384.25		
20	351			

A continuación, los FEP deben agruparse según el periodo al que corresponde para calcular el índice estacional; este último se obtiene con el promedio medial de los FEP (el valor mayor y el menor se descartan para que los periodos que son en extremo inusuales no afecten los cálculos).

Año	T1	T2	T3	T4
1			118.21	90.72
2	78.72	112.73	116.78	89.82
3	83.22	108.90	118.48	89.81
4	81.25	110.90	120.23	87.94
5	80.66	109.83		
FE	80.96	110.37	118.35	89.82

El factor de ajuste se calcula como:

$$FA = \frac{400}{(FE_1 + FE_2 + FE_3 + FE_4)} \quad (2.5)$$

donde:

- FA: factor de ajuste.
- FE: factor estacional no ajustado.

Así:

$$FA = \frac{400}{80.96 + 110.37 + 118.35 + 89.82} = 1.0013$$

De esta manera puede calcularse el factor estacional ajustado o índice estacional:

$$I \text{ de } T1 = (80.96) 1.0013 = 81.07$$

$$I \text{ de } T2 = (110.37) 1.0013 = 110.51$$

$$I \text{ de } T3 = (118.35) 1.0013 = 118.50$$

$$I \text{ de } T4 = (89.82) 1.0013 = 89.93$$

En seguida se procede al cálculo de la tendencia, la cual se obtiene mediante el ajuste de una recta (por el método de mínimos cuadrados) a los PMC; en este caso, la ecuación que se obtiene es:

$$y = 3.4665x + 320.0075$$

3.4665x + 320.0124

Una vez obtenida la ecuación que define la tendencia es necesario calcular la ciclicidad, sabiendo que:

$$FC_i = \frac{PMC_i}{FTA_i} \quad (2.6)$$

donde:

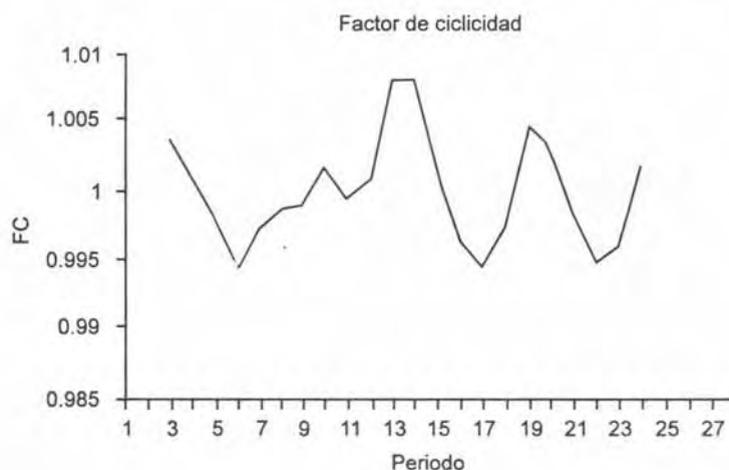
FC: factor de ciclicidad en el periodo i .

FTA _{i} : valor de la tendencia en la ecuación de regresión calculado i .

De esta manera se tiene:

Periodo	PMC	FTA	FC
3	331.63	330.41	1.0037
4	334.00	333.87	1.0004
5	336.63	337.34	0.9979
6	338.88	340.81	0.9943
7	343.38	344.27	0.9974
8	347.38	347.74	0.9990
9	350.88	351.21	0.9991
10	355.38	354.67	1.0020
11	357.88	358.14	0.9993
12	361.88	361.61	1.0007
13	368.00	365.07	1.0080
14	371.50	368.54	1.0080
15	372.63	372.01	1.0017
16	374.13	375.47	0.9964
17	376.88	378.94	0.9946
18	381.50	382.41	0.9976

Con los valores de ciclicidad obtenidos se realiza una gráfica, a partir de la cual se extrapolan los valores para el año 6, lo que permitirá el cálculo del pronóstico.



El pronóstico se realiza de la siguiente forma:

Pronósticos

Periodo	Demanda	$S = f(I, FTA)$	Error (absoluto)	FC	$S = f(I, FTA, FC)$	Error (absoluto)
21	310304	318.41	14.41	0.998	317.77	13.77
22	438419	437.91	18.91	0.995	435.72	16.72
23	486463	473.68	10.68	0.996	471.79	8.79
24	367351	362.61	11.61	1.002	363.33	12.33
			MAD = 13.90			
				MAD = 12.91		

De aquí se concluye que es mejor incluir la ciclicidad en el pronóstico. De esta manera:

Periodo	Demanda	PM	PMC	FEP × 100
1	258			
2	370			
3	392	330.75	331.63	118.21
4	303	332.50	334.00	90.72
5	265	335.50	336.63	78.72
6	382	337.75	338.88	112.73
7	401	340.00	343.38	116.78
8	312	346.75	347.38	89.82
9	292	348.00	350.88	83.22
10	387	353.75	355.38	108.90
11	424	357.00	357.88	118.48
12	325	358.75	361.88	89.81
13	299	365.00	368.00	81.25
14	412	371.00	371.50	110.90
15	448	372.00	372.63	120.23

Problemario de planeación y control de la producción

Periodo	Demanda	PM	PMC	FEP × 100
		373.25		
16	329		374.13	87.94
		375.00		
17	304		376.88	80.66
		378.75		
18	419		381.50	109.83
		384.25		
19	463		385.00	120.26
		385.75		
20	351		388.13	90.43
		390.50		
21	310		393.38	78.81
		396.25		
22	438		398.25	109.98
		400.25		
23	486			
24	367			

Año	T1	T2	T3	T4
1			118.21	90.72
2	78.72	112.73	116.78	89.82
3	83.22	108.90	118.48	89.81
4	81.25	110.90	120.23	87.94
5	80.66	109.83	120.26	90.43
6	78.81	109.98		
FE	80.24	110.24	118.97	90.02

$$FA = \frac{400}{80.24 + 110.24 + 118.97 + 90.02} = 1.0013$$

$$I \text{ de T1} = (80.96) 1.0013 = 80.34$$

$$I \text{ de T2} = (110.24) 1.0013 = 110.38$$

$$I \text{ de T3} = (118.97) 1.0013 = 119.12$$

$$I \text{ de T4} = (90.02) 1.0013 = 90.14$$

$$y = 3.4799x + 319.8639$$

$$3.4798x + 319.8639$$

Pronósticos

Periodo	PMC	FTA	FC
3	331.63	330.30	1.0040
4	334.00	333.78	1.0006
5	336.63	337.26	0.9981
6	338.88	340.74	0.9945
7	343.38	344.22	0.9975
8	347.38	347.70	0.9991
9	350.88	351.18	0.9991
10	355.38	354.66	1.0020
11	357.88	358.14	0.9993
12	361.88	361.62	1.0007
13	368.00	365.10	1.0079
14	371.50	368.58	1.0079
15	372.63	372.06	1.0015
16	374.13	375.54	0.9962
17	376.88	379.02	0.9943
18	381.50	382.50	0.9974
19	385.00	385.98	0.9975
20	388.13	389.46	0.9966
21	393.38	392.94	1.0011
22	398.25	396.42	1.0046



Finalmente se obtiene el pronóstico para los cuatro trimestres del año 7, que son los periodos 25 al 28:

Periodo	FC	$S = F(I, FTA, FC)$
25	1.001	327.21
26	0.994	450.22
27	0.996	491.00
28	0.999	375.77

2338659



Problema 2.2

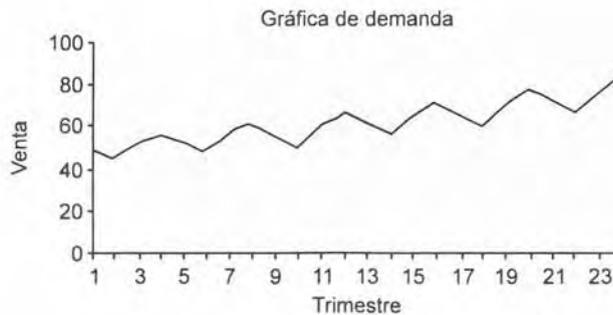
Considérese la demanda trimestral de botes domésticos de BOATS 4 ALL, un productor local:

Año	Trimestre	Demanda	Año	Trimestre	Demanda
1	T1	50	4	T1	62
	T2	45		T2	56
	T3	52		T3	65
	T4	56		T4	71
2	T1	53	5	T1	65
	T2	48		T2	60
	T3	57		T3	70
	T4	62		T4	77
3	T1	56	6	T1	73
	T2	50		T2	66
	T3	60		T3	75
	T4	67		T4	85

a) Grafique los datos y determine qué factores integran el patrón de demanda.

b) Con el método de descomposición de series de tiempo, calcule el pronóstico para el año 6. Según el MAD, decida si el factor de ciclicidad mejora el pronóstico.

Solución



En la gráfica se aprecia una marcada tendencia ascendente, ya que puede trazarse una línea imaginaria con pendiente positiva a través de la serie. Otro aspecto relevante es la aparición de una estacionalidad; si somos cautelosos, al observar la gráfica veremos que en el cuarto trimestre de cada año se presenta un pico positivo en la gráfica, lo que sugiere un aumento en las ventas en dicho lapso, tal vez debido a los ingresos extras que por lo general se tienen a fin de año, junto con el periodo vacacional de Navidad. Posiblemente también presente un grado de ciclicidad.

De la misma manera explicada en el ejercicio 2.1, y haciendo uso de las fórmulas 2.1 a 2.6 y 1.2, se obtiene:

Pronósticos

<i>Año</i>	<i>Trimestre</i>	<i>Demanda</i>	<i>PM</i>	<i>PMC</i>	<i>FEP × 100</i>
1	T1	50			
	T2	45	50.75		
	T3	52	51.50	51.13	101.71
	T4	56	52.25	51.88	107.95
2	T1	53	53.50	52.88	100.24
	T2	48	55.00	54.25	88.48
	T3	57	55.75	55.38	102.93
	T4	62	56.25	56.00	110.71
3	T1	56	57.00	56.63	98.90
	T2	50	58.25	57.63	86.77
	T3	60	59.75	59.00	101.69
	T4	67	61.25	60.50	110.74
4	T1	62	62.50	61.88	100.20
	T2	56	63.50	63.00	88.89
	T3	65	64.25	63.88	101.76
	T4	71	65.25	64.75	109.65
5	T1	65	66.50	65.88	98.67
	T2	60	68.00	67.25	89.22
	T3	70			
	T4	77			

Problemario de planeación y control de la producción

Año	T1	T2	T3	T4
1			101.71	107.95
2	100.24	88.48	102.93	110.71
3	98.90	86.77	101.69	110.74
4	100.20	88.89	101.76	109.65
5	98.67	89.22		
FE	99.55	88.68	101.74	110.18

$$FA = \frac{400}{99.95 + 88.68 + 101.74 + 110.18} = 0.9996$$

$$I \text{ de T1} = (99.55) 0.9996 = 99.51$$

$$I \text{ de T2} = (88.68) 0.9996 = 88.65$$

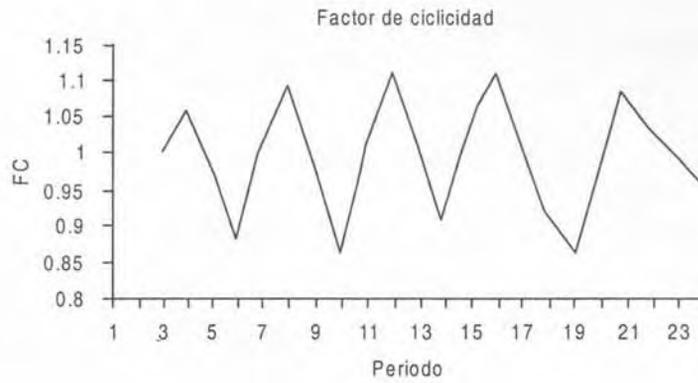
$$I \text{ de T3} = (101.74) 0.9996 = 101.70$$

$$I \text{ de T4} = (110.18) 0.9996 = 110.14$$

$$y = 0.9176x + 49.1147$$

Año	Trimestre	Demanda	PMC	FTA	FC
1	1	50			
	2	45			
	3	52	52.00	51.87	1.0026
	4	56	56.00	52.79	1.0609
2	5	53	53.00	53.70	0.9869
	6	48	48.00	54.62	0.8788
	7	57	57.00	55.54	1.0263
	8	62	62.00	56.46	1.0982
3	9	56	56.00	57.37	0.9761
	10	50	50.00	58.29	0.8578
	11	60	60.00	59.21	1.0134
	12	67	67.00	60.13	1.1143
4	13	62	62.00	61.04	1.0157
	14	56	56.00	61.96	0.9038
	15	65	65.00	62.88	1.0337
	16	71	71.00	63.80	1.1129
5	17	65	65.00	64.71	1.0044
	18	60	60.00	65.63	0.9142
	19	70			
	20	77			

Pronósticos



Periodo	Demanda	$S = f(I, FTA)$	Error (absoluto)	FC	$S = f(I, FTA, FC)$	Error (absoluto)	
21	73	68.05	4.95	1.0835	73.73	0.73	
22	66	61.44	4.56	1.0324	63.43	2.57	
23	75	71.41	3.59	0.9975	71.23	3.77	
24	85	78.35	6.65	0.9532	74.68	10.32	
			MAD = 4.94				MAD = 4.35

Como se supuso al analizar la gráfica de las ventas, efectivamente existe ciclicidad en la serie, por lo que resulta mejor tomarla en cuenta para el pronóstico.

Problema 2.3

La asistencia a la atracción Vacation World, un parque similar a Disney en Orlando, se muestra a continuación:

Año	Trimestre	Visitantes (miles)
1	Invierno	73
	Primavera	104
	Verano	168
	Otoño	74
2	Invierno	65
	Primavera	82
	Verano	124
	Otoño	52
3	Invierno	89
	Primavera	146
	Verano	205
	Otoño	98

Calcule el pronóstico para el año 4, sin usar el factor de ciclicidad.

Solución

Con las fórmulas 2.1 a 2.5 se tienen los siguientes resultados:

Trimestre		Visitantes (miles)	PM	PMC	FEP × 100
Invierno	1	73			
Primavera	2	104	104.75		
Verano	3	168	102.75	103.75	161.93
Otoño	4	74	97.25	100.00	74.00
Invierno	5	65	86.25	91.75	70.84
Primavera	6	82	80.75	83.50	98.20
Verano	7	124	102.75	83.75	148.08
Otoño	8	52	102.75	94.75	54.88
Invierno	9	89	123.00	112.88	78.85
Primavera	10	146	134.50	128.75	113.40
Verano	11	205			
Otoño	12	98			

168
103.75

74
100

65
91.75

82
83.50

Año	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
1			161.93	74.00
2	70.84	98.20	148.06	54.88
3	78.85	113.40		
FE	74.85	105.80	154.99	64.44

Pronósticos

$$FA = \frac{400}{74.85 + 105.80 + 154.99 + 64.44} = 0.9998$$

$$I \text{ de T1} = (74.85) 0.9998 = 74.83$$

$$I \text{ de T2} = (105.80) 0.9998 = 105.78$$

$$I \text{ de T3} = (154.99) 0.9998 = 154.96$$

$$I \text{ de T4} = (64.44) 0.9998 = 64.43$$

$$y = 2.9598x + 80.6518$$

Trimestre	PMC	FTA
1		
2		
3	103.75	89.53
4	100.00	92.49
5	91.75	95.45
6	83.50	98.41
7	83.75	101.37
8	94.75	104.33
9	112.88	107.29
10	128.75	110.25
11		
12		

La solución es:

Año	Trimestre	$S = f(I, FTA)$
4	13	Invierno 89.15
	14	Primavera 129.15
	15	Verano 193.78
	16	Otoño 82.47

Problema 2.4

Calcule la señal de rastreo para el problema 2.3, para un nivel de confianza de 90% ($k = 1.64$), y verifique si el sistema se encuentra dentro de control.

Solución

Mediante las fórmulas 1.5 a 1.8 se obtienen los siguientes resultados:

Trimestre	Demanda	PMC	FTA	$S = f(I, FTA)$	Error	MADS _t ($\gamma = 0.3$)	ES, T_t
1	73						
2	104						
3	168	103.75	89.53	138.739	29.26	29.26	29.26 1.00
4	74	100.00	92.49	59.590	14.41	24.81	24.81 1.00
5	65	91.75	95.45	71.427	-6.43	19.29	15.44 0.80
6	82	83.50	98.41	104.098	-22.10	20.13	4.18 0.21
7	124	83.75	101.37	157.086	-33.09	24.02	-7.00 -0.29
8	52	94.75	104.33	67.217	-15.22	21.38	-9.47 -0.44
9	89	112.88	107.29	80.287	8.71	17.58	-4.01 -0.03
10	146	128.75	110.25	116.622	29.38	21.12	6.00 0.28
11	205						
12	98						

$$\text{lím. } T = \pm \frac{1.25 (1.64) 0.3}{\sqrt{2 (0.3) - 0.3^2}} = \pm 0.86$$

El sistema está dentro de control.

3. MODELOS CAUSALES

Problema 3.1

El gobierno de la ciudad obtuvo los siguientes datos de recolección de impuestos sobre ventas anuales y registros de automóviles nuevos:

Recolección de impuestos sobre ventas anuales (millones)	Registros de automóviles nuevos
1.0	10
1.4	12
1.9	15
2.0	16
1.8	14
2.1	17
2.3	20

Determine:

a) La ecuación de regresión de mínimos cuadrados.

b) Utilizando los resultados de la parte (a) encuentre la recolección estimada de impuestos sobre ventas, si el total en los registros de automóviles nuevos fue de 22.

c) Obtenga los coeficientes de correlación y determinación.

Para resolver este problema, se usará el método de mínimos cuadrados para ajustar la recta de regresión, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3.1)$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3.2)$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} \quad (3.3)$$

donde:

a : ordenada al origen.

b : pendiente.

n : número de datos.

x : variable independiente.

y : variable dependiente.

Solución

a) Obteniendo el siguiente cuadro:

x_i	y_i	$x_i y_i$	x^2	y^2
10	1.00	10	100	1
12	1.49	16.8	144	1.96
15	1.90	28.5	225	3.61
16	2.00	32	256	4
14	1.8	25.2	196	3.24
17	2.1	37.5	289	4.41
20	2.3	46	400	5.29
Suma = 104	Suma = 12.5	Suma = 194.2	Suma = 1 610	Suma = 23.5 1

Sustituyendo en la fórmula 3.2:

$$b = \frac{7(194.2) - (104)(12.5)}{7(1610) - (104)^2} = \frac{59.4}{454} = 0.1308$$

y sustituyendo en 3.3:

$$a = \frac{12.5 - 0.1308(104)}{7} = -0.1576$$

Con estos valores se puede obtener la ecuación de regresión de mínimos cuadrados:

$$y = 0.1308x - 0.1576$$

b) Para este inciso, $x = 22$; sustituyendo en la ecuación encontrada en el inciso (a), se tiene:

$$y = 0.1308(22) - 0.1576 = 2.72$$

Así, se espera una recolección de impuestos de 2.72 millones de pesos, puesto que se registraron 22 automóviles nuevos.

c) Para este inciso se requiere la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (3.4)$$

donde:

- r : coeficiente de correlación.
- n : número de datos.

Sustituyendo se tiene:

$$r = \frac{7(194.2) - (104)(12.5)}{\sqrt{[7(1610) - (104)^2][7(23.51) - (12.5)^2]}} = \frac{59.4}{61.46} = 0.966$$

Y como el coeficiente de determinación es el cuadrado del coeficiente de correlación, por lo tanto es $(0.966)^2 = 0.9341$.

Concluyendo, el valor de $r = 0.966$ es una correlación significativa, lo que implica que existe una estrecha relación entre estas dos variables. Con $r^2 = 0.9341$, indica que 93.41% de la variación total se explica por medio de la ecuación de regresión.

Problema 3.2

La gerencia de Fresh Food Farms necesita pronosticar la cosecha de trigo de invierno para desarrollar planes estratégicos de ventas y publicidad. El gerente de su granja en Kansas sabe que la cosecha depende en gran medida de la cantidad de lluvias durante el verano anterior. Para establecer esta relación se han recabado los siguientes datos de los últimos diez años:

Año	Cosecha (miles de bushels)	Lluvia (pulgadas)
1984	11.0	6.5
1985	12.0	7.2
1986	10.5	7.5
1987	11.5	9.0
1988	12.5	8.3
1989	7.5	2.2
1990	9.5	5.0
1991	11.0	6.6
1992	11.0	7.5
1993	12.0	8.1

a) Desarrolle un modelo causal para pronosticar la cosecha de trigo de invierno como una función de las lluvias.

b) De su modelo de la parte (a), ¿cuántos bushels de trigo puede esperar Fresh Food Farms durante el siguiente invierno si la lluvia de verano anterior fue de 7.0 pulgadas?

c) Calcule el coeficiente de correlación y determinación.

Solución

a) Utilizando el procedimiento descrito en el problema anterior, con las fórmulas 3.1 a 3.3 se tiene:

x_i	y_i	$x_i y_i$	x^2	y^2
6.5	11	71.5	42.25	121
7.2	12	86.4	51.84	144
7.5	10.5	78.75	56.25	110.25
9.0	11.5	103.5	81	132.25
8.3	12.5	103.75	68.89	156.25
2.2	7.5	16.5	4.84	56.25
5.0	9.5	47.5	25	90.25
6.6	11	72.6	43.56	121
7.5	11	82.5	56.25	121
8.1	12	97.2	65.61	144
Suma = 67.9	Suma = 108.05	Suma = 760.2	Suma = 495.49	Suma = 1 196.25

donde obtenemos:

$$b = 0.6817$$

$$a = 6.2212$$

por lo tanto, la ecuación:

$$y = 6.2212 + 0.6817x$$

b) Para $x = 7.0$, entonces $y = 10.993$ es lo que se espera de bushels de trigo para el siguiente invierno.

c) $r = 0.917, r^2 = 0.8408$.

Concluyendo, el valor de $r = 0.917$ es una correlación significativa, lo que implica que existe una estrecha relación entre estas dos variables. Con $r^2 = 0.8408, 84.08\%$ de la variación total se explica por medio de la ecuación de regresión.

Problema 3.3

La ciudad de Maple Heights necesita pronosticar sus ingresos trimestrales por impuestos para planear los presupuestos de operación de la ciudad. El contador municipal siente que hay una fuerte correlación lineal entre la tasa de desempleo y los ingresos por impuestos. Para probar esta hipótesis ha recabado los siguientes datos durante los 12 trimestres anteriores:

Pronósticos

Ingresos por impuestos (millones)	Tasa de desempleo (%)
14.5	8.5
15.2	8.0
15.0	7.5
12.0	7.0
10.5	7.0
10.8	7.5
8.5	8.5
9.0	9.0
10.1	8.5
10.3	8.5
10.8	8.0
11.2	7.0

a) Desarrolle un modelo causal para pronosticar los ingresos trimestrales como una función de la tasa de desempleo.

b) Del modelo obtenido en la parte (a), deduzca qué ingresos por impuestos puede esperar la ciudad durante el siguiente trimestre si se proyecta que la tasa de desempleo será de 7.5 por ciento.

Solución

a) Utilizando el procedimiento descrito en el problema 3.1, con las fórmulas 3.1 a 3.3 se tiene:

$$a = 17.934$$
$$b = -0.8138$$

y la ecuación es:

$$y = 17.934 - 0.8138x$$

b) Tomando $x = 7.5$, $y = 11.83$, se espera un ingreso por impuestos de 11.83 millones de pesos.

Problema 3.4

Los contadores de la empresa Gets and Farnsworth tenían el problema de que varios ejecutivos viajeros presentaban comprobantes inusualmente altos al regresar de viajes de negocios. Los contadores tomaron una muestra de 200 comprobantes presentados el año anterior; posteriormente desarrollaron la siguiente ecuación de regresión múltiple, relacionando el costo esperado de viaje (\hat{y}), el número de días de viaje (x_1) y la distancia viajada (x_2) en millas:

$$\hat{y} = \$ 90.00 + \$ 48.50x_1 + 0.40x_2$$

El coeficiente de correlación calculado fue de 0.68.

- a) Si Bill Tomlinson regresa de un viaje de 300 millas por el que estuvo fuera durante cinco días, ¿cuál es la cantidad esperada que debe reclamar como gastos?
 b) Tomlinson reclamó una solicitud de reembolso por \$ 685. ¿Qué debe hacer el contador?

Solución

a) Para este inciso, $x_1 = 5$ días y $x_2 = 300$ millas. Sustituyendo en la ecuación de regresión múltiple desarrollada, se tiene:

$$\hat{y} = 90 + 48.5 (5) + 0.40 (300)$$

$$\hat{y} = \$ 452.50$$

b) El contador debe informarle a Bill Tomlinson que el gasto esperado para un viaje de 300 millas es de \$ 452.50 y no de \$ 685.00, y que si quiere que le paguen la diferencia deberá comprobar los gastos en detalle.

Problema 3.5

Suponga que el número de accidentes de automóviles en cierta región se relaciona con el número de automóviles registrados en miles (b_1), venta de bebidas alcohólicas en \$ 10 000 (b_2), y decremento en el precio de la gasolina en centavos (b_3). Más aún, imagine que la fórmula de regresión se ha calculado como:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

donde:

- y : el número de accidentes de automóviles.
 a : 7.5, $b_1 = 3.5$, $b_2 = 4.5$ y $b_3 = 2.5$.

Calcule el número esperado de accidentes automovilísticos bajo las siguientes condiciones:

	x_1	x_2	x_3
a	2	3	9
b	3	5	1
c	4	7	2

Solución

Utilizando el procedimiento del problema anterior se tiene:

$$y = 7.5 + 3.5 x_1 + 4.5 x_2 + 2.5 x_3$$

Pronósticos

- a) Para este inciso, $y = 50.5$.
- b) Para este inciso, $y = 43$.
- c) Para este inciso, $y = 58$.

Así, el número esperado de accidentes automovilísticos para las condiciones planteadas es de 50.5, 43 y 58, respectivamente.

Problema 3.6

El siguiente modelo de regresión múltiple fue desarrollado para predecir el desempeño del trabajo, de acuerdo con el índice de evaluación de desempeño del trabajo, en una compañía que se basó en la calificación del examen de preempleo y el promedio de calificaciones de la universidad (GPA).

$$Y = 35 + 20 x_1 + 50 x_2$$

donde:

- Y: índice de evaluación de desempeño de trabajo.
- x_1 : calificación del examen de preempleo.
- x_2 : GPA universitario.

- a) Pronostique el índice de desempeño del trabajo para un solicitante con GPA de 3.0 y calificación de 80 en el examen de preempleo.
- b) Pronostique el índice de desempeño del trabajo para un solicitante con GPA de 2.5 y calificación de 70 en el examen de preempleo.

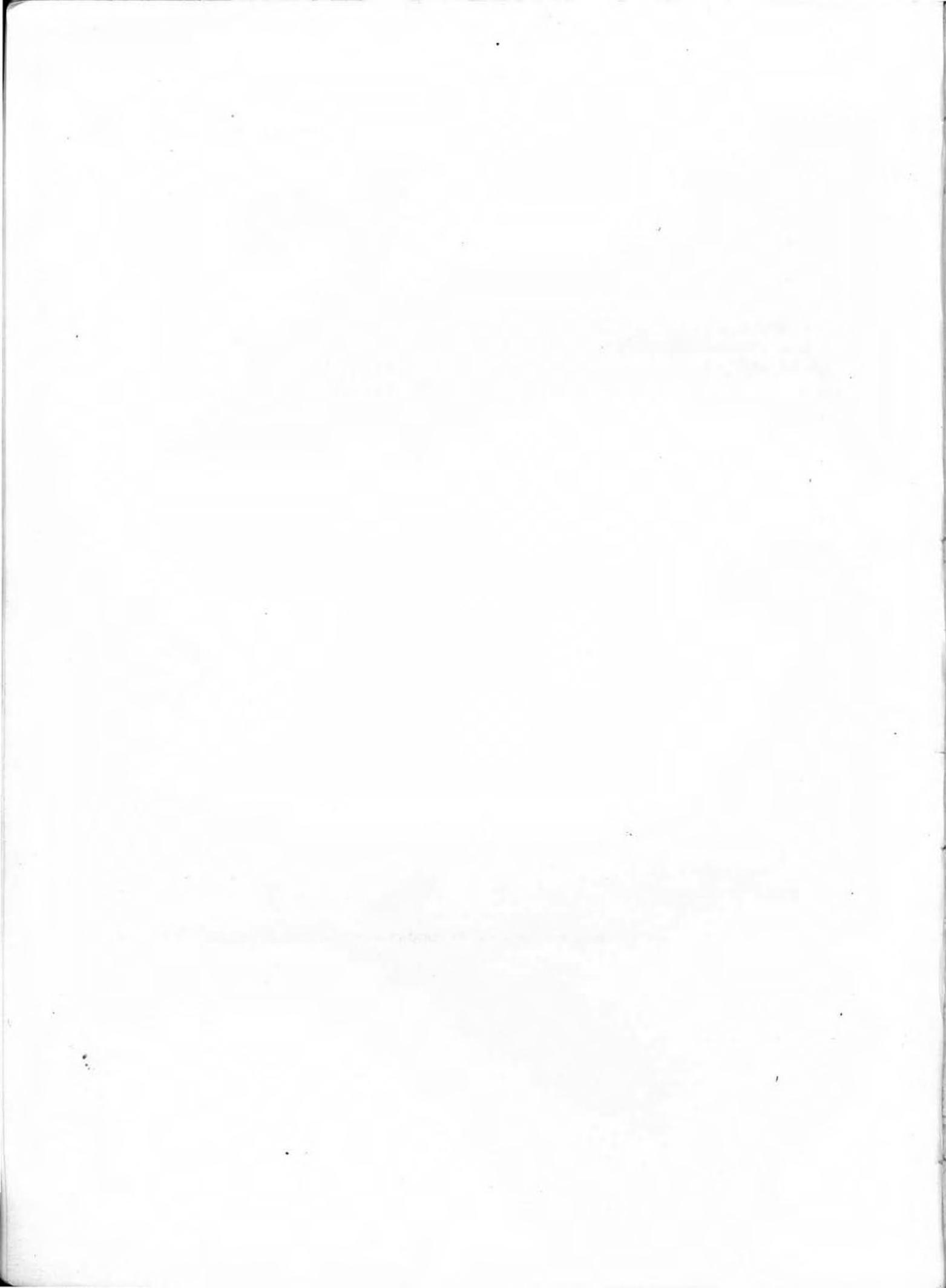
Solución

Utilizando el procedimiento de los problemas anteriores se tiene:

$$y = 35 + 20 x_1 + 50 x_2$$

- a) Para este inciso, $y = 1\ 785$.
- b) Para este inciso, $y = 1\ 560$.

Así, los índices de desempeño esperados para las condiciones planteadas son de 1 785 y 1 560, respectivamente.



CAPÍTULO II

INVENTARIOS

4. ANÁLISIS ABC

Problema 4.1

STARR ENTERPRISE tiene 10 productos en el inventario. La dueña quiere dividir estos productos en las clasificaciones ABC. ¿Cómo haría usted?

<i>Producto</i>	<i>Demanda anual ($\times 10^3$)</i>	<i>Costo/Unidad</i>
A2	3	50
B8	4	12
C7	1.5	45
D1	6	10
E9	1	20
F3	0.5	500
G2	0.3	1 500
H2	0.6	20
I5	1.75	10
J8	2.5	5

Solución

El primer paso para llevar a cabo el análisis ABC es calcular el valor de uso anual (VUA) de cada artículo; esto se logra multiplicando la demanda anual por el costo unitario de la siguiente forma:

Producto	Demanda anual ($\times 10^3$)	Costo unitario (\$)	VUA ($\$ \times 10^3$)
A2	3	50	150
B8	4	12	48
C7	1.5	45	67.5
D1	6	10	60
E9	1	20	20
F3	0.5	500	250
G2	0.3	1 500	450
H2	0.6	20	12
I5	1.75	10	17.5
J8	2.5	5	12.5

A continuación se ordenan los artículos en orden descendente de VUA. Se calcula el VUA acumulado y los porcentajes de VUA acumulado para cada artículo. Finalmente se calculan los porcentajes del número de artículos por cada artículo y se decide cuáles artículos son A, cuáles B y cuáles C. Los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

Producto	VUA ($\times 10^3$) ordenado	VUA ($\times 10^3$) acumulado	% VUA	% Núm. de artículos	Clasificación
G2	450	450	41.38	10	A
F3	250	700	64.36	20	A
A2	150	850	78.16	30	B
C7	67.5	917.5	84.36	40	B
D1	60	977.5	89.88	50	B
B8	48	1 025.5	94.29	60	C
E9	20	1 045.5	96.13	70	C
I5	17.5	1 063	97.75	80	C
J8	12.5	1 075.5	98.89	90	C
H2	12	1 087.5	100	100	C

En este caso, se consideró conveniente clasificar el primer 20% de los artículos (que contribuyen con 64.36% del VUA) como artículos A; el siguiente 30% (que contribuye con 25.52% del VUA) como artículos B, y el 50% (con sólo 10.12% del VUA) como artículos C.

Sin embargo, la clasificación no sigue reglas estrictas, sino que depende de los criterios particulares de la situación. Otra solución podría ser: 30% de los artículos con 78.16% del valor serían A; 30% de los artículos con 16.13% del valor serían B, y el restante 40% de los artículos con 3.87% del valor serían C.

Inventarios

Problema 4.2

La compañía de Eleonor McKinley ha compilado los siguientes datos acerca de un pequeño grupo de productos:

SKU	Demanda anual	Costo unitario
A	100	250
B	75	100
C	50	50
D	200	150
E	150	75

Solución

Siguiendo el mismo procedimiento explicado en el problema 4.1, se tiene:

SKU	Demanda anual	Costo unitario (\$)	VUA (\$)
A	200	250	50 000
B	75	100	7 500
C	50	50	2 500
D	200	150	30 000
E	150	75	11 250

SKU	VUA (\$ × 10 ³) ordenado	VUA (× 10 ³) acumulado	% VUA	% Núm. de artículos acumulados	Clasificación
A	50	50	49.38	20	A
D	30	80	79.01	40	B
E	11.25	91.25	90.12	60	B
B	7.5	98.75	97.53	80	C
C	2.5	101.25	100	100	C

Problema 4.3

Glenda James abrió una tienda detallista de productos de belleza. Hay una gran cantidad de productos en inventario, y Brenda sabe que existen costos asociados con el inventario. Sin embargo, su tiempo está limitado de tal forma que no puede evaluar con cuidado la política de inventarios para todos los productos. Glenda quiere clasificar los artículos de acuerdo con los dólares invertidos en ellos. El siguiente cuadro ofrece información referente a los diez artículos que ella maneja:

Problemario de planeación y control de la producción

Núm. de producto	Costo unitario	Demanda (unidades)
E102-1	4.00	800
D23-2	8.00	1 200
D27-3	3.00	700
R02-4	2.00	1 000
R19-5	8.00	200
S107-6	6.00	500
S123-7	1.00	1 200
U11-8	7.00	800
U23-9	1.00	1 500
V75-10	4.00	1 500

Utilice el análisis ABC para clasificar estos productos en categorías A, B y C.

Solución

Con el procedimiento explicado en el problema 4.1, se tiene:

Núm. de producto	Costo unitario (%)	Demanda anual	VUA (\$)
1	4	800	3 200
2	8	1 200	9 600
3	3	700	2 100
4	2	1 000	2 000
5	8	200	1 600
6	6	500	3 000
7	1	1 200	1 200
8	7	800	5 600
9	1	1 500	1 500
10	4	1 500	6 000

Núm. de producto	VUA ($\times 10^3$) ordenado	VUA ($\times 10^3$) acumulado	% VUA	% Núm. de artículos acumulados	Clasificación
2	9.6	9.6	26.81	10	A
10	6.0	15.6	43.57	20	A
8	5.6	21.2	59.21	30	A
1	3.2	24.4	68.15	40	B
6	3.0	27.4	76.53	50	B
3	2.1	29.5	82.4	60	B
4	2.0	31.5	87.98	70	C
5	1.6	33.1	92.46	80	C
9	1.5	34.6	96.65	90	C
7	1.2	35.8	100	100	C

Inventarios

Problema 4.4

Un fabricante de componentes electrónicos produce ensamblajes de alta precisión para la industria aeronáutica y espacial, controles para aparatos de cocina y algunos artículos para equipos industriales. Clasifique la siguiente muestra de las partes compradas a la empresa usando un análisis ABC y los datos proporcionados a continuación:

<i>Productos</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Volumen anual</i>	<i>Otros factores</i>
575	93	3 200	
607	31	2 500	
625	212	320	Fuente única
811	130	475	
947	618	300	
024	720	300	
413	0.25	25 000	
483	0.60	6 800	Se anticipa un cambio de ingeniería dentro de dos meses
495	1.25	15 000	
211	0.30	3 000	Seis meses de tiempo de obtención

Solución

Siguiendo el procedimiento descrito en el problema 4.1, se tiene:

<i>Núm. de producto</i>	<i>Costo unitario (\$)</i>	<i>Demanda anual</i>	<i>VUA (10³)</i>
575	93	3 200	297.6
607	31	2 500	77.5
625	212	320	67.84
811	130	475	61.75
947	618	300	185.4
024	720	300	216
413	0.25	25 000	6.25
483	0.60	6 800	4.08
495	1.25	15 000	18.75
211	6.30	3 000	18.9

Producto	VUA ($\times 10^3$) ordenado	VUA ($\times 10^3$) acumulado	% VUA	% Núm. de artículos acumulados	Clasificación
575	297.6	297.6	31.19	10	A
024	216	513.6	53.83	20	A
947	185.4	699	73.26	30	A
607	77.5	776.5	81.38	40	B
625	67.84	844.34	88.49	50	B
811	61.75	906.09	94.97	60	B
211	18.9	924.99	96.95	70	C
495	18.75	943.74	98.91	80	C
413	6.25	949.99	99.57	90	C
483	4.08	954.07	100	100	C

El cuadro anterior resumiría los resultados si las únicas condiciones fueran económicas. Sin embargo, en este caso se tiene mayor información sobre los productos y el análisis debe considerarlo. Así tenemos que el artículo 483 quedó como artículo C, pero como se espera un cambio de ingeniería en dos meses, no tiene sentido tener más de dos meses de inventario. Además, este producto se debe vigilar de cerca hasta que los cambios se lleven a cabo; cuando esto suceda se recalculará el VUA del producto y se ubicará de acuerdo con los resultados.

El artículo 211 también se considera como C, pero al tener seis meses de tiempo de entrega deberá reconsiderarse su posición y considerarlo al menos como B.

El producto 625 quedó como artículo B, sin embargo la fuente de abastecimiento es única, por lo que requiere un control más estricto, y tal vez sería conveniente considerarlo como artículo A, o usar un nivel de servicio alto al calcular el inventario de seguridad.

5. MODELO CLÁSICO DE TAMAÑO ECONÓMICO DE LOTE

Problema 5.1

Jenny Jones está intentando llevar a cabo un análisis de inventario en uno de sus productos más populares. La demanda anual para este producto es de 5 000 unidades; el costo unitario es de \$ 200; el costo de manejo de inventario se considera aproximadamente 25% del costo unitario. El costo por cada orden es de \$ 30 y el tiempo de entrega tiene un promedio de 10 días. Suponga un año de 50 semanas. La desviación estándar diaria de la demanda es de tres unidades; se desea un nivel de servicio de 95 por ciento.

- ¿Cuál es la cantidad económica de la orden?
- ¿Cuál es el inventario de seguridad?
- ¿Cuál es el punto de reorden?
- ¿Cuál es el costo total de esta política de inventario?
- ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por año?
- ¿Cuál es el número óptimo de días entre órdenes? Suponga que hay 200 días laborables por año.

Solución

a) Para el cálculo del tamaño económico de lote se usará la fórmula:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \quad (5.1)$$

donde:

Q_0 : cantidad económica a ordenar.

C_A : costo de adquisición.

D : demanda anual.

C_M : costo de mantener inventario (con frecuencia $C_M = iC$, donde C = costo unitario del artículo, i = % del costo por mantener una unidad de inventario por año).

Así:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(30)(5000)}{0.25(200)}} = \sqrt{\frac{300000}{50}} = \sqrt{600} = 77.6$$

b) Para el cálculo del inventario de seguridad se usará la fórmula (porque se conoce σ_x y no σ_L):

$$B = Z\sigma_x\sqrt{L} \quad (5.2)$$

donde:

B : inventario de seguridad.

σ_x : desviación estándar de la demanda.

L : tiempo de entrega.

Z : valor normalizado para un nivel de servicio.

En este caso, puesto que el nivel de servicio deseado es de 95%, entonces $Z = 1.645$, así:

$$B = (1.645) (3)\sqrt{10} = 15.6 \approx 16 \text{ unidades}$$

c) Como se requiere un inventario de seguridad, entonces la fórmula para el punto de reorden será:

$$P_R = B + \bar{D}L \quad (5.3)$$

donde:

\bar{D} : demanda media.

P_R : punto de reorden.

L : tiempo de entrega.

B : inventario de seguridad.

Así:

$$P_R = 16 + \frac{5000}{200} 10 = 16 + 250 = 266 \text{ unidades}$$

d) Para el cálculo del costo total se tiene:

$$C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \left(\frac{Q}{2} + B \right) \quad (5.4)$$

Así:

$$C_T = 30 \frac{5\,000}{78} + (0.25) (200) \left(\frac{78}{2} + 16 \right) = 30 (64.102) + 50 (39 + 16) = 1\,932.0769 + 2\,750 = 4\,673.077$$

e) El número de órdenes por año está dado por:

$$N_0 = \frac{D}{Q_0} \quad (5.5)$$

Así:

$$N_0 = \frac{5\,000}{78} = 64.10 \approx 64 \text{ pedidos/año}$$

f) El tiempo entre revisiones se calcula como:

$$t_0 = \frac{1}{N_0} \quad (5.6)$$

Así:

$$t_0 = \frac{78}{5\,000} = 0.0156 \text{ años} = (0.0156) (200) = 3.12 \text{ días} \approx 3 \text{ días}$$

En resumen, se ordenarán 78 unidades cuando se tengan 266 unidades en inventario, a un costo total de \$ 4 673.07 por año.

Problema 5.2

Wayne McArthur's Appliances vende contestadoras telefónicas en 200 dólares cada una. La demanda es constante durante el año, y la demanda anual está pronosticada en 600 unidades. El costo de manejo es de \$ 5 más 7.5% del valor del artículo, mientras que el costo por orden es de \$ 60. Actualmente, la compañía ordena 12 veces al año (50 unidades cada vez). Hay 250 días laborables al año y el tiempo de entrega es de 10 días.

a) Con la actual política de ordenar 50 unidades a la vez, ¿cuál es el costo anual de ordenar y el costo anual de mantenimiento?

b) Si la compañía utilizara la mejor política de inventarios, ¿cuáles serían los costos totales de ordenar y de mantener?

c) ¿Cuál es el punto de reorden?

Solución

a) Para la situación actual, $N = 12$ y $Q = 50$, sabiendo que:

$$C_T = \frac{D}{Q} C_A + C_M \frac{Q}{2} \quad (5.7)$$

donde:

$\frac{D}{Q} C_A$: costo anual de ordenar.

$C_M \frac{Q}{2}$: costo anual de mantenimiento.

$\frac{D}{Q} = N$

Entonces:

$$C_T = (12)(60) + [(200)(0.075) + 5] \left(\frac{50}{2} \right) = 720 + 20(25) = 720 + 500 = \$ 1\,220$$

De aquí sabemos entonces que el costo anual total será de \$ 1 220, el costo anual de ordenar será de \$ 720 y el costo anual de mantener será de \$ 500.

b) Para conocer la mejor política de inventarios se debe calcular el lote económico. Usando las fórmulas 5.1 y 5.7 se tiene:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{(2)(60)(600)}{(200)(.075) + 5}} = \sqrt{\frac{72\,000}{20}} = \sqrt{3\,600} = 60 \text{ unidades}$$

$$C_T = 60 \frac{600}{60} + 20 \frac{60}{2} = 600 + 600 = \$ 1\,200$$

c) Ya que aquí no existe B , entonces el P_R se calcula como:

$$P_R = \bar{D}L \tag{5.8}$$

Así:

$$P_R = (600/250)(10) = 24 \text{ unidades}$$

Problema 5.3

Una empresa mueblera vende camas de agua y partes variadas. La cama de mejor venta en la tienda tiene una demanda anual de 400 unidades. El costo de ordenar es de \$ 40; el costo de manejo es de \$ 5 por unidad al año. Hay 250 días laborables en un año y el tiempo de entrega es de 6 días.

a) Para minimizar el costo total, ¿cuántas unidades se deben ordenar cada vez que se coloca una orden?

b) Si el costo de manejo por unidad fuera de \$ 6 en lugar de \$ 5, ¿cuál sería la cantidad óptima de la orden?

c) Para los datos del inciso (a), si la σ durante el tiempo de entrega fuera de 4 unidades, calcule el inventario de seguridad para 80% de nivel de seguridad ($Z = 0.8416$). Calcule la cantidad faltante esperada.

Solución

a) Utilizando las fórmulas 5.1 y 5.8 se tiene:

- C_A : \$ 40/pedido
- D : 400 unidades
- C_M : \$ 5/unidad/año

$$Q_0 = \sqrt{\frac{(2)(40)(400)}{5}} = \sqrt{\frac{32000}{5}} = \sqrt{6400} = 80 \text{ unidades}$$

$$P_r = \left(\frac{400}{250}\right) 6 = 9.6 \approx 10 \text{ unidades}$$

Así, se ordenarían 80 unidades cuando el nivel del inventario llegue a 10 unidades.

$$b) \quad Q_0 = \sqrt{\frac{(2)(40)(400)}{6}} = \sqrt{\frac{32000}{6}} = \sqrt{5333.333} = 73.02 \approx 73 \text{ unidades}$$

Si el costo para mantener subiera a \$ 6/unidad/año, entonces la cantidad que se ordenara disminuiría a 73 unidades.

c) Como se conoce la desviación estándar durante el tiempo de entrega, entonces:

$$B = Z\sigma_L \tag{5.9}$$

$$B = 0.8416 (4) = 3.36 \approx 4 \text{ unidades}$$

Si la demanda fuera de hasta $\bar{D} + B$, $6 (400/250) + 4 = 13.6 \approx 14$ unidades, no se presentarían faltantes. Lo que interesa conocer entonces es la probabilidad de ocurrencia de demandas mayores de 14. Así, la probabilidad de que se supere una demanda de 14 será:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{14 - 9.6}{4} = 1.1 \Rightarrow \text{la probabilidad de superarla} = 0.1357$$

$$Z = \frac{15 - 9.6}{4} = 1.35 \Rightarrow \text{la probabilidad de superarla} = 0.0885$$

Entonces la probabilidad de ocurrencia de 14 es igual a 0.0472. Con estos datos se construye el siguiente cuadro.

<i>Demanda anual</i>	<i>Demanda normalizada</i>	<i>Faltante (3)</i>	<i>Probabilidad de que ocurra (4)</i>	<i>Probabilidad de superarla</i>	<i>Valor esperado del faltante (3 × 4)</i>
14	1.1	0	0.0472	0.1357	0.0
15	1.35	1	0.0337	0.0885	0.0337
16	1.6	2	0.0226	0.0548	0.0452
17	1.85	3	0.01434	0.0322	0.0430
18	2.1	4	0.00847	0.01786	0.03388
19	2.35	5	0.00473	0.00939	0.02365
20	2.6	6	0.00247	0.0466	0.01482
21	2.85	7	0.00122	0.00219	0.00854
22	3.1	8	0.00049	0.00097	0.00392
23	3.3	9	0.00032	0.00048	0.00288
24	3.6	10	0.00009	0.00016	0.0009
25	3.8	11	?	0.00007	?

Cantidad faltante esperada por periodo: 0.21049.

Como:

$$N = \frac{D}{Q} \Rightarrow N = \frac{400}{80} = 5 \text{ pedidos/año de } 80 \text{ unidades por pedido}$$

para un nivel de servicio de 80% se espera que durante el año ocurra un faltante en uno de estos pedidos. Por lo tanto, la cantidad faltante esperada por pedido es de 0.21049. Esto implica que la cantidad faltante esperada por año sea igual a:

$$(5) (0.21049) = 1.05245 \text{ unidades faltantes/año}$$

Problema 5.4

International Coffes vende aproximadamente 100 toneladas de grano de café cada año a los supermercados. El importador de la compañía carga \$ 1/libra más \$ 300 por pedido. Cuando se hace un pedido, le lleva cuatro semanas al socio sudamericano de Creative Coffes tostar el grano, pasarlo por las aduanas y llegar a la planta de Creative. Los costos de oficina y otros asociados con la orden de pedidos se cubren con \$ 50 adicionales. Suponiendo una tasa anual por llevar inventario $i = 0.25$, utilice las fórmulas EOQ para determinar lo siguiente:

- a) La cantidad de pedidos óptima, Q_0 .
- b) El punto de reorden, P_R .
- c) El número de pedidos por año.
- d) El costo anual total.

Solución

a) En este caso, el costo de ordenar debe considerar los \$ 50 por costos de oficina más los \$ 300 que el importador le cobra a la empresa, y así $C_A = \$ 350/\text{pedido}$; el costo unitario del artículo es de \$ 1/lb y el costo de mantenimiento es por tanto $(0.25)(1) = \$ 0.25/\text{lb/año}$; la demanda anual es de 100 toneladas = 100 000 lbs. Así:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(350)(100\,000)}{0.25}} = \sqrt{\frac{70\,000\,000}{0.25}} = 16\,733.20\text{lb} \approx 16\,733\text{lb}$$

b) Como $L = 4$ semanas:

$$P_R = \frac{100\,000}{50} \cdot (4) = 8\,000\text{lb}$$

Se suponen 50 semanas al año.

$$c) N_0 = \frac{100\,000}{16\,733} = 5.97 \approx 6 \text{ pedidos/año}$$

$$d) C_T = 350 \frac{100\,000}{16\,733} + 0.25 \frac{16\,733}{2} = 2\,091.675 + 2\,091.625 = \$ 4\,183.3/\text{año}$$

Problema 5.5

Distribuidora de Neumáticos, S.A. compra aproximadamente 48 000 neumáticos en el curso de un año, a un costo de \$ 20 cada una, a su empresa matriz, Good Tire, Inc., para la reventa a detallistas locales. Cada pedido incurre en un costo fijo de \$ 75 por cargos de procesamiento y de entrega, y llega una semana después de haber sido hecho. Suponiendo una tasa anual para llevar inventario $i = 0.25$, utilice las fórmulas *EOQ* para determinar lo siguiente:

- a) La cantidad de pedidos óptima, Q_0 .
- b) El punto de reorden, P_R .
- c) El número de pedidos por año.
- d) El costo anual total.

Solución

a) Con las fórmulas 5.1, 5.5, 5.7 y 5.8 se tiene:

- D : 48 000 neumáticos por año
- C : \$ 20/neumático
- C_A : \$ 75/pedido
- i : 0.25

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(75)(48\,000)}{(0.25)(20)}} = \sqrt{\frac{7\,200\,000}{5}} = \sqrt{1\,440\,000} = 1\,200 \text{ neumáticos}$$

Inventarios

b) $L = 1$ semana; suponiendo 50 semanas/año:

$$P_R = \frac{48\,000}{50} (1) = 960 \text{ neumáticos}$$

$$c) N = \frac{48\,000}{1\,200} = 40 \text{ pedidos/año}$$

$$d) C_T = 75 \frac{48\,000}{1\,200} + (0.25) (20) \frac{1\,200}{2} = 3\,000 + 3\,000 = \$ 6\,000/\text{año}$$

Problema 5.6

Se prevé que la demanda de neumáticos del problema 5.5 para el año siguiente aumente 9%. ¿De qué modo afecta esto la cantidad de pedidos óptima, el punto de reorden y el costo anual total?

Solución

La nueva demanda será: $48\,000 + (48\,000) (0.09) = 52\,320$ neumáticos/año; el resto de los valores permanecen como en el problema 5.5. Así:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(75)(52\,320)}{(0.25)(20)}} = \sqrt{\frac{7\,848\,000}{5}} = \sqrt{1\,569\,600} = 1\,252.8 \approx 1\,253 \text{ neumáticos}$$

$$P_R = \frac{52\,320}{50} (1) = 1\,046.4 \approx 1\,046/\text{neumáticos}$$

$$C_T = 75 \frac{52\,320}{1\,253} + (0.25) (20) \frac{1\,253}{2} = 3\,131.69 + 3\,132.5 = \$ 6\,264.19/\text{año}$$

Así, se puede observar que un aumento de 9% en la demanda anual eleva la Q_0 de 1 200 a 1 253, esto es, 4.4%. El punto de reorden cambia de 960 a 1 046, esto es, se eleva 8.9%, y el costo total se eleva de 6 000 a 6 264.19, esto es, 4.4 por ciento.

Problema 5.7

¿En qué cantidad deberá disminuir el costo de un neumático para que el número de pedidos disminuya 5%? Refiérase al problema 5.5.

Solución

Si se desea que el número de pedidos disminuya 5% sobre el calculado en el problema 5.5 (40 pedidos por año), entonces:

$$N \text{ deseado} = N \text{ anterior menos } 5\% = 40 - 2 = 38$$

Si se sabe que:

$$N = \frac{D}{Q} \Rightarrow Q = \frac{D}{N}$$

Así:

$$Q = \frac{48\,000}{38} = 1\,263.15$$

También se sabe que:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_A D}{iC}}$$

Así:

$$Q^2 = \frac{2C_A D}{iC} \Rightarrow C = \frac{2C_A D}{iQ^2} \Rightarrow$$

$$C = \frac{2(75)(48\,000)}{0.25(1\,263.15)^2} = \frac{7\,200\,000}{398\,886.98} = \$18.05/\text{neumático}$$

Problema 5.8

La administración ya sabe que el costo de pedidos de \$75, en el problema 5.5, estaba subestimado en \$50. Cuando usted hace un pedido de acuerdo con la política óptima en el problema 5.5, ¿cuál es el costo total anual asociado si el costo de pedidos es de \$125 en lugar de \$75? ¿Cómo es éste en comparación con el costo anual de la política óptima derivada sobre la base de un costo de pedidos de \$125 en lugar de \$75?

Solución

Considerando los resultados del problema 5.5, pero con un costo de adquisición de \$125/pedido, se tiene un costo total de:

$$C_T = 125 \frac{48\,000}{1\,200} + (0.25)(20) \frac{1\,200}{2} = 5\,000 + 3\,000 = \$8\,000/\text{año}$$

Así, el costo derivado de pedir la política óptima, pero con \$125 de costo de adquisición, es 33.33% mayor que con un costo de \$75 por concepto de adquisición.

6. MODELO QUE PERMITE ESCASEZ

Problema 6.1

Una compañía enfrenta una demanda anual de 1 000 unidades para un producto en particular; los costos de preparación son de \$ 200 por preparación, los costos anuales de mantener inventarios por unidad son 25% del valor del producto, que es \$ 12, y la pena convencional por pedidos pendientes es de \$ 10 al año. ¿Cuál es la cantidad óptima de pedidos?

Solución

En este caso se permite escasez, así que se usará la siguiente fórmula para el cálculo de Q_0 .

$$Q_{OE} = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \sqrt{\frac{C_M + C_E}{C_E}} \quad (6.1)$$

donde:

- C_E : costo de escasez.
- C_A : costo de adquisición (en este caso se trata de un tiempo de preparación, pero si existe reposición instantánea).
- D : demanda anual.
- C_M : costo de mantenimiento.

Así:

- D : 1 000 unidades/año
- C_A : \$ 200/orden
- i : 25% anual
- C : \$ 12/unidad
- C_E : \$ 10/unidad escasa/año

$$Q_{OE} = \sqrt{\frac{(2)(200)(1000)}{(0.25)(12)}} \sqrt{\frac{(0.25)(12) + 10}{10}} = \sqrt{\frac{400000}{3}} \sqrt{\frac{13}{10}} = (365.148)(1.14) = 416.269 \approx 416 \text{ unidades}$$

Para calcular el costo total en el caso en que se permite escasez, se tiene:

$$C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \frac{I_{\text{máx.}}^2}{2Q} + C_E \frac{(Q - I_{\text{máx.}})^2}{2Q} \quad (6.2)$$

y

$$I_{\text{máx.}} = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \sqrt{\frac{C_E}{C_M + C_E}} \quad (6.3)$$

Así:

$$I_{\text{máx.}} = \sqrt{\frac{2(200)(1000)}{(0.25)(12)}} \sqrt{\frac{10}{(0.25)(12) + 10}} = (365.148)(0.8771) = 320.27 \approx 320 \text{ unidades}$$

$$C_T = 200 \frac{1000}{416} + 3 \frac{(320)^2}{2(416)} + 10 \frac{(416 - 320)^2}{2(416)} = 480.77 + 369.24 + 110.77 = \$ 960.78/\text{año}$$

Problema 6.2

Una compañía hace pedidos en lotes de 2 000 unidades. El costo por mantener inventarios por unidad al año es de \$ 8, y la pena convencional por pedidos pendientes por unidad al año es de \$ 15. ¿Cuál es el inventario máximo que se tendrá y cuál es la posición máxima de pedidos pendientes?

Solución

Para resolver este problema se usa la fórmula 6.3, así:

$$I_{\text{máx.}} = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \sqrt{\frac{C_E}{C_E + C_M}} = Q \sqrt{\frac{C_E}{C_E + C_M}} = 2000 \sqrt{\frac{15}{8 + 15}} = 707.106 \text{ ? } = 1615$$

- Q: 2 000 unidades
- C_M : \$ 8/unidad/año
- C_E : \$ 15/unidad escasa/año

Se tendrá un inventario máximo de aproximadamente 707 unidades.

La posición máxima de pedidos pendientes es la máxima escasez que se presentará, y esto es igual a la cantidad del lote menos el inventario máximo, así:

$$H = Q - I_{\text{máx.}} \tag{6.4}$$

$$H = 2000 - 707 = 1293$$

$$2000 - 1615 = 385$$

Se tendrá un máximo de 1 293 unidades pendientes.

Problema 6.3

Una compañía de neumáticos desea calcular sus inventarios para uno de sus productos. La demanda diaria de éste es de 40 unidades, el costo por orden es de \$ 80, el costo del artículo es de \$ 5/unidad, el costo de oportunidad es de 25% anual. Como la empresa no tiene competidores fuertes, ha decidido permitir escasez, a un costo de \$ 2.25/unidad escasa/año. Se trabajan 250 días/año. Calcule la cantidad óptima y el costo total asociado. Calcule el punto de reorden utilizando un tiempo de entrega de 7 días.

Solución

Usando la fórmula 6.1:

- D: $40 \times 250 = 10\,000$ unidades/año
- C_A : \$ 80/pedido
- C: \$ 5/unidad
- i: 0.25
- C_E : \$ 2.25/unidad escasa/año

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(80)(10000)}{(0.25)(5)}} \sqrt{\frac{(0.25)(5) + 2.25}{2.25}} = (1131.37)(1.25) = 1\,414.213 \approx 1\,414 \text{ unidades}$$

Para calcular el costo, con las fórmulas 6.2 y 6.3:

$$I_{\max.} = 1\,414 \left(\sqrt{\frac{2.25}{1.25 + 2.25}} \right) (1\,414)(0.8018) = 1\,133.74 \approx 1\,134 \text{ unidades}$$

$$C_T = 80 \frac{10\,000}{1\,414} + 1.25 \frac{(1\,134)^2}{2(1\,414)} + 2.25 \frac{(1\,414 - 1\,134)^2}{2(1\,414)} = 565.77 + 568.403 + 62.376 = \$ 1\,196.55$$

Para calcular el punto de reorden, con la fórmula 5.8, se tiene:

$$P_R = \bar{D}L = (40)(7) = 280 \text{ unidades}$$

Así, se pedirán lotes de 1 414 unidades al llegar a 280 unidades.

Problema 6.4

La tienda Happy Cookies necesita 50 bolsas de harina cada tres meses. El costo del pedido es de \$ 12 por orden colocada, y se tiene un gasto de manejo de 22% del costo de la harina. Un costal de harina lo cobran en \$ 27. La harina puede ser entregada en forma prácticamente instantánea por un proveedor local. Determine la doctrina de operación para un sistema de inventarios cantidad/punto de reorden. Se permite escasez a un costo de \$ 12 por unidad escasa por año, y se tiene un tiempo de entrega de 2 semanas (hay 50 semanas por año).

Solución

Con las fórmulas 5.8 y 6.1 se tiene:

- D: $50 \times 4 = 200$ bolsas/año
- C_A : \$ 12/pedido
- i: 0.22
- C: \$ 27/bolsa
- C_E : \$ 12/unidad escasa/año

D = 50 bolsas cada 3 meses
 $C_p = \$12 \times \text{orden}$
 $i = 22\%$
 $C_u = \$27$
 $C_e = \$12$
 $C_m = 27 \times 22$

$$Q_{OE} = \sqrt{\frac{2(12)(200)}{(0.22)(27)}} \sqrt{\frac{0.22(27)(12)}{12}} = (28.427)(2.437) = 69.27 \approx 69 \text{ bolsas}$$

= 34.35

$$P_R = \frac{200}{50}(2) = 8 \text{ bolsas}$$

Así, se pedirán 69 bolsas cuando se tengan 8 en inventario.

7. MODELO PARA DESCUENTOS POR CANTIDAD

Problema 7.1

Pets for All es una gran tienda de mascotas situada en Santa Fe Mall. Aunque la tienda se especializa en perros, también vende productos para peces, tortugas y pájaros. *Doggie leash*, una correa de piel para perros, le cuesta a Pets for All \$ 7 cada una. Existe una demanda anual de 6 000 *Doggie leash*. El administrador de Pets for All tiene un nuevo proveedor de *Doggie leash*. Cada correa costaría únicamente \$ 6.65; pero para que se obtenga este descuento, Pets for All debería comprar embarques de 3 000 a la vez. ¿Debe utilizar Pets for All al nuevo proveedor para tomar este descuento sobre su compra por volumen?

Solución

Para poder decidir si conviene el descuento se debe calcular primero la Q_0 con el costo menor, así:

- C_1 : \$ 7 si $Q < 3\,000$
- C_2 : \$ 6.65 si $Q \geq 3\,000$
- D : 6 000 correas
- C_A : \$ 20/orden
- i : 15%

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2(20)(6\,000)}{0.15(6.65)}} = \sqrt{\frac{240\,000}{0.9975}} = 490.51 \approx 491 \text{ correas}$$

Con la fórmula 5.1:

Ya que 491 correas las venderán a \$ 7 y no a \$ 6.65, esta Q no es factible, así que se debe calcular Q para C_1 :

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2(20)(6\,000)}{0.15(7)}} = \sqrt{\frac{240\,000}{1.05}} = 478.09 \approx 478 \text{ correas}$$

Para calcular el costo asociado de Q_1 , la fórmula general deberá modificarse para incluir el término CD , ya que al haber descuentos por cantidad, CD es variable respecto a Q , entonces:

$$C_T = C_A \frac{D}{Q} + iC \frac{Q}{2} + CD \tag{7.1}$$

$$C_T = 20 \frac{6\,000}{478} + (0.15)(7) \frac{478}{2} + 7(6\,000) =$$

Inventarios

$$251.046 + 250.95 + 42\,000 = \$ 42\,501.996/\text{año}$$

Para poder tomar una decisión hace falta comparar con el costo asociado en el punto donde se otorga el descuento; así, si $Q = 3\,000$

$$C_{T\,3\,000} = 20 \frac{6\,000}{3\,000} + (0.15)(6.65) \frac{3\,000}{2} + 6.65(6\,000) = 40 + 1\,496.25 + 39\,900 = \$ 41\,436.25/\text{año}$$

Entonces, ya que el costo asociado a $Q = 3\,000$ es menor que el asociado a $Q = 478$, se elige como tamaño de lote $Q = 3\,000$ correas/pedido.

Problema 7.2

El Diario Ilustrado planea imprimir 100 000 copias de su nuevo periódico vespertino cada día de la semana. La gerencia estima que este volumen requerirá 1 000 rollos de papel al año. *El Diario Ilustrado* ha logrado un acuerdo con su proveedor que consiste en entregar los pedidos por la misma cantidad a intervalos regulares de tiempo. El costo fijo es de \$ 175 por entrega de los rollos después de dos semanas. El costo por unidad se basa en el número de rollos pedidos de la manera siguiente: \$ 425 por rollo si el pedido es menor de 100; \$ 400 por rollo si el pedido está entre 100 y 200, y \$ 375 por rollo si el pedido es mayor de 200. El departamento de contabilidad estima un gasto adicional de \$ 45 en costos de oficina por manejar el pedido, y sugiere una tasa de transferencia de 30% al año. Calcule el tamaño del lote que conviene comprar y el punto de reorden.

Solución

Siguiendo el procedimiento descrito en el problema 7.1 se tiene:

D : 1 000 rollos/año

C_A : 175 + \$ 45/orden

L : 2 semanas

C_1 : \$ 425/rollo para $Q < 100$

C_2 : \$ 400/rollo para $200 \geq Q \geq 100$

C_3 : \$ 375/rollo para $Q > 200$

i : 30% anual

Así, se calcula Q_0 para el precio más bajo:

$$Q_{03} = \sqrt{\frac{2(220)(1\,000)}{(0.30)(375)}} = \sqrt{\frac{440\,000}{112.5}} = 62.539 \approx 63 \text{ rollos}$$

Sin embargo, esta Q no es factible, ya que no venderán 63 rollos a \$ 375/rollo. Para C_2 se tiene:

$$Q_{02} = \sqrt{\frac{2(220)(1\,000)}{(0.3)(400)}} = \sqrt{\frac{440\,000}{120}} = 60.553 \approx 61 \text{ rollos}$$

Esta Q tampoco es factible. Para C_1 se tiene: Esta Q sí es factible.

$$Q_{01} = \sqrt{\frac{2(220)(1\,000)}{(0.3)(425)}} = \sqrt{\frac{440\,000}{127.5}} = 58.745 \approx 59 \text{ rollos}$$

El costo para $Q = 59$ rollos es:

$$C_{T59} = 220 \frac{1\,000}{59} + (0.30)(425) \frac{59}{2} + (425)(1\,000) = 3\,728.814 + 3\,761.25 + 425\,000 = \$ 432\,490.064$$

También debe calcularse el costo en los dos puntos en los que cambia el precio, esto es, en 100 y en 200, así:

$$C_{T100} = 220 \frac{1\,000}{100} + (0.30)(400) \frac{100}{2} + (400)(1\,000) = 2\,200 + 6\,000 + 400\,000 = \$ 408\,200$$

$$C_{T200} = 220 \frac{1\,000}{200} + (0.30)(375) \frac{200}{2} + (375)(1\,000) = 1\,100 + 11\,250 + 375\,000 = \$ 387\,350$$

Eligiendo el costo total anual menor vemos que la mejor Q para este caso es de 200 rollos por pedido. Para calcular el punto de reorden se tiene:

$$P_R = \bar{D}L = \frac{1\,000}{50} 2 = 40 \text{ rollos}$$

Problema 7.3

Nancy O'Brien Products ofrece el siguiente programa de descuentos para sus hojas de 4' x 8' de triplay de calidad.

Orden	Costo unitario
9 hojas o menos	\$ 18.00
10 a 50 hojas	\$ 17.50
Más de 50 hojas	\$ 17.25

Do it Yourself Company ordena triplay de Nancy O'Brien Products. Do it Yourself tiene un costo de \$ 45 por orden. El costo de manejar inventario es de 20% del valor del artículo más \$ 5, y la demanda anual es de 100 hojas. ¿Qué recomendaría usted?

Solución

D : 100 hojas/año

C_A : \$ 45/orden

C_1 : \$ 18 si $Q \leq 9$ hojas

C_2 : \$ 17.50 si $50 \geq Q \geq 10$

C_3 : \$ 17.25 si $Q > 50$

Para C_3 :

$$Q_{03} = \sqrt{\frac{2(45)(100)}{5 + (0.2)(17.5)}} = \sqrt{\frac{9000}{8.45}} = 32.63 \text{ hojas}$$

no es factible.

Para C_2 :

$$Q_{02} = \sqrt{\frac{2(45)(100)}{5 + (0.2)(17.5)}} = \sqrt{\frac{9000}{8.5}} = 32.53 \approx 33 \text{ hojas}$$

sí es factible.

Como C_2 está asociado a una Q factible, entonces no es necesario calcular Q para C_1 ; sin embargo sí es necesario calcular C_T para Q_{02} y compararlo con el C_T asociado a 51, que es el punto donde cambia el precio de C_2 a C_3 :

$$C_{TQ_{02}} = 45 \frac{100}{33} + 8.5 \frac{33}{2} + 85(100) = 136.364 + 140.25 + 850 = \$ 1\,126.614$$

$$C_{T51} = 45 \frac{100}{51} + 8.45 \frac{51}{2} + 8.45(100) = 88.253 + 215.475 + 845 = \$ 1\,148.728$$

Como C_{T51} es menor que $C_{TQ_{02}}$, se recomienda elegir la Q de 51 hojas.

Problema 7.4

Cierta materia prima está disponible para una empresa a tres precios diferentes, dependiendo de la cantidad comprada; así:

menos de 100 kg	\$ 20/kg
100 a 999 kg	\$ 16/kg
1 000 o más	\$ 18/kg

El costo es de \$ 40/orden; la demanda anual esperada es de 30 000 kg. El costo por mantener el inventario asciende a \$ 4/kg/año más 25% anual del valor del artículo, ocasionado por costos de oportunidad de capital. Considerando 250 días/año (esto es, 50 semanas de 5 días hábiles):

a) ¿Cuál es la cantidad óptima para ordenar?

b) Si se tiene un tiempo de entrega $L = 14$ días, ¿cuál es el inventario de seguridad si se considera un nivel de servicio de 90%? (tome en cuenta que la demanda diaria tiene una desviación estándar de $\sigma_x = 18$).

Solución

$$C_M: (0.25) C_i + 4$$

$$C_A: 40$$

a) Ya que se tienen diferentes precios:

$$C_3 = \$ 18/\text{kg}; C_M = (0.25) (18) + 4 = \$ 8.5/\text{kg/año}$$

$$Q_3 \sqrt{\frac{2(40)(30\,000)}{8.5}} = 531.4 \text{ kg}$$

por lo tanto, no es factible.

$$\text{Para } C_2 = \$ 19/\text{kg}; C_M = (0.25) (19) + 4 = \$ 8.75/\text{kg/año}$$

$$Q_2 \sqrt{\frac{2(40)(30\,000)}{8.75}} = 523.72 \text{ kg}$$

por lo tanto, es factible.

$$C_{TQ0} = \sqrt{2 C_A C_M D} + CD \tag{7.2}$$

$$C_{TQ2} = \sqrt{2 (40) (8.75) (30\,000)} + 19 (30\,000) = \$ 574\,582.60$$

$$C_{T1000} = 40 \frac{30\,000}{1\,000} + 18 (30\,000) + 1\,000 \frac{8.5}{2} = \$ 545\,450.00$$

(Handwritten note: $C_A \frac{D}{Q} + C_M D = C$)

por lo tanto Q es de 1 000 kg.

b) El inventario de seguridad es: demanda promedio diaria = 30 000/250 = 120 kg/día, y $\sigma_x = 18$.

Para NS = 90%, de tablas Z = 1.282:

$$B = Z\sigma_x \sqrt{L} = 1.282 (18) (\sqrt{14}) = 86.3 \text{ kg} \approx 86 \text{ kg}$$

El punto de reorden es:

$$P_R = 86 + (120) (14) = 1\,766 \text{ kg}$$

Así se tiene que cuando el inventario llegue a 1 766 kg se ordenará un pedido por Q = 1 000 kg.

8. MODELO PARA REPOSICIÓN NO INSTANTÁNEA

Problema 8.1

Celine Dean es la propietaria de una pequeña compañía que produce cuchillos eléctricos que se utilizan para el corte de telas. La demanda anual es de 8 000 cuchillos, y Celine produce los cuchillos en lotes. En promedio, Celine puede producir 150 cuchillos diariamente; durante el proceso de producción, la demanda de cuchillos ha sido de casi 40 cuchillos por día. El costo para preparar el proceso de producción es de 100 pesos, y le cuesta a Jan 80 centavos manejar el inventario de un cuchillo durante un año. ¿Cuántos cuchillos debe producir Celine en cada lote?

Solución

En este caso no existe reposición instantánea, por ello debe modificarse la fórmula de tamaño económico de lote. Así se tiene:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M(1-r/p)}} \quad (8.1)$$

donde:

r = tasa de demanda

p = tasa de reposición

$p > r$

Así:

C_A : \$ 100/orden

C_M : \$ 0.8/unidad/año

D : 8 000 cuchillos

p : 150 cuchillos/día

r : $D/250 = 32$ cuchillos/día

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(100)(8000)}{0.8(1-32/150)}} = \sqrt{\frac{1600000}{0.629333}} = 1594.48 \approx 1595 \text{ cuchillos}$$

Se deben producir 1 595 cuchillos por lote.

Problema 8.2

Una empresa manufactura un producto para el cual la demanda anual es de 10 000 piezas. La producción promedio es de 200 por día, mientras la demanda es de casi 50 piezas por día. El costo por manejo de inventario es de \$ 1 por unidad al año; los costos de preparación son de \$ 200. Si usted desea fabricar este producto en lotes, ¿qué tamaño de lote debe utilizar?

Solución

Con la fórmula 8.1 se tiene:

- D: 10 000 piezas
- p: 200 piezas/día
- r: 50 piezas/día
- C_M: \$ 1/unidad/año
- C_A: \$ 200/pedido

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(200)(10\,000)}{1(1 - 50/200)}} = \sqrt{\frac{4\,000\,000}{0.75}} = 2\,309.40 \approx 2\,309 \text{ piezas}$$

Problema 8.3

Un fabricante de motores eléctricos trabaja un turno y medio al día (12 hrs.) durante 315 días al año. La tasa de demanda de laminillas para el estator es de 2 000 por día y la tasa de suministro es de 200 laminillas/hora. El costo de cada laminilla es de \$ 7. El costo de preparación de la maquinaria es de \$ 280/corrida y el costo por mantener el inventario es de \$ 0.20 por laminilla por día. Con esta información calcule:

- a) ¿Cuál es el tamaño de lote óptimo de producción?
- b) ¿Cuál es el nivel máximo del inventario?
- c) ¿Cuál es el costo de esta política de inventarios?

Solución

Considere 315 días por año y 12 horas por día.

- D: 2 000 × 315 = 630 000 laminillas/año
- C_A: \$ 280/corrida
- C_M: 0.20 × 315 = \$ 63/laminillas/año
- r: 2 000 laminillas/día
- p: 200 laminillas por hora = 2 400 laminillas/día

a)

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(280)(630\,000)}{63(1 - 2000/2\,400)}} = \sqrt{\frac{352\,800\,000}{10.5}} = 5\,796.55 \approx 5\,797 \text{ laminillas}$$

b) Para calcular la I_{máx.} para reposición no instantánea se tiene:

$$I_{\text{máx.}} = \frac{Q}{p} (p - r) \tag{8.2}$$

$$I_{\text{máx.}} = \frac{5\,797}{2\,400} (2\,400 - 2\,000) = 966.166 \text{ laminillas}$$

c) Para el cálculo del costo en el caso de reposición no instantánea se tiene:

$$C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \left[(1 - r/p) \frac{Q}{2} \right] \quad (8.3)$$

$$C_T = 280 \frac{630\,000}{5\,797} + 63 \left[(1 - 2\,000/2\,400) \frac{5\,797}{2} \right] 30\,429.53 + 30\,434.25 = \$ 60\,863.78/\text{año}$$

Problema 8.4

Industrias Químicas, S.A. utiliza un proceso que requiere un flujo continuo de 20 litros por hora durante 8 horas al día (250 días/año) de una sustancia química altamente tóxica; cada litro de la sustancia cuesta \$ 10. Su proveedor necesita tres días completos para preparar un pedido y enviarlo a Industrias Químicas, S.A. Debido a la naturaleza peligrosa de la sustancia, el camión puede llenar el tanque de almacenamiento a sólo 100 litros por hora. El departamento de contabilidad estima un costo de \$ 200 por pedido y abastecimiento para cubrir los costos de entrega y otros cargos laborales. Debido a los costos de seguro extremadamente altos para mantener este material peligroso en el tanque de almacenamiento, la tasa de transferencia anual es de 104%. Calcule:

- La cantidad de pedidos de producción óptima, Q .
- El punto de nuevos pedidos, P_R .
- El número de pedidos por año.
- El costo anual total.

Solución

- r : 20 litros/hora
 C : \$ 10/litro
 L : 3 días
 p : 100 litros/hora
 C_A : \$ 200
 i : 104%

a) Considerando días de 8 horas y 250 días al año:

$$D = 20 \times 8 \times 250 = 40\,000 \text{ litros/año}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(200)(40\,000)}{10(1.04)(1 - 20/100)}} = \sqrt{\frac{16\,000\,000}{8.32}} = 1386.75 \approx 1387 \text{ litros}$$

- $P_R = \bar{D}L = (160)(3) = 480$ litros
- $No = D/Q = 40\,000/1\,387 = 28.83 \approx 29$ pedidos/año
- Utilizando la fórmula 8.3 se tiene:

$$C_T = 200 \frac{40\,000}{1\,387} + 10(1.04) \left[(1 - 20/100) \left(\frac{1\,387}{2} \right) \right] = 5\,767.84 - 5\,769.92 = \$ 11\,537.76/\text{año}.$$

9. PRODUCTOS MÚLTIPLES

Para resolver el problema de reabastecimiento conjunto de artículos múltiples hay varios enfoques y por lo tanto muchas alternativas para resolver estos problemas. En este ejemplo y el siguiente se describirán los procedimientos para resolver el caso de artículos comprados, y los siguientes dos problemas ilustrarán la forma de solución del caso de lotes de producción de diversos artículos que comparten la misma maquinaria.

Problema 9.1

Una empresa tiene entre sus materias primas tres diferentes tipos de telas, las cuales pueden ser adquiridas a los siguientes precios:

Tipo de tela	Precio por rollo	Demanda (m)
I	\$ 50.00	57 000
II	\$ 70.00	48 000
III	\$ 100.00	64 000 40 000

Las telas tipo I y III vienen en rollos de 10 metros y la tela tipo II viene en rollos de 16 metros.

El costo de cada pedido es de \$ 200 y se tiene un porcentaje de interés en relación con el costo por mantener de 25%. El proveedor de las telas desea pedidos consolidados y ofrece un tiempo de entrega de 15 días. Considere 250 días laborables por año. El nivel de servicio que se desea ofrecer es de 90% y la σ_x de la demanda es de 15 metros para las tres telas.

Considerando la información anterior, determine:

- a) ¿Cuál es el intervalo óptimo para ordenar en días?
- b) ¿Cuál debe ser el tamaño de las órdenes, considerando que sólo se vendan rollos completos?
- c) ¿Cuál sería el inventario de seguridad?
- d) ¿Cuál es el costo de este sistema?

Solución

Al requerir pedidos consolidados se deben pedir todas las telas juntas, esto implica que se requiere un sistema *P*. Así, se procederá a calcular la t_0 para cada tela y a elegir, de acuerdo con el costo, la que sea mejor para pedir los tres tipos de tela al mismo tiempo.

Para la tela I se tiene:

- D_i : 57 000 m/año
- C_A : \$ 200/pedido
- i : 25%
- C_i : \$ 50/rollo

Como la tela I viene en rollos de 10 metros, entonces la demanda anual de esta tela será de 5 700 rollos.

Con la fórmula 5.1 se tiene:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(200)(57000)}{(0.25)(50)}} = \sqrt{\frac{2280000}{12.5}} = 427.08$$

Si:

$$t_0 = Q_0 / D \Rightarrow t_1 = \frac{427.08}{5700} (250) = 18.73$$

(NOTA: Los resultados se redondearán al final, para eliminar en lo posible los errores por redondeo.)

Para la tela II:

- D_{II} : 48 000 m/año
- C_A : \$ 200/pedido
- i : 25%
- C_{II} : \$ 7 000/rollo

La tela II viene en rollos de 10 metros, por lo tanto la demanda anual será de 4 800 rollos:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(200)(4800)}{(0.25)(70)}} = \sqrt{\frac{1920000}{17.50}} = 331.23$$

$$t_{II} = \frac{331.23}{4800} 250 = 17.25$$

Para la tela III

- D_{III} : 64 000 m/año
- C_A : \$ 200/pedido
- i : 25%
- C_{III} : \$ 9 000/rollo

La tela III viene en rollos de 16 metros; así, $D = 4 000$ rollos:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(200)(4000)}{(0.25)(100)}} = \sqrt{\frac{1600000}{25}} = 252.98$$

$$t_{III} = \frac{252.98}{4000} (250) = 15.81 \text{ días}$$

A continuación debe calcularse el costo total para cada uno de los tres posibles intervalos. En este caso, se considera que al pedir las tres telas juntas se incurrirá en un solo costo de adquisición.

Las fórmulas para el cálculo del costo total serían:

$$C_T = C_A N_0 + C_M \bar{I} \tag{9.1}$$

donde:

$$\bar{I} = \frac{\bar{D}t}{2} \quad (9.2)$$

Si $t = 18.72$ días:

$$\bar{I}_I = \left(\frac{5\,700}{250} \right) \left(\frac{18.72}{2} \right) = 213.41 \text{ rollos}$$

$$\bar{I}_{II} = \left(\frac{4\,800}{250} \right) \left(\frac{18.72}{2} \right) = 179.71 \text{ rollos}$$

$$\bar{I}_{III} = \left(\frac{4\,000}{250} \right) \left(\frac{18.72}{2} \right) = 149.76 \text{ rollos}$$

$$N = 1/t = \frac{1}{18.72} = 13.35 \text{ pedidos/año}$$

$$C_T = 200 (13.35) + (0.25) (50) (213.41) + (0.25) (70) (179.71) + (0.25) (100) (149.76) =$$

$$C_T = 2\,670 + 2\,667.63 + 3\,144.93 + 3\,744 = \$ 12\,226.56/\text{año}$$

Si $t = 17.25$ días:

$$\bar{I}_I = \left(\frac{5\,700}{250} \right) \left(\frac{17.25}{2} \right) = 196.65 \text{ rollos}$$

$$\bar{I}_{II} = \left(\frac{4\,800}{250} \right) \left(\frac{17.25}{2} \right) = 165.6 \text{ rollos}$$

$$\bar{I}_{III} = \left(\frac{4\,000}{250} \right) \left(\frac{17.25}{2} \right) = 138 \text{ rollos}$$

$$N = 1/t = \frac{1}{17.25} = 14.49 \text{ pedidos/año}$$

$$C_T = (200) (15.8) + (0.25) (50) (180.23) + (0.25) (70) (151.68) + (0.25) (100) (126.4) =$$

$$C_T = 3\,160 + 2\,252.88 + 2\,654.4 + 3\,160 = \$ 11\,227.28/\text{año}$$

Así, se elige $t = 15.8 \approx 16$ días como la mejor opción para pedir las telas de forma conjunta, y las cantidades a pedir serán:

$$M = B + \bar{D} (L + t) \quad (9.3)$$

$$B = Z\sigma_x \sqrt{L + t} \quad (9.4)$$

$$Q_i = M - li \quad (9.5)$$

Ya que $L < t$, para un NS de 90%, $Z = 1.282$:

$$B = (1.282) (15) \sqrt{15 + 16} = 107.068 \text{ metros}$$

Así:

$$B_I = \frac{107.068}{10} = 10.70 \approx 11 \text{ rollos}$$

$$B_{II} = \frac{107.068}{10} = 10.70 \approx 11 \text{ rollos}$$

$$B_{III} = \frac{107.068}{16} = 6.69 \approx 7 \text{ rollos}$$

$$M_I = 11 + (5\,700/250) (15 + 16) = 717.8 \approx 718 \text{ rollos}$$

$$M_{II} = 11 + (4\,800/250) (15 + 16) = 606.2 \approx 606 \text{ rollos}$$

$$M_{III} = 7 + (4\,000/250) (15 + 16) = 503 \text{ rollos}$$

$$Q_I = 718 - li$$

$$Q_{II} = 606 - li$$

$$Q_{III} = 503 - li$$

Así, el costo total considerando B será de:

$$C_T = C_A N_O + C_M \bar{I}$$

donde:

$$\bar{I} = B + \frac{\bar{D}t}{2} \quad (9.6)$$

$$C_T = 200 \left(\frac{1}{\frac{16}{250}} \right) + (0.25) (50) \left[11 + (5\,700) \left(\frac{16}{2} \right) \right] + (0.25) (70) \left[11 + (4\,800) \left(\frac{16}{2} \right) \right] + (0.25) (100) \left[7 + (4\,000) \left(\frac{16}{2} \right) \right]$$

$$C_T = 3\,125 + 12.5 (45\,611) + 17.5 (38\,411) + (25) (32\,007) =$$

$$C_T = 3\,125 + 570\,137.5 + 672\,192.5 + 800\,175 = \$ 2\,045\,630/\text{año}$$

Problema 9.2

A continuación se presentan los datos correspondientes a la demanda anual y los datos relacionados de cuatro tipos de película distintos de la tienda RH Visual. Los costos más importantes son de \$ 60 por pedido y los cargos por mantener inventario son de 25% del costo de los artículos. Con base en la información, calcule las cantidades a ordenar. Considere $L = 5$ días.

Artículo	Velocidad ASA	Demanda anual	Costo unitario	Demanda anual	Costo adquisición
1	100	18 500	1.85	10 000	\$ 5
2	200	16 800	2.10	8 000	\$ 5
3	300	14 750	2.92	5 000	\$ 5
4	400	7 100	3.55	2 000	\$ 5
TOTAL		57 150			\$ 20

Solución

En este caso se usará un enfoque diferente para el cálculo de los tamaños de lote. Si se define el valor óptimo en dinero de todos los artículos que se piden en un ciclo como $Q\$$, se sabe que:

$$Q\$ = \sqrt{\frac{2(S + \sum Si)A\$}{I}} \quad (9.7)$$

donde:

- S: costo fijo de hacer un pedido por un grupo de artículos.
- Si: costo marginal dependiente del artículo de hacer un pedido relacionado con un artículo adicional i .
- A\$: valor monetario anual de todos los artículos del grupo pedido.
- I: cargo por mantener inventario expresado como un decimal.

$$A\$ = \sum a \$i \quad (9.8)$$

donde:

$a\$i$: valor monetario anual del artículo i .

En este caso:

$$Q\$ = \sqrt{\frac{2(60 + 20)57\ 150}{0.25}} = \sqrt{\frac{9\ 144\ 000}{0.25}} = \$ 6\ 047.81$$

El valor monetario por ciclo de pedido es de \$ 6 047.81. Para calcular el número de pedidos por año:

$$N = A\$/Q\$ \quad (9.9)$$

$$\Rightarrow N = (57\ 150/6\ 047.81) = 9.449$$

Inventarios

El tiempo entre pedidos = $1/N = 0.1058$ años = $26.45 \approx 27$. Así:

$$t = 27 \text{ días}$$

Como no se desea inventario de seguridad, $M = \bar{D} (L + t)$. Así:

$$M_1 = (10\,000/250) (27 + 5) = 1\,280 \text{ unidades}$$

$$M_2 = (8\,000/250) (27 + 5) = 1\,024 \text{ unidades}$$

$$M_3 = (5\,000/250) (27 + 5) = 640 \text{ unidades}$$

$$M_4 = (2\,000/250) (27 + 5) = 256 \text{ unidades}$$

Así:

$$Q_1 = 1\,280 - li$$

$$Q_2 = 1\,024 - li$$

$$Q_3 = 640 - li$$

$$Q_4 = 256 - li$$

Problema 9.3

Una fábrica produce diversos tipos de chocolates utilizando el mismo equipo. El siguiente cuadro ilustra los requerimientos y la tasa de producción de cada tipo de chocolate, además del costo unitario y el costo de preparación.

Producto	Requerimientos anuales (cajas)	Tasa de producción diaria (unidades)	Costo unitario (\$/unidad)	Costo de preparación (\$/orden)
1	2 750	8 000	2.6	3 600
2	5 000	5 000	3.0	4 300
3	1 000	3 000	4.2	1 400

La empresa labora 250 días al año, y considera un interés para el costo por mantener el inventario de 28%/unidades/año. La empresa vende sus chocolates en cajas para regalo, con 20 chocolates cada una.

- Calcule el número óptimo de corridas de producción.
- Calcule el tamaño de lote óptimo para cada producto.
- Calcule el costo total del sistema de inventarios.

Solución

a) En este caso se trata de corridas de producción para productos múltiples, entonces se debe calcular el número óptimo de corridas N_0 .

$$N_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m C_{Mi} D_i \left(1 - \frac{r_i}{p_i}\right)}{2 \sum_{i=1}^m C_{p_i}}} \quad (9.10)$$

donde m = número de artículos en el grupo.

En este caso:

Prod.	D (cajas)	p_i (cajas/día)	C (\$/caja)	C_p	r_i (cajas/día)	(r_i/p_i)	$[1 - (r_i/p_i)]$	C_{Mi}	$C_{Mi} D_i$	$C_{Mi} D_i [1 - (r_i/p_i)]$
1	2 750	400	52	3 600	11	0.0275	0.9725	14.56	40 040	38 938.9
2	5 000	250	60	4 300	20	0.08	0.92	16.80	84 000	77 280
3	1 000	150	84	1 400	4	0.02666	0.973	23.52	23 520	22 884.96
TOTAL	8 750			9 300						139 103.86

$$N_0 = \sqrt{\frac{139\ 103.86}{2(9\ 300)}} = \sqrt{\frac{139\ 103.86}{18\ 600}} = 2.73 \approx 3 \text{ corridas}$$

b) Como:

$$Q_i = \frac{D_i}{N_0} \quad (9.11)$$

$$Q_1 = (2\ 750/3) = 916.67 \approx 917 \text{ cajas}$$

$$Q_2 = (5\ 000/3) = 1\ 666.66 \approx 1\ 667 \text{ cajas}$$

$$Q_3 = (1\ 000/3) = 333.33 \approx 333 \text{ cajas}$$

c) El costo total será:

$$C_T = \sum C_{p_i} N_0 + \sum C_{Mi} \left(\frac{Q_i}{2}\right)$$

$$C_T = 3(9\ 300) + 14.56(917/2) + 16.8(1\ 667/2) + 23.52(333/2)$$

$$C_T = 27\ 900 + 6\ 675.76 + 14\ 002.8 + 3\ 916.08 = \$ 52\ 494.64/\text{año}$$

Inventarios

Problema 9.4

Una fábrica de jabones de tocador desea saber qué cantidad debe producir de sus diferentes tipos. Se tienen los siguientes datos:

Artículo	Costo unitario	Tiempo de preparación (hrs./máq.)	Demanda anual	Capacidad de producción (pzas./hrs.)
Jabón de manzanilla	0.95	7	5 000	46
Jabón de avena	0.80	8	6 000	47
Jabón de glicerina	0.70	5	4 900	44

El costo de preparar la máquina (todos los jabones se fabrican en la misma maquinaria) es de \$ 60/hr. El costo de mantenimiento es de \$ 12 por concepto de costos fijos, más 30% del valor del artículo por concepto de costos de capital. Se trabajan 200 días por año y 5 horas por día.

- Determine cuál es el máximo óptimo de corridas de producción (dé un número entero).
- Diga cuál es el tamaño de lote de cada artículo.
- ¿Cuál es el costo total de esta política de inventarios?

Solución

Con el mismo procedimiento descrito en el problema 9.3 se tiene:

Artículo	r (pzas./día)	p (pzas./día)	C_M	C_A	r/p	$C_M D$	$C_M D (1 - (r/p))$
Manzanilla	25	230	12.285	420	0.1087	61 425	54 748.1025
Avena	30	235	12.24	480	0.1277	73 440	64 061.712
Glicerina	24.5	220	12.21	300	0.1114	59 829	53 164.0494
TOTAL				1 200			171 973.86

a) $N_0 = \sqrt{\frac{17973.86}{2(1200)}} = \sqrt{143.31} = 11.97 \approx 12$ corridas
 ≈ 9 corridas

b) $Q_I = (5\ 000/12) = 416.66$ unidades
 $Q_{II} = (6\ 000/12) = 500$ unidades
 $Q_{III} = (4\ 900/12) = 408.33$ unidades

c) $C_T = 12(1\ 200) + 12.285(1 - 0.1087)(416.66/2) +$
 $12.24(1 - 0.1277)(500/2) + 12.21(1 - 0.1114)(408.33/2) =$
 $C_T = 14\ 400 + 2\ 281.1344 + 2\ 669.238 + 2\ 215.1506 = \$ 21\ 565.523/\text{año.}$

10. ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS. SISTEMAS Q y P

A continuación se presenta un resumen de las fórmulas generales que se usan en los sistemas Q y P.

Sistema Q:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \quad (5.1)$$

$$B = Z \sigma_x \sqrt{L} \quad (5.2)$$

$$P_R = B + \bar{D}L \quad (5.3)$$

$$\bar{I} = B + (Q/2) \quad (10.1)$$

$$C_T = C_A (D/Q) + C_M (B + (Q/2)) \quad (10.2)$$

Sistema P:

$$t_0 = \frac{Q_0}{D} \quad (5.6)$$

o bien

$$t_0 = \sqrt{\frac{2C_A}{C_M D}} \quad (10.3)$$

$$B = Z \sigma_x \sqrt{L + t} \quad (9.4)$$

$$M = B + \bar{D} (L + t) \quad (9.3)$$

$$\bar{I} = B + \left(\frac{\bar{D}t}{2}\right) \quad (9.6)$$

$$C_T = C_A N_0 + C_M \bar{I} \quad (9.1)$$

$$Q_i = M - li, \text{ si } L \leq t \quad (9.5)$$

$$Q_i = M - li - Q_r, \text{ si } L > t \quad (10.4)$$

Cabe aclarar que estas son las fórmulas generales, las cuales se modificarán dependiendo de si se trata de reposición no instantánea, escasez, etcétera.

Problema 10.1

Una empresa fabricante de artículos de plástico utiliza entre sus materias primas un pigmento llamado verde-26, que es adquirido a un precio de \$ 50.00 la bolsa de 10 gramos. A partir de los pronósticos de ventas para el siguiente año se estimó que se requerirán 50.6 kg de pigmento. La empresa estima su costo de mantener el inventario como \$ 20.00/g/año para el almacenaje, más 15%/g/año. El precio del pigmento disminuye \$ 5 por bolsa si se piden más de 50 bolsas y \$ 10 por bolsa si se ordenan más de 100 bolsas.

La empresa labora un total de 315 días y el tiempo de entrega del proveedor es de 10 días. Se desea un nivel de servicio de 90% y la $\sigma_x = 60$ g/día.

Considerando lo anterior, para un sistema Q:

- ¿Cuál será la cantidad a ordenar que minimice los costos totales de inventario?
- ¿Cuál será el inventario de seguridad?
- ¿Cuál será el punto de reorden?
- ¿Cuál será el costo total óptimo?

Solución

Resolviendo el problema para un sistema Q, debe obtenerse la cantidad a ordenar Q_0 y el P_r en unidades:

1 bolsa de pigmento = 10 g

$D = 50.6 \text{ kg/año} = 50\,600 \text{ g/año} = 506 \text{ bolsas/año}$

$C_M = \$ 20/\text{g/año} + 15\%/\text{g/año}$

$C_A = \$ 150/\text{orden}$

$C_1 = \$ 50$, si $Q \leq 50$ bolsas $\Rightarrow C_1 = \$ 5/\text{g}$

$C_2 = \$ 45$, si $100 \geq Q > 50$ bolsas $\Rightarrow C_2 = \$ 4.5/\text{g}$

$C_3 = \$ 40$, si $Q > 100$ bolsas $\Rightarrow C_3 = \$ 4/\text{g}$

$L = 10$ días

$$Q_3 = \sqrt{\frac{2(150)(50\,600)}{20 + 0.15(4)}} = \sqrt{\frac{15\,180\,000}{20.6}} = 854.42 \text{ g} = 85.8 \text{ bolsas}$$

No es factible.

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2(150)(50\,600)}{20 + 0.15(4.5)}} = \sqrt{\frac{15\,180\,000}{20.675}} = 856.87 \text{ g} = 85.68 \text{ bolsas}$$

Sí es factible ≈ 86 bolsas.

El costo asociado a $Q = 86$ bolsas es:

$$C_T = 150 (50\,600/86) + (20 + (0.15) (4.5)) (860/2) + (50\,600) (4.5)$$

$$C_T = 8\,825.581 + 8\,890.25 + 227\,700 = \$ 245\,415.831/\text{año}$$

El costo asociado a 101 bolsas es:

$$C_T = 150 (50\,600/1\,010) + (20 + (0.15) (4)) (1\,010/2) + (50\,600) (4)$$

$$C_T = 7\,514.85 + 10\,403 + 202\,400 = \$ 220\,317.85/\text{año}$$

Así se elige $Q = 101$ bolsas.

$$B = z \sigma_x \sqrt{L} = (1.282) (60) \sqrt{10} = 243.24 \text{ g} \approx 24 \text{ bolsas}$$

$$P_R = 240 + 10 (50\,600/315) = 240 + 1\,606.34 = 1\,846.34 \text{ g} = 184.6 \approx 185 \text{ bolsas}$$

El costo considerando B será de:

$$C_T = 150 (50\,600/1\,010) + [20 + (0.15) (4)] [240 + (1\,010/2)] + (50\,600) (4)$$

$$C_T = 7\,514.85 + 15\,347 + 202\,400 = \$ 225\,261.85/\text{año}$$

Resumiendo, se pedirán lotes de 101 bolsas cuando la cantidad en inventario llegue a 185 bolsas.

Problema 10.2

Un fabricante de chocolates requiere establecer una política de inventarios para dos de sus materias primas básicas, las cuales compra al mismo proveedor. El proveedor le ha solicitado que elabore sus pedidos de forma consolidada y a cambio le ofrece los siguientes descuentos por cantidad:

Artículo	Precio (\$/kg)	Cantidad (kg)
Materia prima 1	6.00	0-499
Materia prima 1	5.50	500 o más
Materia prima 2	7.60	0-299
Materia prima 2	7.00	300 o más

Se tiene la siguiente demanda anual de chocolates:

Artículo	Demanda anual (cajas)
Chocolate 1	25 000 (caja con 20 piezas)
Chocolate 2	30 000 (caja con 25 piezas)
Chocolate 3	50 000 (caja con 15 piezas)

2,500 kg

2,500,000g
1000
47 60

Cada pieza del artículo ch1 utiliza 5 g de la materia prima 1, el ch2 utiliza 6 g de la materia prima 2 y el ch3 utiliza 3 g de la materia prima 1 y 4 g de la materia prima 2.

1 = 5g
2 = 6g
MP1
MP2

3 = 3g + 4g = 7g
MP1 MP2

El costo por hacer un pedido es de \$ 10/orden y el costo por mantener inventario es de 20% de su valor.

Se tiene un tiempo de entrega de tres días y se trabajan 250 días al año. Se desea un nivel de servicio de 95% ($z = 1.65$) y se tiene una desviación estándar de 5 kg diarios para ambas materias primas.

Calcule:

- a) El tiempo entre revisiones.
- b) El inventario de seguridad.
- c) La cantidad a pedir.
- d) Los costos totales del sistema.

Solución

Artículo	Demanda anual		
Chocolate 1	25 000 cajas	⇒	500 000 piezas ⇒ 2 500 kg de MP1
Chocolate 2	30 000 cajas	⇒	750 000 piezas ⇒ 4 500 kg de MP2
Chocolate 3	50 000 cajas	⇒	750 000 piezas ⇒ 2 250 kg de MP1 y 3 000 kg de MP2

Por lo tanto:

Demanda anual:

- MP1: 4 750 kg
- MP2: 7 500 kg
- C_A : \$ 10/orden
- i : 20%
- L : 3 días

Para MP1 con $C = 5.5$:

$$Q_{01} = \sqrt{\frac{(2)(10)(4750)}{(0.2)(5.5)}} = 293.87 \text{ kg}$$

No es factible.

Con $C = 6$:

$$Q_{02} = \sqrt{\frac{(2)(10)(4750)}{(0.2)(6)}} = 281.13 \text{ kg}$$

Puesto que:

$$C_T Q_0 = \sqrt{2C_M C_A D} + CD \tag{7.2}$$

$$C_T Q_{02} = \sqrt{(2)(0.2)(6)(10)(4750)} + (6)(4750) = \$ 28\,837.63/\text{año}$$

El C_T en $Q = 500$:

$$C_T = 10 (4\,750/500) + [(0.2) (5.5) (500/2)] + (5.5) (4\,750) = \$ 26\,495/\text{año}$$

Por lo tanto se elige $Q = 500$ kg de MP1:

Para MP2:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{(2)(10)(7\,500)}{(0.2)(7)}} = 327.32 \text{ kg}$$

Sí es factible.

Como se obtuvo una Q factible para el menor costo, ya no es necesario calcular el costo en ningún otro punto. Por lo tanto:

$$Q_{MP1}: 500 \text{ kg}$$

$$Q_{MP2}: 327 \text{ kg}$$

Para un sistema P :

$$t_0 \text{ para MP1} = Q_0/D = 500/4\,750 = (0.1053) (250) = 26.32 \text{ días}$$

$$t_0 \text{ para MP2} = 327/7\,500 = (0.0436) (250) = 10.9 \text{ días}$$

(NOTA: Para MP2 sería equivalente calcular t_0 con Q_0/D y con $(2C_A/D C_M)^{1/2}$ ya que ambas coinciden en Q_0 ; sin embargo esto no es cierto para MP1, ya que $Q_0 = 500$ no proviene de una Q óptima sino que es el punto donde cambia de precio.)

Si $t = 27$ días:

$$B = z \sigma_x \sqrt{L + T} = 1.65 (5) \sqrt{3 + 27} = 45.18 \approx 45 \text{ kg}$$

$$N_0 = (1/t_0) = \frac{1}{250} = 9.25 \text{ veces} \approx 9 \text{ veces}$$

$$C_T = C_A N_0 + C_M \bar{I} \quad (9.1)$$

$$\bar{I} = B + (\bar{D}t/2) \quad (9.6)$$

En este caso se comprarán lotes de MP1 = 527 kg, por lo tanto, $C_1 = \$ 5.5/\text{kg}$; y lotes de MP2 = 833 kg; por lo tanto, $C_2 = \$ 7/\text{kg}$.

$$C_T = 9 (10) + (0.2) (5.5) [45 + (4\,750/250) (27/2)] + (0.2) (7) [45 + (7\,500/250) (27/2)] + (5.5) (4\,750) + (7) (7\,500)$$

$$C_T = 90 + (1.1) (301.5) + (1.4) (450) + 26\,125 + 52\,500$$

$$C_T = 90 + 331.65 + 630 + 26\,125 + 52\,500 = \$ 79\,676.65/\text{año}$$

Si $t = 11$ días

$$N_0 = \frac{1}{\frac{11}{250}} = 22.72 \approx 22 \text{ veces}$$

(NOTA: Se redondea a 22 y no a 23 para que haya mayor probabilidad de que se obtenga el precio más barato para MP2.)

En este caso se comprarán lotes de MP1 de ≈ 216 kg; por lo tanto, $C_1 = \$ 6/\text{kg}$; y lotes de MP2 de ≈ 341 kg; por lo tanto, $C_2 = \$ 7/\text{kg}$.

$$B = 1.65 (5) \sqrt{3 + 11} = 31.86 \approx 32 \text{ kg}$$

$$C_T = \cancel{90} + (10) + (0.2) (6) [32 + (4\ 750/250) (11/2)] + (0.2) (7) [32 + (7\ 500/250) (11/2)] + 6 (4\ 750) + 7 (7\ 500) =$$

$$C_T = 90 + 1.2 (136.5) + 1.4 (197) + 28\ 500 + 52\ 500$$

$$C_T = 90 + 163.8 + 275.8 + 28\ 500 + 52\ 500 = \$ 81\ 529.6/\text{año}$$

El costo total resulta menor cuando $t = 27$ días, esto se debe a que como hay descuento por cantidad, los ahorros por comprar ambas materias primas al costo menor (CD) exceden los incrementos derivados del costo por mantener mayores tamaños de lote e inventario de seguridad. Así:

$$t = 27 \text{ días y } N_0 = 9 \text{ pedidos/año}$$

$$B = 45 \text{ kg}$$

Los niveles de inventario netos serán entonces:

$$M = B + \bar{D} (L + t) \tag{9.3}$$

$$M_{MP1} = 45 + (4\ 750/250) (3 + 27) = 615 \text{ kg}$$

$$M_{MP2} = 45 + (7\ 500/250) (3 + 27) = 945 \text{ kg}$$

Así:

$$Q_{MP1} = 615 - li$$

$$Q_{MP2} = 945 - li$$

En resumen, se pedirá cada 27 días lo que haga falta para llevar el nivel de inventario de la MP1 a 615 kg y el de MP2 a 945 kg.

Es importante notar aquí que, debido a las variaciones de la tasa de demanda, no se puede garantizar que siempre se pida lo mismo; se debería negociar que se mantuviera el precio de $\$ 5.5/\text{kg}$ de la MP1 aun en los casos en los que Q fuera un poco menor de 500 kg.

Problema 10.3

Una empresa pronostica las siguientes demandas mensuales durante el año, con objeto de establecer su sistema de control de inventarios.

Enero	180	Mayo	270	Septiembre	110
Febrero	220	Junio	210	Octubre	280
Marzo	190	Julio	130	Noviembre	250
Abril	140	Agosto	360	Diciembre	100

En la empresa se laboran 50 semanas/año y cada semana es de 5 días con dos turnos de 8 horas. Las piezas son compradas a un proveedor que garantiza un tiempo de entrega de 4 semanas, así como la reposición instantánea total del lote. La estructura de costos de inventario es la siguiente: el costo por orden es de \$ 25, el costo por mantener el inventario es compuesto por un costo fijo de \$ 20/pieza/año más el 30% anual del valor de la pieza. El proveedor ofrece un precio de \$ 15/pieza. Considere que se necesitan inventarios de seguridad con $NS = 80\%$ ($z = 0.84$); se ha registrado una σ_x de 10 piezas por día.

- Calcule el plan de inventarios Q .
- Calcule el plan de inventarios P .
- Con base en los costos totales, diga qué sistema conviene de los dos anteriores.

Solución

Para un sistema Q se tiene:

$$D = 2\,440 \text{ unidades/año}$$

$$L = 4 \text{ semanas} = 20 \text{ días}$$

$$C_A = 25 \text{ \$/orden}$$

$$C_M = 20 + 0.3C$$

$$C = \$ 15/\text{pieza}$$

Se sabe que:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \tag{5.1}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(25)(2\,440)}{20 + (0.3)(15)}} = \sqrt{\frac{122\,000}{24.5}} = 70.56 \approx 71 \text{ unidades}$$

$$B = z \sigma_x \sqrt{L} \tag{5.2}$$

$$B = (0.84) (10) \sqrt{20} = 37.56 \approx 38 \text{ unidades}$$

$$P_R = \bar{D} L + B = (2\,440/250) (20) + 38 = 233.2 \approx 233 \text{ unidades}$$

$$C_T = C_A (D/Q) + C_M (B + (Q/2)) \tag{10.2}$$

Inventarios

$$C_T = 25 (2\,440/70) + 24.5 [(71/2) + 38] = 859.1549 + 1\,800.75 = \$ 2\,659.91/\text{año}$$

Para un sistema *P*, ya que la *Q* anterior proviene de la fórmula para la *Q* óptima, *t* se puede calcular como (Q/D) , o bien como $(2 C_A/D C_M)^{1/2}$, pues en el punto óptimo (o muy cercano) son equivalentes.

$$t_0 = 250 (71/2\,440) = 7.27 \approx 7 \text{ días}$$

$$N_0 = 250 (1/7) 35.7 \approx 36 \text{ pedidos}$$

$$B = z \sigma_x \sqrt{L + t} \tag{9.4}$$

$$B = (0.84) (10) \sqrt{20 + 7} = 43.64 \approx 44 \text{ unidades}$$

$$M = B + \bar{D} (L + t) \tag{9.3}$$

$$M = 44 + (2\,440/250) (20 + 7) = 307.52 \text{ unidades}$$

Ya que $L > t$:

$$Q_i = 307.52 - li - Qr \tag{10.4}$$

$$C_T = C_A N_0 + C_M \bar{I} \tag{9.1}$$

$$\bar{I} = B + (\bar{D} t/2) \tag{9.6}$$

$$C_T = 25 (36) + 24.5 [44 + (2\,440/250) (7/2)] = 900 + 24.5 (78.16)$$

$$C_T = 900 + 1\,914.92 = \$ 2\,814.92/\text{año}$$

Comparando los costos se aprecia que el sistema *Q* resulta más barato, lo cual era de esperarse, ya que considerando todas las condiciones iguales el sistema *P* resulta más caro porque requiere mayor inventario de seguridad. Por lo tanto, se elige el sistema *Q* y se compran lotes de 71 unidades cuando el nivel de inventario llega a 233 unidades.

Problema 10.4

Un fabricante de estructuras desea elaborar un plan de control de inventarios para sus tres principales elementos estructurales empleados. El pronóstico de ventas para el próximo año y otros datos se presentan a continuación:

Elemento	Cuatrimestre I ($m \times 10^3$)	Cuatrimestre II ($m \times 10^3$)	Cuatrimestre III ($m \times 10^3$)	Tiempo de entrega (días)	Costo (\$/tramo)	Tramo estándar (m/tramo)
I 24	8	7	9	10	1 590	3.6
I 36	8	12	10	8	2 345	2.4
C 14	2	3	5	4	1 120	3.6

El costo de ordenar es de \$ 250/orden; el de mantener inventario es de 25% anual del valor del inventario. La empresa desea un $NS = 95\%$ ($z = 1.65$) y la $\sigma_x = 1.2$ m. Se laboran 300 días/año.

Calcule los parámetros necesarios para ordenar estos artículos con un sistema Q y un sistema P (no de manera consolidada). ¿Cuál sugiere usted?

Solución

Para un sistema Q se tiene:

$$\text{Producto I 24, } D = 24 \times 10^3 \text{ m/año, } C = \$ 1\,590/\text{tramo} \Rightarrow \$ 530/\text{m}$$

$$\text{Producto I 36, } D = 30 \times 10^3 \text{ m/año, } C = \$ 2\,345/\text{tramo} \Rightarrow \$ 977.08/\text{m}$$

$$\text{Producto C 14, } D = 10 \times 10^3 \text{ m/año, } C = \$ 1\,120/\text{tramo} \Rightarrow \$ 311.11/\text{m}$$

$$C_A = \$ 250/\text{orden}$$

$$i = 25\% \text{ anual}$$

Se sabe que:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \quad (5.1)$$

$$Q_0 = (I\,24) = \sqrt{\frac{2(250)(24\,000)}{(0.25)(530)}} = \sqrt{\frac{12\,000\,000}{132.5}} = 300.94 \text{ m} \approx 301 \text{ m}$$

$$Q_0 = (I\,36) = \sqrt{\frac{2(250)(30\,000)}{(0.25)(977.08)}} = \sqrt{\frac{15\,000\,000}{244.27}} = 247.81 \text{ m} \approx 248 \text{ m}$$

$$Q_0 = (C\,14) = \sqrt{\frac{2(250)(10\,000)}{(0.25)(311.11)}} = \sqrt{\frac{5\,000\,000}{77.78}} = 253.24 \text{ m} \approx 254 \text{ m}$$

$$B = z \sigma_x \sqrt{L} \quad (5.2)$$

$$B (I\,24) = 1.65 (1.2) \sqrt{10} = 6.26 \approx 7 \text{ m}$$

$$B (I\,36) = 1.65 (1.2) \sqrt{8} = 5.60 \approx 6 \text{ m}$$

$$B (C\,14) = 1.65 (1.2) \sqrt{4} = 3.96 \approx 4 \text{ m}$$

$$P_R = B + \bar{D} L \quad (5.3)$$

$$P_R (I\,24) = 7 + (24\,000/300) 10 = 807 \text{ m}$$

Inventarios

$$P_R (I 36) = 6 + (30\ 000/300) 8 = 806 \text{ m}$$

$$P_R (C 14) = 4 + (10\ 000/300) 4 = 137.33 \text{ m} \approx 137 \text{ m}$$

Con la fórmula 10.2:

$$C_T = 250 [(24\ 000/301) + (30\ 000/248) + (10\ 000/254)] +$$

$$(0.25) (530) [7 + (301/2)] + (0.25) (977.08) [6 + (248/2)] + (0.25) (311.11) [4 + (254/2)]$$

$$C_T = 250 (79.7342 + 120.9677 + 39.3700) + (132.5) (157.5) + (244.27) (130) + (77.7775) (131)$$

$$C_T = 250 (240.0719) + 20\ 868.75 + 31\ 755.1 + 10\ 188.8525$$

$$C_T = 60\ 017.975 + 20\ 868.75 + 31\ 755.1 + 10\ 188 = \$ 122\ 830.6775/\text{año}$$

Para un sistema P , puesto que ya se sabe el valor de Q se puede calcular t_0 como (Q/D) . Ya que todas las Q provienen de la fórmula de Q_0 , es equivalente calcular t_0 como $(2 C_A/C_M D)^{1/2}$, esto es:

$$t_0 (I 24) = (300.94/24\ 000) = 0.012539 \text{ año}$$

o bien:

$$t_0 (I 24) = \sqrt{\frac{2(250)}{(0.25)(530)(24\ 000)}} = \sqrt{\frac{500}{3\ 180\ 000}} = 0.012539 \text{ año}$$

Por facilidad, las siguientes t_0 se calcularán como $t_0 = (Q/D)$:

$$t_0 (I 36) = 247.81/30\ 000 = 0.0082603 \text{ año} \Rightarrow 2.48 \text{ días}$$

$$t_0 (C 14) = 253.54/10\ 000 = 0.025354 \text{ año} \Rightarrow 7.6 \text{ días}$$

$$t (I 24) = 0.012539 \text{ años} \Rightarrow 3.76 \text{ días} \approx 4 \text{ días}$$

$$t (I 36) = 2.48 \text{ días} \approx 3 \text{ días}$$

$$t (C 14) = 7.6 \text{ días} \approx 8 \text{ días}$$

$$N = (1/t)$$

$$N (I 24) = \frac{1}{\frac{4}{300}} = 75 \text{ pedidos}$$

$$N(I 36) = \frac{1}{\frac{3}{300}} = 100 \text{ pedidos}$$

$$N(C 14) = \frac{1}{\frac{8}{300}} = 37.5 \text{ pedidos}$$

$$B = z \sigma_x \sqrt{L + t} \quad (9.4)$$

$$B(I 24) = 1.65 (1.2) \sqrt{10 + 4} = 7.40 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$$

$$B(I 36) = 1.65 (1.2) \sqrt{8 + 3} = 6.56 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

$$B(C 14) = 1.65 (1.2) \sqrt{4 + 8} = 6.85 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

$$M = B + \bar{D} (L + t) \quad (9.3)$$

$$M(I 24) = 8 + (24\,000/300) (10 + 4) = 1\,128 \text{ m}$$

$$M(I 36) = 7 + (30\,000/300) (8 + 34) = 1\,107 \text{ m}$$

$$M(C 14) = 7 + (10\,000/300) (4 + 8) = 407 \text{ m}$$

Con la fórmula 9.1:

$$C_T = 250 (75 + 100 + 37.5) + (0.25) (530) [8 + (24\,000/300) (4/2)] + (0.25) (977.08) [7 + (30\,000/300) (3/2)] + (0.25) (311.11) [7 + (10\,000/300) (8/2)]$$

$$C_T = 250 (212.5) + (132.5) (168) + (244.27) (157) + (77.7775) (140.33)$$

$$C_T = 53\,125 + 22\,260 + 38\,350.39 + 10\,914.52 = 124\,649.91 \text{ \$/año.}$$

Comparando los costos para ambos sistemas se observa que el costo asociado al sistema Q es menor. Así, con la información con que se cuenta se elegiría el sistema Q y se ordenarían lotes de 301, 248 y 254 metros para I 24, I 36 y C 14, respectivamente, cuando el inventario llegara a 807, 806 y 137 metros, respectivamente.

11. SISTEMAS MRP

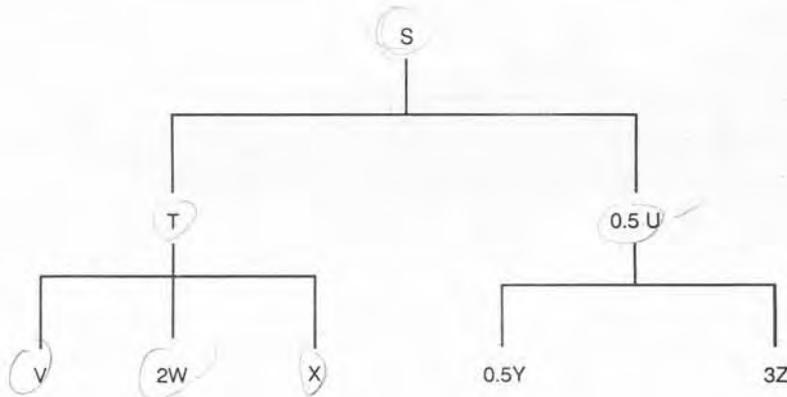
Problema 11.1

La demanda para el subensamble S es de 100 unidades en la semana 7. Cada unidad de S requiere una unidad de T y 0.5 unidades de U. Cada unidad de T requiere una unidad de V, dos unidades de W y una unidad de X. Finalmente, cada unidad de U requiere 0.5 unidades de Y y tres unidades de Z. Una empresa fabrica todas las partes. Necesita dos semanas para fabricar S, una semana para T, dos semanas para U, dos semanas para V, una semana para W, tres semanas para X, dos semanas para Y y una semana para Z.

Parte	Inventario en mano	Parte	Inventario en mano
S	20	W	30
T	20	X	25
U	10	Y	15
V	30	Z	10

a) Construya el árbol de estructura del producto. Calcule el plan de emisión de órdenes y los inventarios planeados.

Solución



Plan de emisión de órdenes

		1a. sem.	2a. sem.	3a. sem.	4a. sem.	5a. sem.	6a. sem.	7 sem.
S	ReB							100
	Inv	20						
	ReN							80
	PEO					80		
T	ReB					80		
	Inv	20						
	ReN					60		
	PEO				60			
U	ReB					40		
	Inv	10						
	ReN					30		
	PEO			30				
V	ReB				60			
	Inv	30						
	ReN				30			
	PEO		30					
W	ReB				120			
	Inv	30						
	ReN				90			
	PEO			90				
X	ReB				60			
	Inv	25						
	ReN				35			
	PEO	35						
Y	ReB			15				
	Inv	15						
	ReN			—				
	PEO	—						
Z	ReB			90				
	Inv	10						
	ReN			80				
	PEO		80					

ReB = Requerimientos Brutos.

Inv = Inventarios.

ReN = Requerimientos Netos.

PEO = Plan de Emisión de Órdenes.

Inventarios

Inventarios planeados

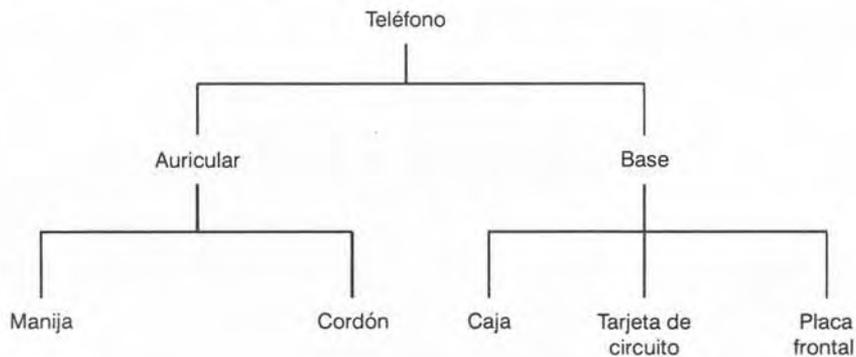
Artículo	1a. sem.	2a. sem.	3a. sem.	4a. sem.	5a. sem.	6a. sem.	7a. sem.
S	20	20	20	20	20	20	100
S en pro					80	80	
T	20	20	20	20			
T en pro				60			
U	10	10	10	10			
U en pro			30	30			
V	30	30	30				
W	30	30	30				
X	25	25	25				
Y	15	15					
Z	10	10					

Así, se ordenará la producción de 100 piezas S la semana 7, 60 subensambles T la semana 4 y 30 subensambles U la semana 3.

Y se ordenará la compra de 30 unidades de V para la semana 2, 90 de W para la semana 3, 35 de X para la semana 1 y 80 unidades de Z para la semana 2.

Problema 11.2

Un teléfono se compone de un auricular y una base. El auricular a su vez se ensambla con un mango y un cordón, y la base se ensambla con una caja, una tarjeta de circuito y una placa frontal. A continuación se presenta una lista de materiales junto con el número de partes disponibles y los



tiempos de espera:

Piezas	Disponible	Sem. de espera
Teléfono	200	1
Auricular	300	1
Manija	200	2
Cordón	75	2
Base	250	1
Caja	200	2
Tarjeta de circuito	150	1
Placa frontal	300	2

A la gerencia le gustaría iniciar el ensamble de los teléfonos tan pronto como fuera posible. ¿Cuántos teléfonos se pueden fabricar con las partes disponibles y cuándo se pueden entregar? Elabore un plan de materiales para justificar su respuesta.

Solución

Para saber cuántos teléfonos se pueden hacer con lo que hay disponible se elabora el siguiente plan de materiales.

		1	2	3
Teléfono	ReB	200	250	125
Inventario		200		
ReN			250	125
PEO		250	125	
Auricular	ReB	250	125	
Inventario		300		
ReN			75	
PEO		75		
Manija	ReB	75		
Inventario		200		
ReN		-125		
PEO		0		
Cordón	ReB	75		
Inventario		75		
ReN		0		
PEO		0		
Base		250	125	
Inventario		250		
ReN			125	
PEO		125		
Caja		125		
Inventario		200		
ReN		-75		
PEO		0		
Tarjeta		125		
Inventario		150		
ReN		-25		
PEO		0		
Placa frontal		125		
Inventario		300		
ReN		-175		
PEO		0		

ReN = Requerimientos Netos.
 PEO = Plan de Emisión de Órdenes.
 ReB = Requerimientos Brutos.

En el árbol se ve cuánto es lo que se puede fabricar en cada nivel. Hay 200 teléfonos terminados que se pueden entregar en la semana 1; hay 300 auriculares pero sólo 250 bases; así, se puede emitir una orden para ensamblar 250 teléfonos la semana 1.

Para fabricar auriculares se tienen 200 manijas pero sólo 75 cordones, así que lo más que se puede fabricar son 75 auriculares, más 50 ensambles que todavía existen (después de la orden por 250 ensambles de teléfono), hacen un total de 125 auriculares más. Para completar los teléfonos harían falta otras 125 bases, y existen suficientes piezas para fabricarlas. No se pueden fabricar más porque se agota la provisión de cordones. Así, se pueden entregar 200 teléfonos la semana 1, 250 la semana 2 y 125 la semana 3, haciendo un total de 575 teléfonos sin comprar piezas extra.

Problema 11.3

El artículo X está compuesto por dos subensambles Y y un Z; a su vez, el subensamble Z está compuesto por las partes A y C; y el subensamble B está compuesto por un subensamble Z y tres partes C.

Los tiempos de ensamble o de entrega de partes, así como los inventarios iniciales, son:

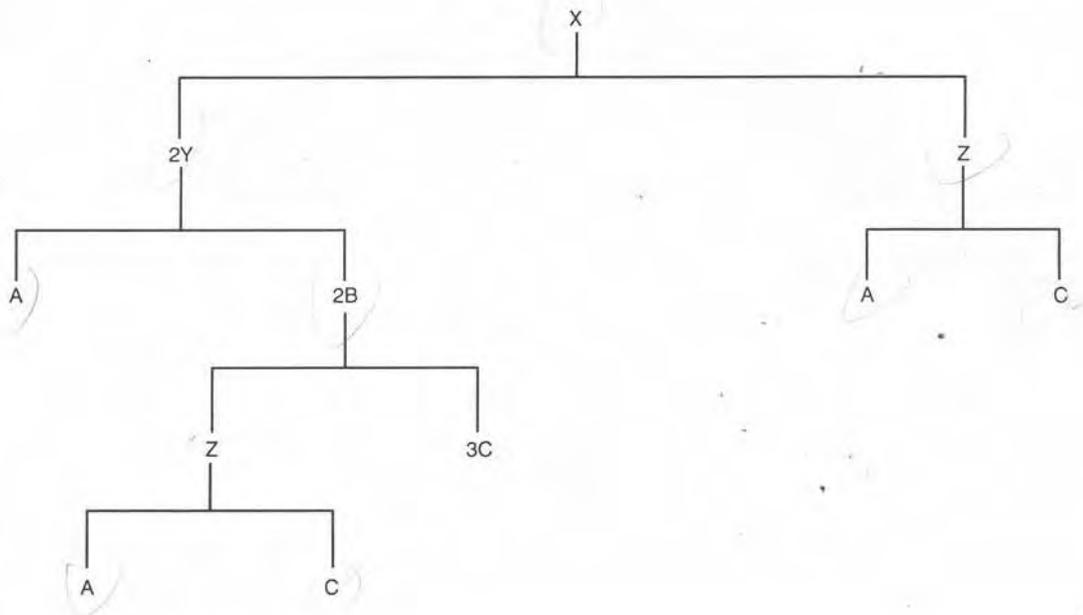
Parte	Tiempo de entrega	Unidades en inventario	Entregas pendientes
X	1 semana	150	
Y	2 semanas	300	50 (2a. semana)
Z	1 semana	100	20 (3a. semana)
A	3 semanas		
B	1 semana	50	
C	2 semanas	500	100 (2a. semana)

Se requieren 300 unidades de X para la semana 12 y 400 unidades de X para la semana 14.

- a) Dibuje el diagrama de explosión del producto.
- b) Calcule los planes de emisión de órdenes.
- c) Calcule los inventarios planeados (inventario final y en proceso).

Solución

a)



b) Plan de emisión de órdenes

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X	ReB												300		400
	Inv	150													
	ReN												150		400
	PEO											150		400	
Y	ReB											300		800	
	Inv	300	50												
	ReN													750	
	PEO											750			
B	ReB											1 500			
	Inv	50													
	ReN											1 450			
	PEO										1 450				
Z	ReB										1 450	150		400	
	Inv	100		20											
	ReN										1 330	150		400	
	PEO									1 330	150		400		
A	ReB										1 330	150	750	400	
	Inv														
	ReN									1 330	150	750	400		
	PEO						1 330	150	750	400					
C	ReB										1 330	4 500		400	
	Inv	500	100												
	ReN									730	4 500		400		
	PEO							730	4 500		400				

ReB = Requerimientos Brutos.

Inv = Inventarios.

ReN = Requerimientos Netos.

PEO = Plan de Emisión de Órdenes.

Inventarios

c) Inventarios planeados

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	Inv	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150		
	PP											150		400
Y	Inv	300	350	350	350	350	350	350	350	350	350	50	50	
	PP											750	750	
B	Inv	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
	PP										1 450			
Z	Inv	100	100	120	120	120	120	120	120	120				
	PP									1 330	150		400	
A														
C		500	600	600	600	600	600	600	600					

PP = Producto en Proceso.

Problema 11.4

El producto W está formado por un subensamble A, dos subensambles B y cuatro partes C; a su vez, a un subensamble A lo integran tres partes R, una parte M y una parte C. Un subensamble B se compone de dos C y una parte M. Los tiempos de entrega o ensamble, así como las cantidades en inventarios y órdenes pendientes, son:

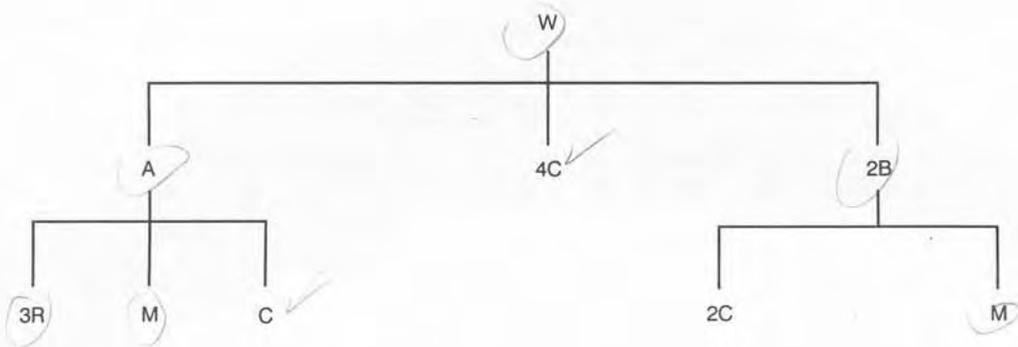
Concepto	Inventario/semana	Tiempo de entrega o ensamble (semanas)
W	200/1	1
A	300/2 200/5	1
C	100/1 100/4 100/7 100/10	2
M	900/1 300/7	2
B	500/1 500/10	2
R		3

El plan maestro de producción señala los siguientes requerimientos: 700 unidades W la semana 6, 500 la semana 9 y 250 la semana 10.

- Dibuje el diagrama de explosión del producto W.
- Calcule el plan de emisión de órdenes de compra o de fabricación para satisfacer el plan maestro.
- Calcule los inventarios de materia prima y producto en proceso.
- Si se anuncia que el tiempo de entrega de la parte C es de tres semanas, ¿cómo se afecta el plan calculado en el inciso (b)? Comente el resultado.

Solución

a)



b) Plan de emisión de órdenes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W ReB						700			500	250
Inv	200									
ReN						500			500	250
PEO					500			500	250	
A ReB					500			500	250	
Inv		300			200					
ReN					0			500	250	
PEO							500	250		
B ReB					1 000			1 000	500	
Inv	500									500
ReN					500			1 000	500	
PEO			500			1 000	500			
R ReB							1 500	750		
Inv										
ReN							1 500	750		
PEO				1 500	750					
M ReB			500			1 000	1 000	250		
Inv	900						300			
ReN						600	700	250		
PEO				600	700	250				
C ReB			1 000		2 000	2 000	1 500	2 250	1 000	
Inv	100			100			100			100
ReN			900		1 900	2 000	1 400	2 250	1 000	
PEO	900		1 900	2 000	1 400	2 250	1 000			

ReB = Requerimientos Brutos.
 Inv = Inventarios.
 ReN = Requerimientos Netos.
 PEO = Plan de Emisión de Órdenes.

Inventarios

c) Inventarios planeados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	200	200	200	200	200					
W ep					500			500	250	
A		300	300	300						
A ep							500	250		
B	500	500	500	500						500
B ep			500	500		1 000	1 500	500		
R										
M	900	900	400	400	400					
C	100	100		100						100

ep = en proceso.

d)

	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W ReB							700			500	250
Inv		200									
ReN							500			500	250
PEO						500			500	250	
A ReB						500			500	250	
Inv			300			200					
ReN									500	250	
PEO								500	250		
B ReB						1 000			1 000	500	
Inv		500									500
ReN						500			1 000	500	
PEO				500			1 000	500			
R ReB								1 500	750		
Inv											
ReN								1 500	750		
PEO					1 500	750					
M ReB				500			1 000	1 000	250		
Inv		900						300			
ReN							600	700	250		
PEO					600	700	250				
C ReB				1 000		2 000	2 000	1 500	2 250	1 000	
Inv		100			100			100			100
ReN				900		1 900	2 000	1 400	2 250	1 000	
PEO	900		1 900	2 000	1 400	2 250	1 000				

Si el tiempo de entrega de C fuera de 3 semanas, entonces no se podría cumplir con las entregas planeadas, ya que sería necesario pedir 900 unidades en la semana -1 y eso no es posible. Sería necesario por tanto renegociar la primera entrega.



CAPÍTULO III

PLANEACIÓN AGREGADA

12. MÉTODO TABULAR PARA PLANEACIÓN AGREGADA

Problema 12.1

LA PRESIDENTA DE CRACK ENTERPRISES, Carolina Smith-Jones, proyecta los requerimientos de la demanda agregada de la empresa sobre los siguientes cuatro meses, como se muestra a continuación:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
	1 400	1 600	1 800	1 800

Su administrador de operaciones está considerando un nuevo plan, el cual empieza en enero con 200 unidades en mano. Quedarse sin inventario ocasiona pérdidas en ventas de \$ 100 por unidad. El costo de mantener el inventario es de \$ 20 por unidad por mes. Ignore cualquier costo por el tiempo ocioso. Éste es el plan A.

Plan A: Variar el nivel de la fuerza de trabajo para cumplir exactamente con los requerimientos de la demanda. La tasa de producción de diciembre fue de 1 600 unidades. El costo de contratar trabajadores adicionales es de \$ 5 000 por cada 100 unidades. El costo de cesar a los trabajadores es de \$ 7 500 por cada 100 unidades.

Solución

Como no se especifica el nivel de inventario de seguridad que se desea mantener, o el nivel de inventario que se desea tener al final de los cuatro meses, se considera que se puede usar el inicial y que no es necesario reponerlo (por supuesto, si se decidiera mantenerlo como inventario de seguridad, los costos aquí calculados cambiarían). Se sabe que:

- $I_i = 200$ unidades
- $C_M = \$ 20/\text{unidad}/\text{mes}$
- $C_E = \$ 100/\text{unidad}$

Ya que en diciembre se produjeron 1 600 unidades, y en enero se requieren sólo 1 400, y se cuenta con 200 unidades en inventario, el nivel de producción debe reducirse despidiendo personal equivalente a 400 unidades, lo que conlleva un costo de despido de \$ 30 000; para febrero se requieren 1 600 unidades, 200 unidades más que en enero, esto implica un costo de contratación de \$ 20 000. Continuando de esta manera se llega a los resultados que se muestran en el siguiente cuadro.

Problemario de planeación y control de la producción

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Demanda	1 400	1 600	1 800	1 800
Producción	1 200	1 600	1 800	1 800
<i>Costos</i>				
Contratación		20 000	10 000	
Despido	30 000			
TOTAL	30 000	20 000	10 000	
COSTO TOTAL = \$ 60 000.00 $= 30000 + 10000 + 20000 = 60000$				

Problema 12.2

Refiérase al problema 12.1. Crack Enterprises está revisando el plan B, que se plantea a continuación. Los inventarios iniciales, costos de quedarse sin inventario y costos de mantener el mismo, se dieron en el problema 12.1.

Plan B: Producir a una tasa constante de 1 400 unidades por mes (la cual cumplirá con las demandas mínimas). Después subcontratar las unidades adicionales a un precio especial de \$ 75 por unidad.

Solución

Para este plan es necesario reducir la producción respecto a diciembre, incurriendo en un costo de despido de 15 000. Como la producción debe ser constante, el inventario se usará sólo cuando la producción no alcance a satisfacer la demanda, y cuando el inventario se acabe se subcontratará para evitar escasez.

Los resultados se resumen en:

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Demanda	1 400	1 600	1 800	1 800
Producción	1 400	1 400	1 400	1 400
Inventario	200			
Subcontratación			400	400
<i>Costos</i>				
Inventario	4 000			
Despido	15 000			
Subcontratación			30 000	30 000
TOTAL	19 000		30 000	30 000
COSTO TOTAL = \$ 79 000.00				

Subcontratar 200 unidades

Planeación agregada

Problema 12.3

Refiérase al problema 12.1. El plan C se plantea a continuación. Los inventarios iniciales, costos de quedarse sin inventario y costos de mantener el mismo se dieron en el problema 12.1.

Plan C: Mantener una fuerza de trabajo estable al mantener una tasa de producción igual a los requerimientos promedio y mediante la variación de los niveles de inventario.

Solución

\$ 5000 por cada 100 unidades

La tasa de producción promedio es de 1 650 unidades, así se tiene:

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Demanda	1 400	1 600	1 800	1 800
Producción	1 650	1 650	1 650	1 650
Inventario	250	300	150	150
Costos				
Inventario	5 000	6 000	3 000	3 000
Contratación	2 500			
TOTAL	7 000	6 000	3 000	3 000

COSTO TOTAL = \$ 19 500.00

costo por mano de obra
debe quedar el inv. inicial.

1600 necesita + 50 para + 200 inv. inicial
necesita + 50 para + 200 inv. inicial

cero → 150

ya no queda
en el mes
pag. 100 unidades
de inv. 200 inv.

Problema 12.4

El administrador de operaciones de Crack (revise los problemas 12.1 al 12.3) está considerando también estas dos estrategias mixtas:

Plan D: Mantener estable la fuerza de trabajo actual en 1 500 unidades/mes. Permitir un máximo de 20% de tiempo extra a un costo adicional de \$ 50 por unidad. Un almacén restringe el máximo inventario en mano permisible a 400 unidades o menos.

Plan E: Mantener la fuerza de trabajo actual, la cual está produciendo 1 500 unidades/mes, y subcontratar para cumplir el resto de la demanda.

Solución

Plan D:

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Demanda	1 400	1 600	1 800	1 800
Producción	1 500	1 500	1 500	1 500
Inventario	300	200		
Tiempo extra			100 und.	300 und.
Costos				
Inventario	6 000	4 000		
Despido	7 500			
Tiempo extra			5 000	15 000
TOTAL	13 500	4 000	5 000	15 000

COSTO TOTAL = \$ 37 500.00

20% de 1500 = 300

Plan E:

Recursos	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Demanda	1 400	1 600	1 800	1 800
Producción	1 500	1 500	1 500	1 500
Inventario	300	200		
Subcontratación			100	300
<i>Costos</i>				
Inventario	6 000	4 000		
Despido	7 500			
Subcontratación			7 500	22 500
TOTAL	13 500	4 000	7 500	22 500

COSTO TOTAL = \$ 47 500.00

Por tanto, de los cinco planes considerados, se elegiría el plan B por ser el más barato.

Problema 12.5

Lovecraft & MacMahon es un fabricante de VCR (videocaseteras) y tiene la necesidad de un plan agregado para julio-diciembre. La compañía ha recolectado los siguientes datos:

Costos		Demanda	
Costo de manejo	\$ 8/VCR/mes	Julio	400
Subcontratación	\$ 80/VCR	Agosto	500
Tiempo regular de mano de obra	\$ 10/hora	Septiembre	550
Tiempo extra de mano de obra	\$ 15/hora <i>Unidad</i>	Octubre	700
Costo de contratación	\$ 40/trabajador	Noviembre	800
Costo de despido	\$ 80/trabajador	Diciembre	700

Otros datos	
Fuerza de trabajo actual	8 personas
Horas de mano de obra/VCR	4 horas
Días de trabajo/mes	20 días

¿Cuánto costarán las dos estrategias siguientes?

a) Variar la fuerza de trabajo para tener la producción exacta y poder cumplir la demanda pronosticada. Se empieza con 8 trabajadores a finales de junio.

b) Variar únicamente el tiempo extra y utilizar una fuerza de trabajo constante de 8. El máximo de tiempo extra es de 20%. Subcontratar lo que haga falta para evitar escasez.

Solución

a) Para producir 400 vcr se requieren $(400) / 4 = 1\ 600$ horas. Si un día de trabajo consta de 8 horas, entonces una persona puede fabricar 2 vcr por día; como se trabajan 20 días/mes, entonces 8 personas pueden fabricar 320 vcr en un mes, y se requieren 10 personas para fabricar 400 vcr.

En agosto se requieren 500 unidades, lo que implica 2 000 horas; así, se requieren 12.5 personas. Como no se permite escasez, se tendrán 13 personas y no 12, acumulando así 20 unidades de inventario. Para septiembre se requieren $550 - 20 = 530$, lo que implica 13.25, por lo tanto se tendrán 14 personas, que producen 560, quedando 30 unidades en inventario. Continuando así, se calcula la producción hasta diciembre. La estrategia se resume en el siguiente cuadro:

Recursos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	400	500	550	700	800	700
Producción	400	520	560	680	800	720
Núm. de personas	10	13	14	17	20	18
Horas de producción	1 600	2 080	2 240	2 720	3 200	2 880
Inventarios	0	20	30	10	10	30
Personas contratadas	2	3	1	3	3	
Personas despedidas						2
<i>Costos</i>						
Mano de obra	16 000	20 800	22 400	27 200	32 000	28 800
Inventario		160	240	80	80	240
Contratación	80	120	40	120	120	
Despido						160
TOTAL	16 080	21 080	22 680	27 400	32 200	29 200
COSTO TOTAL = \$ 148 640.00						

b) Esta estrategia se resume así:

Recursos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	400	500	550	700	800	700
Producción	320	320	320	320	320	320
Núm. de personas	8	8	8	8	8	8
Horas de producción	1 280	1 280	1 280	1 280	1 280	1 280
UPE	64	64	64	64	64	64
Tiempo extra (horas)	256	256	256	256	256	256
Uni. Subcont.	16	116	166	316	416	316
<i>Costos</i>						
Mano de obra	12 800	12 800	12 800	12 800	12 800	12 800
Tiempo extra	960	960	960	960	960	960
Subcontratación	1 280	9 280	13 280	25 280	33 280	25 280
TOTAL	15 040	23 040	27 040	39 040	47 040	39 040
COSTO TOTAL = \$ 190 240.00						

UPE = Unidades Producidas en Tiempo Extra.

20% de 320 = 64

Comparando los costos para ambas estrategias se elige la estrategia (a), ya que se requiere un costo menor.

Problema 12.6

La Gaiger Candy Company desea determinar un plan de producción agregada para los siguientes seis meses. La compañía fabrica muchos tipos diferentes de dulces pero cree que puede programar su producción total en libras, siempre y cuando la mezcla de dulces que se venden no cambie de manera muy drástica. Actualmente la Gaiger Company tiene 70 trabajadores y 9 000 libras de dulces en el inventario. Cada trabajador puede producir 100 libras de dulce al mes y se le pagan \$ 5 por hora (utilice 160 horas de tiempo normal al mes). El tiempo extra, a una tasa de 150% del tiempo normal, puede utilizarse hasta un máximo de 20% adicional al tiempo normal en cualquier mes. Cuesta \$ 0.80 almacenar una libra de dulce un año, \$ 200 contratar a un trabajador y \$ 500 despedirlo. El pronóstico de ventas de los siguientes seis meses es de 8 000, 10 000, 12 000, 8 000, 6 000 y 5 000 libras de dulce.

\$40 x hora
\$200 x mes

- a) Determine el costo de una estrategia de producción nivelada durante los siguientes 6 meses con un inventario de 8 000 libras. ^{final}
- b) Determine el costo de una estrategia de adaptarse a la demanda para los siguientes 6 meses.
- c) Calcule el costo de utilizar un máximo de tiempo extra durante los dos meses de mayor demanda.

Solución

a) Esta estrategia considera tener un inventario final de 8 000 libras, por lo tanto la demanda total es de 49 000 libras menos 1 000 libras que se pueden usar del inventario inicial de 9 000 libras. Así, se requiere una producción mensual de 8 000 libras, lo que implica 80 personas trabajando por mes. El costo de mantenimiento es \$ 0.80/libra/año y esto es igual a \$ 0.06/libra/mes.

Los resultados de esta estrategia se pueden resumir así:

Recursos	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Demanda (lb × 10 ³)	8	10	12	8	6	5
Núm. de personas	80	80	80	80	80	80
NPC	10					
Producción (lb × 10 ³)	8	8	8	8	8	8
Inventarios	9	7	3	3	5	8
Costos						
Mano de obra (\$ × 10 ³)	64	64	64	64	64	64
Contratación (\$ × 10 ³)	2					
Inventarios \$	540	420	180	180	300	480
TOTAL \$	66 540	64 420	64 180	64 180	64 300	64 480

COSTO TOTAL = \$ 388 100.00

NPC = Número de Personas Contratadas.

Planeación agregada

b) Puesto que esta estrategia no especifica si se desea o no mantener el inventario, éste se podría usar o no, y en cada caso se tendrían resultados diferentes. Para mantener la uniformidad del criterio con el plan A se considerará que se desean 1 000 libras al final del año y éste se mantendrá como inventario mínimo. Así se tiene: 8000

Recursos	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Demanda (lb × 10 ³)	8	10	12	8	6	5
Núm. de personas	70	100	120	80	60	50
Personas contratadas		30	20			
Personas despedidas				40	20	10
Inventarios (lb × 10 ³)	8	8	8	8	8	8
<i>Costos</i>						
Mano de obra (\$ × 10 ³)	56	80	96	64	48	40
Inventarios \$	480	480	480	480	480	480
Contratación (\$ × 10 ³)		6	4			
Despido (\$ × 10 ³)				20	10	5
TOTAL \$	56 480	86 480	100 480	84 480	58 480	45 480
COSTO TOTAL = \$ 431 880.00						

c) Aquí también se considera que se desean 8 000 libras de inventario al final de los 6 meses.

Para saber el número de personas se procede de la siguiente manera: hay un número X de personas que trabajarán 4 meses al 100% para producir la suma de la demanda:

$$X = \frac{4\ 800}{640} = 75 \text{ personas}$$

Recursos	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Demanda (lb × 10 ³)	8	10	12	8	6	5
Núm. de personas	75	75	75	75	75	75
Producción (lb × 10 ³)	7.5	9	9	7.5	7.5	7.5
Tiempo extra (%)		20	20			
Personas contratadas	5					
Inventarios (lb × 10 ³)	8.5	7.5	4.5	4	5.5	8
<i>Costos</i>						
Mano de obra (\$ × 10 ³)	60	60	60	60	60	60
Tiempo extra (\$ × 10 ³)		18	18			
Contratación (\$ × 10 ³)	1					
Inventarios \$	510	450	270	240	330	480
TOTAL	61 510	78 450	78 270	60 240	60 330	60 480
COSTO TOTAL = \$ 399 280.00						

Así, de acuerdo con el costo menor, se elegirá el plan a).

Problema 12.7

Una empresa textil fabrica varios tipos de abrigos. La demanda tiene un alto grado de estacionalidad, como lo muestran las siguientes estimaciones de la demanda trimestral. La demanda se estima en horas estándar de producción requeridas.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Pronóstico	10 000	15 000	8 000	5 000

C: no se considera ni en los planes.

Una hora de tiempo normal le cuesta a la compañía \$ 8. A los empleados se les pagan \$ 12 por hora de tiempo extra y se puede subcontratar mano de obra externa a \$ 10 la hora. Se dispone de un máximo de 1 000 horas de tiempo extra en cualquier mes. Un cambio en el nivel normal de producción (ya sea incremento o disminución) hace que se incurra en un costo de \$ 5 por hora para añadir o sustraer una hora de mano de obra. Cuesta 2% al mes mantener una hora de mano de obra en inventario. Los costos de materiales y costos indirectos en los inventarios son iguales a los costos de mano de obra directa. Al principio del trimestre de otoño existen 5 000 horas estándar en inventario y el nivel de fuerza equivale a 10 000 horas estándar.

- a) Suponga que la gerencia establece el nivel de trabajadores normales para el año en un equivalente a la demanda promedio y subcontrata el resto. ¿Cuál es el costo de esta estrategia?
- b) ¿Cuál es el costo de una estrategia de adaptación a la demanda?

Solución

a) La demanda promedio en este caso es de:

$$(10\ 000 + 15\ 000 + 8\ 000 + 5\ 000) / 4 = 9\ 500 \text{ horas estándar}$$

$$C_M = (8) (0.02) = \$ 0.16/\text{hora}/\text{mes}$$

Así:

Recursos	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Demanda (hrs. est. $\times 10^3$)	10	15	8	5
Producción (hrs. est. $\times 10^3$)	9.5	9.5	9.5	9.5
Subcontratación (hrs. est. $\times 10^3$)	0.5	5.5		
Inventario (hrs. est. $\times 10^3$)			1.5	4.5 ^{1.5 + 1.5 =}
DNP (hrs. est. $\times 10^3$)	0.5			
Costos				
Mano de obra (\$ $\times 10^3$)	76	76	76	76
Subcontratación (\$ $\times 10^3$)	5	55		
Inventario (\$ $\times 10^3$)			240	720 ⁷⁶⁰
DNP (\$ $\times 10^3$)	2.5			
TOTAL	83 500	131 000	76 240	76 720
COSTO TOTAL = \$ 367 460.00				

DNP = Disminución en Nivel de Producción.

Planeación agregada

b) La estrategia de adaptarse a la demanda da como resultado:

Recursos	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Demanda (hrs. est. $\times 10^3$)	10	15	8	5
Producción (hrs. est. $\times 10^3$)	10	15	8	5
ADNP (hrs. est. $\times 10^3$)		5	7	3

ADNP = Aumento o Disminución en Nivel de Producción.

Costos	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Mano de obra ($\$ \times 10^3$)	80	120	64	40
ADNP ($\$ \times 10^3$)		25	35	15
TOTAL \$	80 000	145 000	99 000	55 000

COSTO TOTAL: \$ 379 000.00

ADNP = Aumento o Disminución en Nivel de Producción.

El costo menor corresponde a la estrategia (a) y por lo tanto se elige ésta.



CAPÍTULO IV

PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN INTERMITENTE

13. ASIGNACIÓN OK!

Problema 13.1

LA COMPAÑÍA STEEL STRUCTURES produce estructuras sencillas en un taller con 5 máquinas. Se asignará una trabajadora por cada máquina. Los costos de operación, en \$/unidad asociados para cada tarea, son:

Trabajadora	A	B	C	D	E
1	4	3	7	3	9
2	6	8	8	2	3
3	8	3	4	2	7
4	2	6	7	5	3
5	2	4	8	7	6

Trate de encontrar la asignación de menor costo usando el método húngaro.

Solución

Usando el método húngaro se tiene:

<i>Máq.</i>	A	B	C	D	E
<i>Trab.</i>					
1	4	3	7	3	9
2	6	8	8	2	3
3	8	3	4	2	7
4	2	6	7	5	3
5	2	4	8	7	6

1	0	4	0	6
4	6	6	0	1
6	1	2	0	5
0	4	5	3	1
0	2	6	5	4

1	⊙	2	✕	5
4	6	4	⊙	✕
6	1	⊙	0	4
✕	4	3	3	⊙
⊙	2	4	5	3

Así, la asignación queda:

Trabajadora	Máquina	Costo
1	B	3
2	D	2
3	C	4
4	E	3
5	A	2

Problema 13.2

Resuelva el siguiente problema de asignación. Utilice el método húngaro.

OK

Trab.	Máq.				
	A	B	C	D	E
a1	3	8	2	10	3
x27	8	7	2	9	7
y6	6	4	2	7	5
z25	8	4	2	3	5
a7	9	10	6	9	10

Solución

1	6	0	8	1	0	5	7	7
6	5	X	7	5	5	4	0	6
4	2	X	5	3	3	1	X	4
6	2	X	1	3	5	1	X	0
3	4	X	3	4	2	3	X	2
0	5	1	7	X	X	5	2	8
4	3	0	5	3	3	2	0	5
2	0	X	3	1	2	0	1	4
5	1	1	0	2	4	X	1	0
1	2	X	1	2	0	1	X	1

Así, la asignación queda:

Trabajo	Máquina	Tiempo
a1	E	3
x27	C	2
y6	B	4
z25	D	3
a7	A	9

OK!

Problema 13.3

Resuelva el siguiente problema de asignación por medio del método húngaro.

Indeterminados

Trab.	Máq.				
	I	II	III	IV	V
1	31	97	20	31	75
2	65	10	54	63	65
3	96	41	74	107	30
4	21	54	43	21	10
5	97	64	20	42	64

Optimal

Solución

3	7	0	6	5	2	7	0	5	5	1	6	0	4	4
5	0	4	5	5	4	0	4	4	5	4	0	5	4	5
6	1	4	7	0	5	1	4	6	0	5	1	5	6	0
1	4	3	1	0	4	4	3	0	4	0	4	4	4	4
7	4	0	2	4	6	4	4	1	4	5	3	4	0	3

Así, la asignación queda:

Trabajo	Máquina	Tiempo
1	C	2
2	B	1
3	E	3
4	A	2
5	D	4

A-3
B-1
E-3
D-2
C-2

Problema 13.4

Para los siguientes datos calcule los índices de tiempos.

Tiempo/Pza.	Máq.				Tamaño de orden
	A	B	C	D	
M	10	20	15	17	100
X	13	9	12	8	50
Z	14	15	17	19	100
W	14	17	10	15	40
V	8	10	5	9	100

Solución

Para calcular el índice de tiempo se utiliza la siguiente relación:

$$\frac{(T_{ij} - T_{ij}^*)}{T_{ij}^*} \quad (13.1)$$

donde:

T_{ij} : tiempo para el trabajo i , en la máquina j .

T_{ij}^* : tiempo más bajo para el trabajo i , en la máquina j .

Así, para la parte M se tienen los siguientes tiempos para una orden de 100 piezas: en la máquina A, 1 000 hrs.; en la máquina B, 2 000 hrs.; en la C, 1 500 hrs. y en la D, 1 700 hrs. Por tanto:

$$T_{1A} = \frac{1\,000 - 1\,000}{1\,000} = 0$$

$$T_{1B} = \frac{2\,000 - 1\,000}{1\,000} = 1$$

$$T_{1C} = \frac{1\,500 - 1\,000}{1\,000} = 0.5$$

$$T_{1D} = \frac{1\,700 - 1\,000}{1\,000} = 0.7$$

El siguiente cuadro resume los resultados para el resto de los trabajos.

Parte	Tiempo total (hrs.)				Índice de tiempo			
	A	B	C	D	A	B	C	D
M	1 000	2 000	1 500	1 700	0	1	0.5	0.7
X	650	450	600	400	0.63	0.13	0.5	0
Z	1 400	1 500	1 700	1 900	0	0.07	0.21	0.36
W	560	680	400	600	0.4	0.7	0	0.5
V	800	1 000	500	900	0.6	1	0	0.8

Problema 13.5

Con los resultados del problema anterior encuentre la asignación mediante el método de índices; no considere restricciones de capacidad.

Solución

Con los resultados de los índices de tiempo se forma la siguiente matriz de tiempos.

Parte \ Máq.	A	B	C	D
M	0	1	0.5	0.7
X	0.63	0.13	0.5	0
Z	0	0.07	0.21	0.36
W	0.4	0.7	0	0.5
V	0.6	1	0	0.8

Handwritten calculations on the left side of the matrix:

- $\frac{650-400}{400} \leftarrow$
- $\frac{1500-1900}{1400} (=)$
- $\frac{560-900}{400} (=)$
- $\frac{1000-500}{500} (=)$

Se procederá ahora a asignar en las posiciones con índices cero; como no hay restricciones de capacidad se puede asignar todo lo que se desee a las posiciones con menor índice, así:

Parte \ Máq.	A	B	C	D
M	1 000			
X				400
Z	1 400			
W			400	
V			500	

Teniendo como resultado que el trabajo M se llevará a cabo en la máquina A, el X en la D, el Z en la A, el W en la C y el V en la C, con un tiempo total de 3 700. Con esta asignación queda vacía la máquina B, pero como este proceso no tiene como fin equilibrar el uso de las máquinas sino reducir el tiempo total, esta asignación es factible.

Problema 13.6

Con el método de índices resuelva el siguiente problema de asignación:

Trab.	Máq.		
	A	B	C
1X	0.25 25	0 20	0.88 37.5
27Y	0.2 30	1 50	0 25
21Z	0 28	0.8 50	0.42 40
5W	0 13.5	0.11 15	1 27
Tiempo disponible	40	50	40

Solución

Realizando una primera asignación a las posiciones con índices cero:

Trab.	Máq.		
	A	B	C
1X		20	
27Y			25
21Z	28		
5W	13.5		
Tiempo disponible	40	50	40
Asignado	41.5	20	25

Como se excede la capacidad en la máquina A se procede a buscar la posición con el índice más cercano a cero, para cambiar alguna de las asignaciones, y se continúa así hasta que se tenga una asignación que no exceda la capacidad disponible.

Programación de operaciones en un sistema de producción

Trab. \ Máq.	A	B	C
1X		20	
27Y			25
21Z	28		
5W		15	
Tiempo disponible	40	50	40
Tiempo asignado	28	35	25

Como en ningún caso se supera la capacidad disponible, ésta es una solución factible, con un total de 88 unidades de tiempo.

Problema 13.7

Calcule los índices de tiempo y resuelva el problema de asignación con el método de índices.

Parte	Tamaño de orden	Máquinas		
		A	B	C
I	100	10	5	15
IV	100	3	8	5
VII	100	13	15	14
III	50	15	12	17
Tiempo disponible		1 400	1 400	1 400

Solución

Para resolver este problema se procede primero a calcular los tiempos totales por lote, después se calcularán los índices y posteriormente se hace la asignación a las posiciones con los índices menores:

Parte \ Máq.	Tiempo total		
	A	B	C
I	1 000	500	1 500
IV	300	800	500
VII	1 300	1 500	1 400
III	750	600	850

$1000 - 500$
 500
 $500 - 500$
 500

1 2
 0 0.66
 0 0.153 0.076
 0.25 0 0.41

Problemario de planeación y control de la producción

		Índice de tiempo		
		A	B	C
Máq.	Parte			
	I	1	0	1.5
	IV	0	1.6	0.67
	VII	0	0.15	0.07
	III	0.25	0	0.42

		Índice de tiempo		
		A	B	C
Máq.	Parte			
	I	1 1 000	0 500	1.5 1 500
	IV	0 300	1.6 800	0.67 500
	VII	0 1 300	0.15 1 500	0.07 1 400
	III	0.25 750	0 600	0.42 850
	Tiempo disponible	1 400	1 400	1 400

		Índice de tiempo		
		A	B	C
Máq.	Parte			
	I		500	
	IV	300		
	VII	1 300		
	III		600	
	Tiempo disponible	1 400	1 400	1 400
	Tiempo asignado	1 600	1 100	0

		Índice de tiempo		
		A	B	C
Máq.	Parte			
	I		500	
	IV			
	VII	1 300		1 400
	III		600	
	Tiempo disponible	1 400	1 400	1 400
	Tiempo asignado	1 300	1 100	1 400

Así, ésta es una asignación factible con un total de 3 800 unidades de tiempo.

Problema 13.8

Con el método de índice encuentre la asignación de los siguientes seis trabajos a cuatro máquinas, de manera que obtenga horas mínimas.

Trabajo	Máquinas			
	I	II	III	IV
1	40	50	60	70
2	100	40	80	30
3	50	60	20	100
4	110	80	100	120
5	120	60	70	80
6	60	30	80	50
Capacidad disponible	100	80	120	40

Solución

Para poder resolver este problema es necesario primero calcular los índices, así:

Trabajo	Máquinas			
	I	II	III	IV
1	0	0.25	0.5	0.75
2	2.3	0.33	1.6	0
3	1.5	2	0	4
4	0.38	0	0.25	0.5
5	1	0	0.16	0.33
6	1	0	1.6	0.66
Tiempo disponible	100	80	120	40

Ahora se procede a asignar, tratando de otorgar la mayor cantidad posible a los índices cero o en su defecto a los más cercanos a cero, sin exceder el tiempo disponible.

Problemario de planeación y control de la producción

1

T. \ M.	I	II	III	IV
1	40			
2				30
3			20	
4		80		
5		60		
6		30		
Disponible	100	80	120	40
Asignado	40	170	20	30

2

T. \ M.	I	II	III	IV
1	40			
2				30
3			20	
4		80		
5			70	
6		30		
Disponible	100	80	120	40
Asignado	40	120	90	30

3

T. \ M.	I	II	III	IV
1	40			
2				30
3			20	
4			100	
5			70	
6		30		
Disponible	100	80	120	40
Asignado	40	30	190	30

4

T. \ M.	I	II	III	IV
1	40			
2				30
3			20	
4		80		
5			70	
6	60			
Disponible	100	80	120	40
Asignado	100	80	90	30

Así se logra una asignación factible, con un total de 300 unidades de tiempo.

14. CARGA DE MÁQUINAS

Problema 14.1

A las operaciones requeridas para terminar los trabajos A, B y C se les da la siguiente información de hoja de ruta:

Operación número	Trabajo A		Trabajo B		Trabajo C	
	Centro de trabajo	Tiempo (horas)	Centro de trabajo	Tiempo (horas)	Centro de trabajo	Tiempo (horas)
I	2	3	1	4	1	3.5
II	3	3	3	3	4	2
III	4	4	2	4	2	3.5
IV	1	5	4	3	3	4

Diseñe una gráfica de carga de máquinas hacia adelante para cada centro de maquinado. El tiempo de desplazamiento y espera promedio es de 5 horas y trabajan 7 horas por día.

h n d
3 2 1

Solución

Para ayudar con la elaboración de las gráficas de carga se pueden utilizar los cuadros que se presentan a continuación. Estos cuadros ayudan a cuantificar los tiempos de operación y espera de cada trabajo.

Trabajo A:

Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina				Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					1	2	3	4		
1	7	0	7	0		3			4	3/2/1
2	7	4	11	5			3		3	3/3/2
3	7	3	10	5				4	1	4/4/3
4	7	1	8	5	3				0	3/1/4
5	7	0	8	0	2				6	2/1/5

Trabajo B:

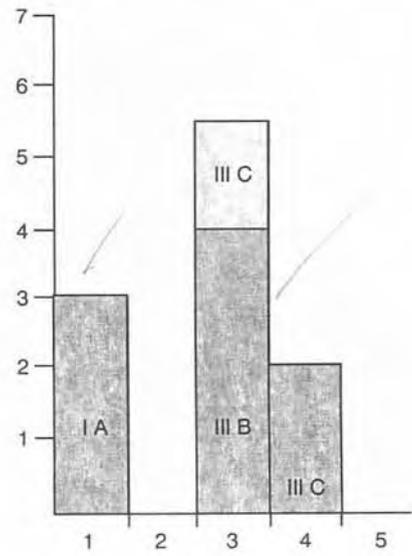
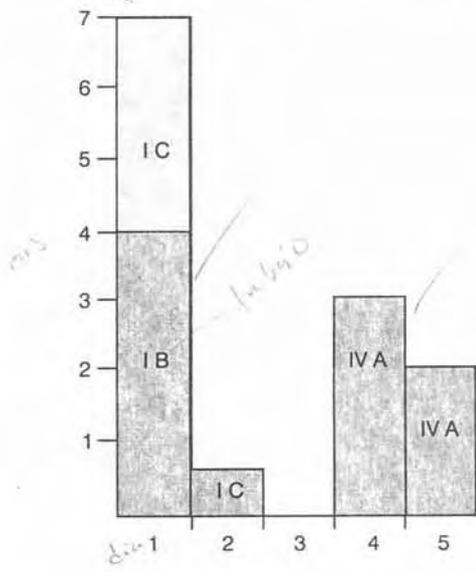
Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina				Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					1	2	3	4		
1	7	0	7	0	4				3	4/1/1
2	7	3	10	5			3		2	3/3/2
3	7	2	9	5		4			0	4/2/3
4	7	0	7	5				2	0	2/4/4
5	7	0	7	0				1	6	1/4/5

Trabajo C:

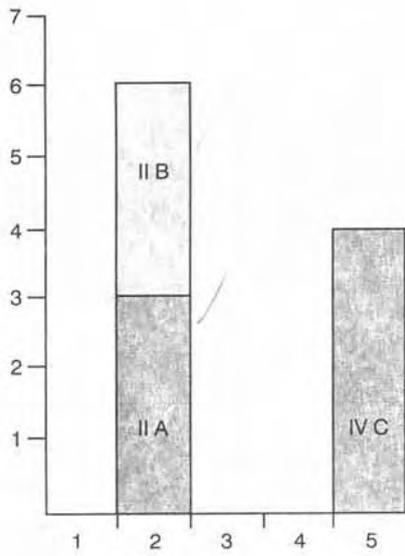
Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina				Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					1	2	3	4		
1	7	0	7	0	3				4	3/1/1
2	7	0	7	0	0.5				6.5	0.5/1/2
2	6.5	0	6.5	5				1.5	0	1.5/4/2
3	7	0	7	0				0.5	6.5	0.5/4/3
3	6.5	-	6.5	5		1.5			0	1.5/2/3
4	7	0	7	0		2			5	2/2/4
5	7	5	12	5			4		3	4/3/5

Así, las gráficas de carga hacia adelante quedan:

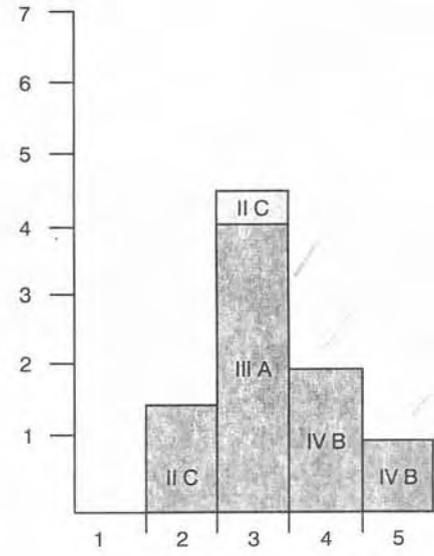
Problemario de planeación y control de la producción



2



3



4

Problema 14.2

La operación requiere que se dé la información de la hoja de ruteo del cuadro para terminación de los trabajos A y B. Haga la carga de máquinas hacia atrás, considerando 8 horas de tiempo de movimiento y 8 horas de trabajo/día. El trabajo A se requiere para el día 6 y el B para el día 5.

Operación número	Trabajo A		Trabajo B	
	Centro de trabajo	Tiempo (horas)	Centro de trabajo	Tiempo (horas)
I	2	3	1	4
II	3	3	3	3
III	1	4	2	5

Solución

Para la carga de máquinas hacia atrás se parte de la fecha de entrega, así:

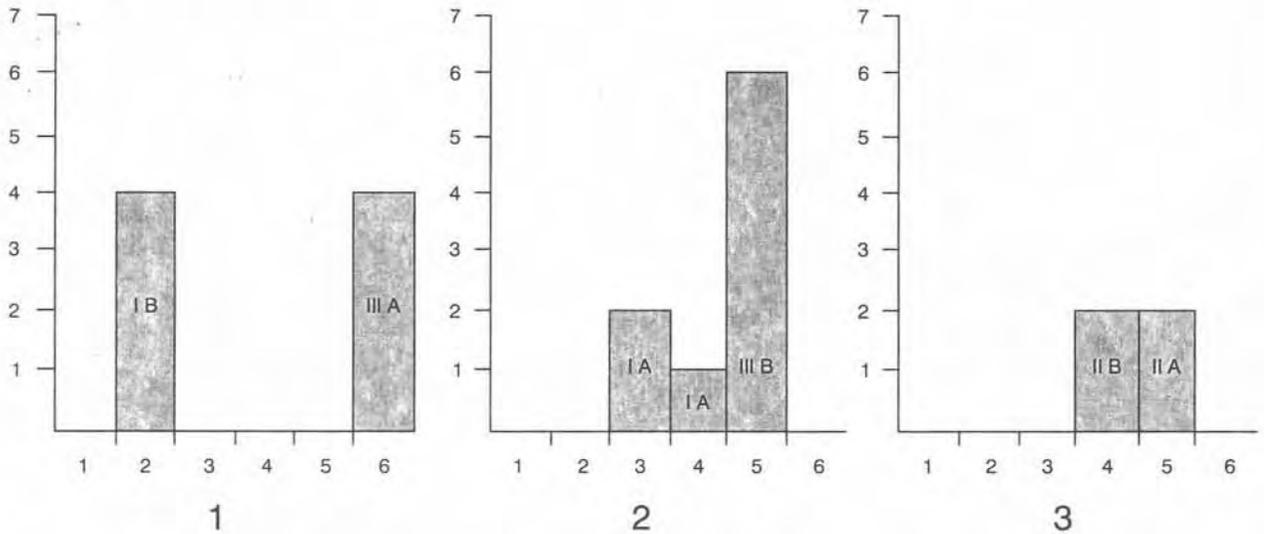
Trabajo A:

Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					1	2	3		
6	8	0	8	0	4			4	4/1/6
5	8	4	12	8			3	1	3/3/5
4	8	1	9	8		1		0	1/2/4
3	8	0	8	0		2		6	2/2/3

Trabajo B:

Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					1	2	3		
5	8	0	8	0		5		3	5/2/5
4	8	3	11	8			3	0	3/3/4
3	8	0	8	8					
3	8	0	8	0	4			4	4/1/2

Así, las gráficas quedan:



Problema 14.3

Se proporciona la siguiente información para cuatro trabajos y tres centros de trabajo:

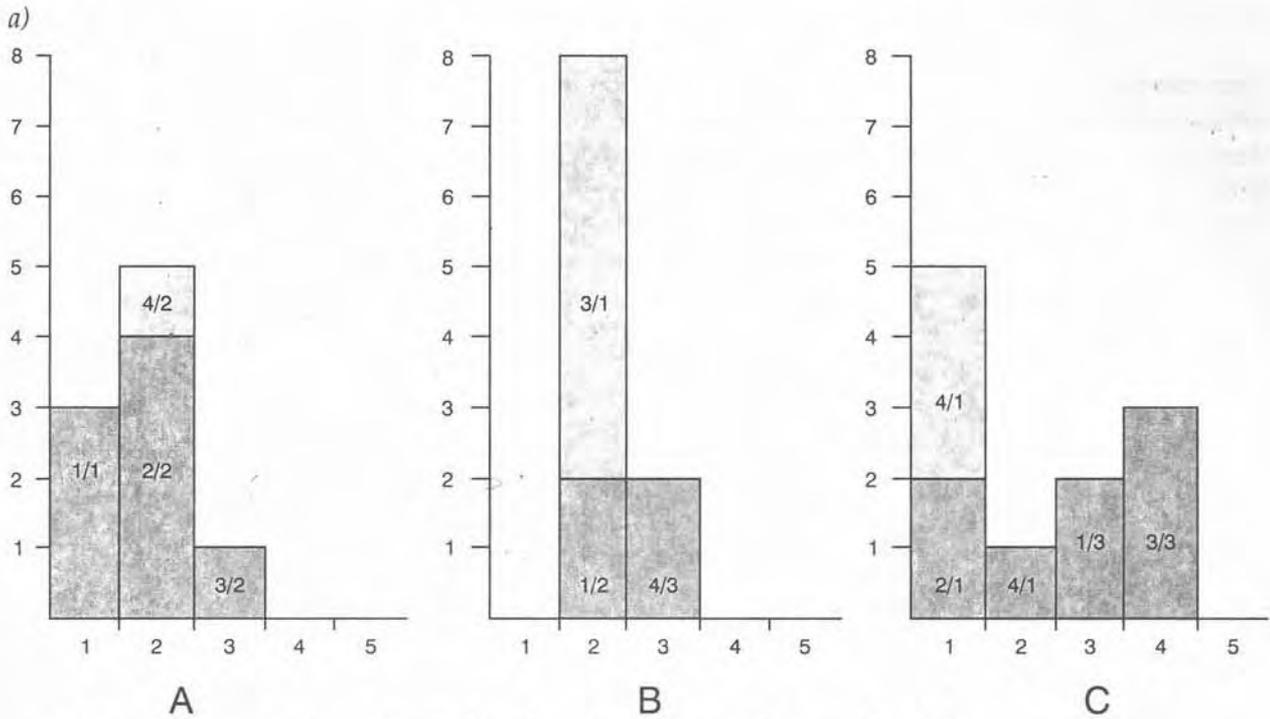
Trabajo	Centro fabril/horas-máq.	Fecha límite (días)
1	A/3, B/2, C/2	3
2	C/2, A/4	2
3	B/6, A/1, C/3	4
4	C/4, A/1, B/2	3

Suponga que se tienen 6 horas de tiempo de movimiento y fila entre centros de trabajo para cada trabajo.

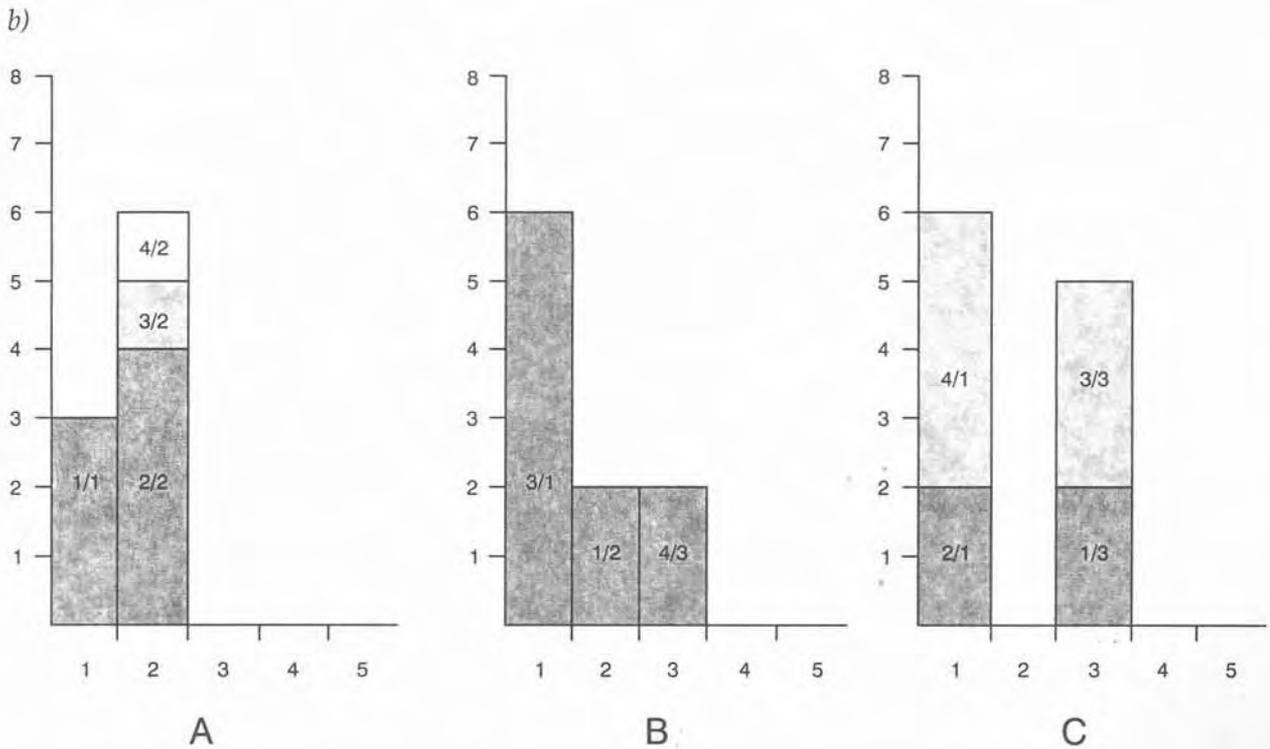
- a) Lleve a cabo una carga hacia atrás de todos los trabajos.
- b) Cargue hacia adelante todos los trabajos.

Solución

En este problema se dan sólo las gráficas de carga de máquinas; haga usted los cuadros de apoyo y vea si llega a los mismos resultados. Se considera que se trabajan 8 horas al día.



Esta carga confirma que las fechas de entrega prometidas son factibles.



Con esta carga se observa que la fecha más temprana de terminación para todos los trabajos es igual a la fecha de entrega prometida, excepto para el trabajo 3, el cual se puede terminar un día antes (el día 3).

Problema 14.4

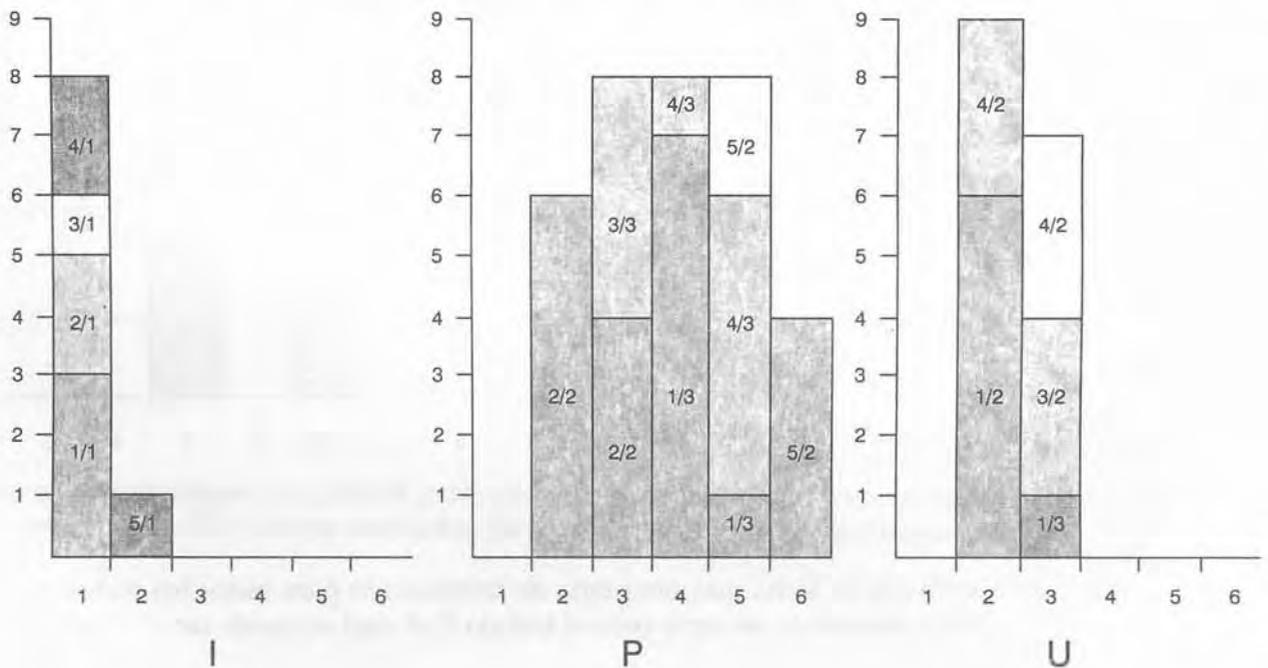
Una compañía de seguros procesa todas las nuevas pólizas de seguros de vida a través de tres departamentos: el correo de llegada (I), aseguramiento (U) y control de pólizas (P). El departamento de correo de llegada recibe las solicitudes y los pagos de los clientes y entonces envía los expedientes al departamento de aseguramientos. Después de verificar las calificaciones de los solicitantes para seguro de vida, el departamento de aseguramiento dirige los expedientes al control de pólizas para emitir la póliza. Por el momento, la compañía tiene cinco nuevas solicitudes de póliza en espera de ser procesadas. El tiempo requerido para el procesamiento en cada departamento se indica abajo.

Póliza	Depto./horas
1	1/3, U/6, P/8
2	I/2, P/10
3	I/1, U/3, P/4
4	I/2, U/8, P/6
5	I/1, P/6

Realice una carga hacia adelante a capacidad infinita para cada póliza. Asuma que existen 8 horas de tiempo movimiento/espera entre departamentos.

Solución

En este problema se presentan sólo las gráficas de carga de máquinas; realice usted las tablas de apoyo y compruebe la solución. Considere que se trabajan 8 horas al día.



Así, la póliza 1 se termina el día 5, la póliza 2 el día 3, la póliza 3 el día 3, la póliza 4 el día 5 y la póliza 5 el día 6.

Problema 14.5

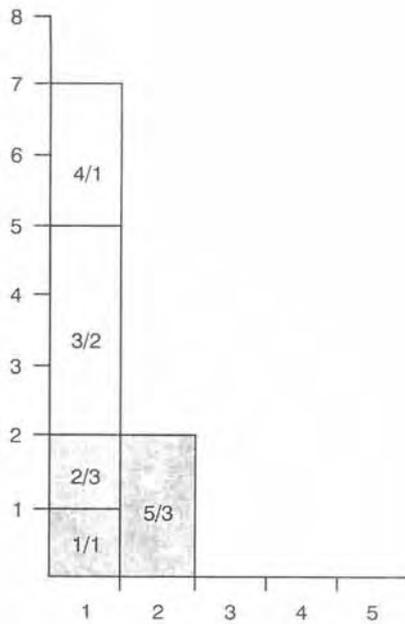
En un hospital se deben programar cinco muestras de sangre en un laboratorio. Cada muestra pasa a través de hasta cuatro diferentes estaciones de prueba. El tiempo para cada prueba y las fechas límite para cada muestra son como sigue:

Muestra	Estación de pruebas/hora	Fecha límite (horas)
1	A/1, B/2, C/3, D/1	3
2	B/2, C/3, A/1, D/4	1
3	C/2, A/3, D/1, C/2	2
4	A/2, D/2, C/3, B/1	3
5	D/2, C/1, A/2, B/4	4

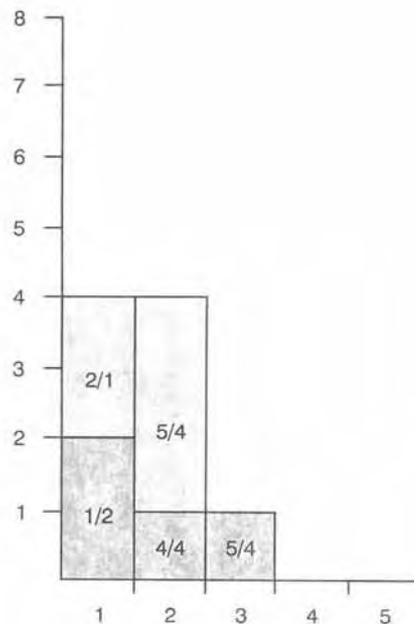
- a) Prepare una carga hacia adelante de estas muestras. Utilice un tiempo movimiento/espera de 1 hora entre estaciones de prueba.
- b) Prepare una carga hacia atrás.

Solución

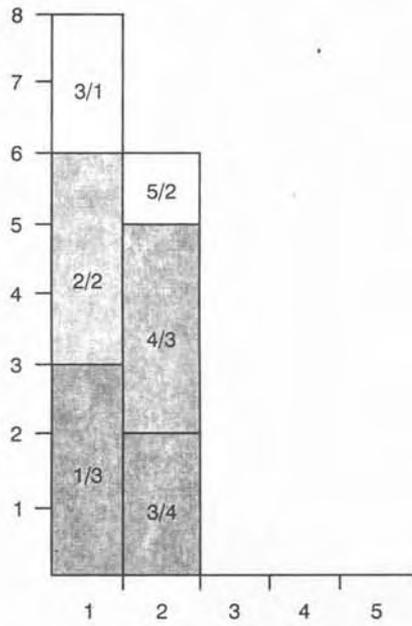
a)



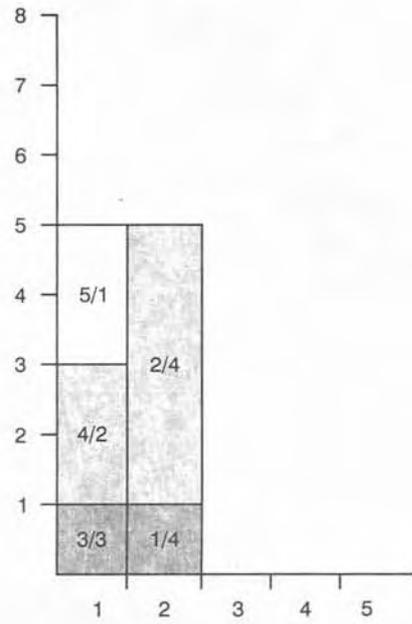
A



B

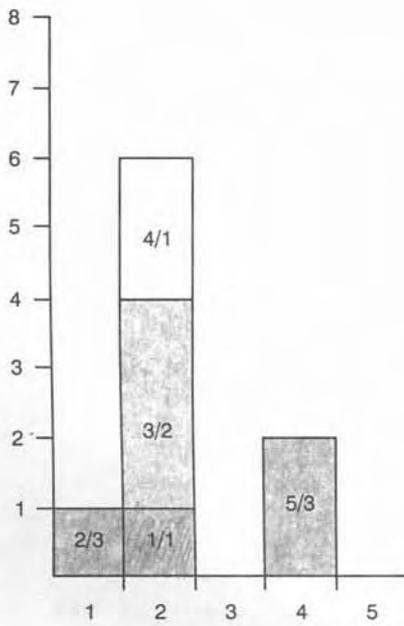


C

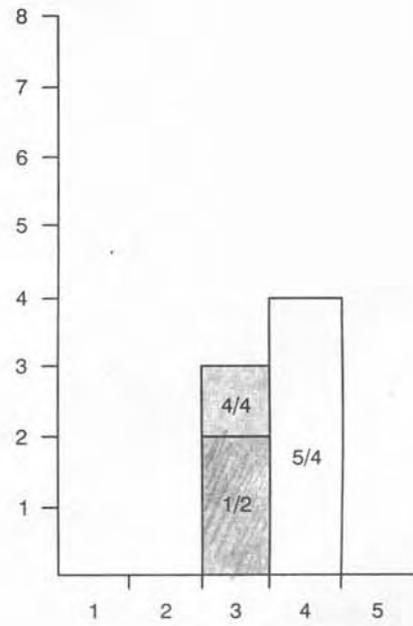


D

b)

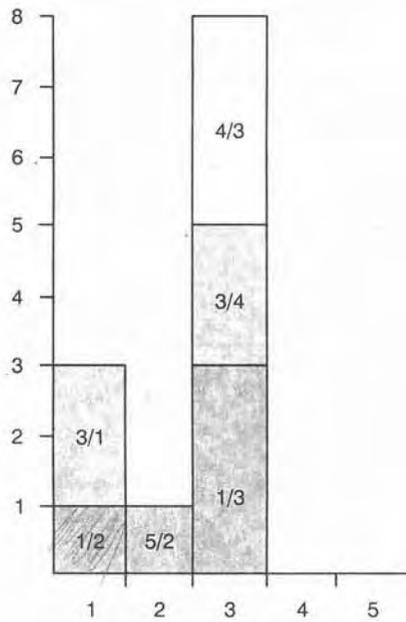


A

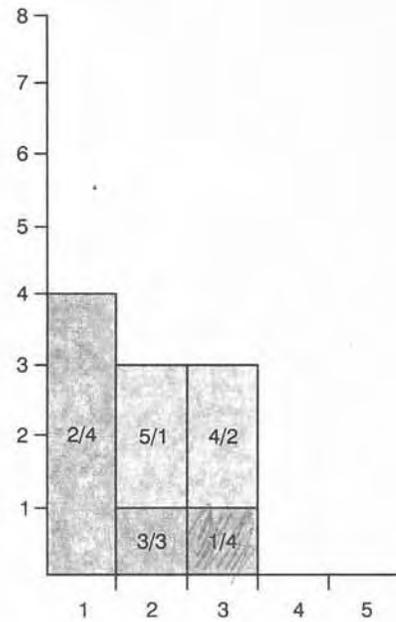


B

Programación de operaciones en un sistema de producción



C



D

Así, se puede observar que las fechas de entrega deseadas no son todas factibles: el trabajo 1 tiene una holgura de 1 día, sin embargo, al trabajo 2 le faltan un total de 5 horas para poder terminarlo, por lo que se debe negociar una fecha de entrega distinta; lo más temprano que se puede terminar es el día 2, como se puede ver en el inciso (a). El trabajo 3 no tiene holgura y los trabajos 4 y 5 tienen una holgura de 1 día.

Problema 14.6

Prepare la carga de máquinas hacia adelante y hacia atrás para los siguientes trabajos. Considere 6 horas de tiempo de desplazamiento y espera promedio. La empresa labora un turno de 8 horas al día.

Trabajo	Máquina/tipo de op. (hrs.)	Fecha de entrega (días)
W	B/6, A/1, C/3	4
X	A/6, B/4, C/2	5
A	C/2, A/4	2
T	C/2, A/1, B/2	2

Solución

Para este problema se presentan los cuadros de apoyo y las gráficas de máquina. Para comprobar si las fechas de entrega son factibles se lleva a cabo la carga hacia atrás.

Trabajo W:

Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
4	8	0	8	-			3	5	3/C/4
3	8	5	13	6	1			6	1/A/3
2	8	6	14	6		6		2	6/B/2

Trabajo X:

Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
5	8	0	8	0			2	6	2/C/5
4	8	6	14	6		4		4	4/B/4
3	8	4	12	6	6			0	6/A/3

Trabajo A:

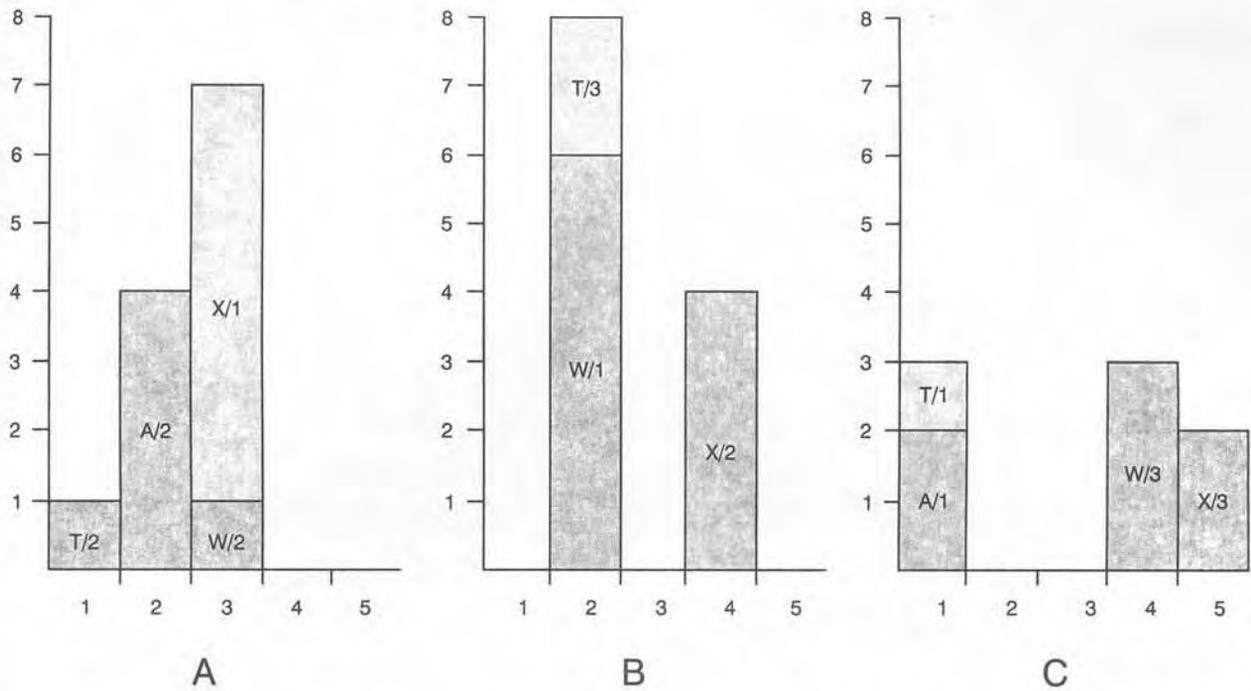
Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
2	8	0	8	0	4			4	4/A/2
1	8	4	12	6			2	4	2/C/1

Trabajo T:

Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
2	8	0	8	0		2		6	2/B/2
1	8	6	14	6	1			7	1/A/1
1	7	0	7	6			1	-1	1/C/1

Las gráficas de carga hacia atrás se presentan en seguida:

Programación de operaciones en un sistema de producción



Como se puede apreciar en las gráficas, todas las fechas de entrega son factibles, excepto la del trabajo T, al cual le falta una hora para poderlo terminar.

Para saber cuáles serían las fechas de entrega más tempranas se puede llevar a cabo la carga de máquinas hacia adelante, así:

Trabajo W:

Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
1	8	0	8	0		6		2	6/B/1
2	8	2	10	6	1			3	1/A/2
3	8	3	11	6			3	2	3/C/3

Trabajo X:

Día	Tiempo hoy	Disponibile ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
1	8	0	8	0	6			2	6/A/1
2	8	2	10	6		4		0	4/B/2
3	8	0	8	6			2	0	2/C/3

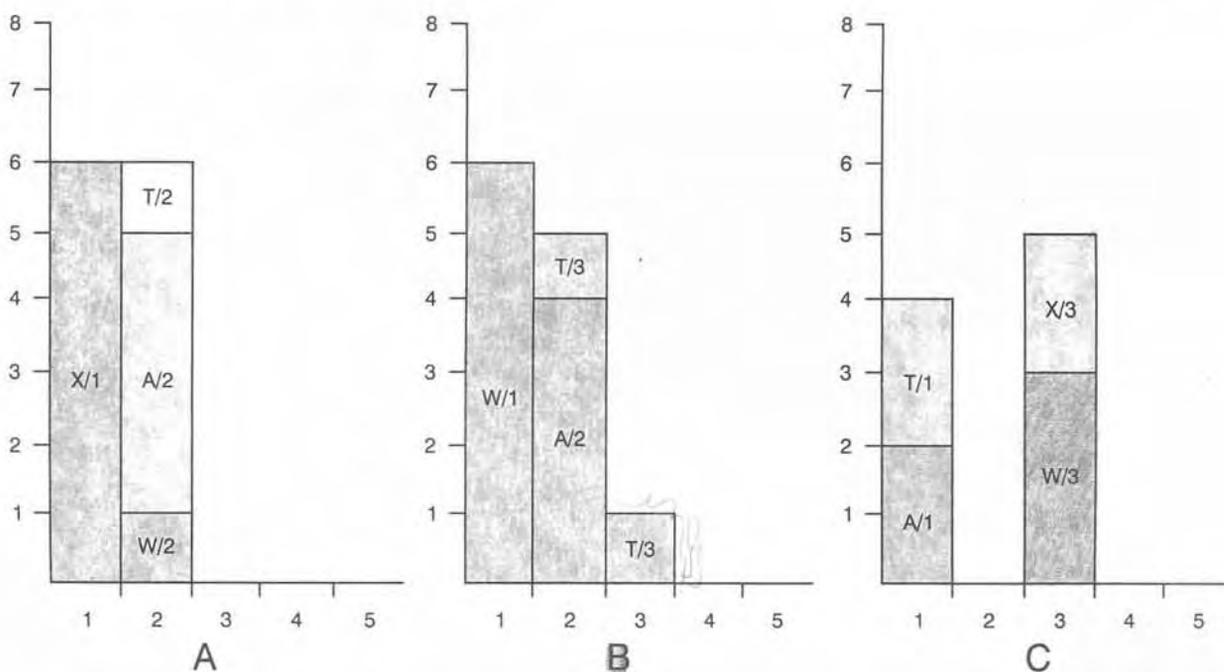
Trabajo A:

Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
1	8	0	8	0			2	6	2/C/1
2	8	6	14	6	4			4	4/A/2

Trabajo T:

Día	Tiempo hoy	Disp. ant.	Total hoy	Tiempo mov.	Tiempo proceso/máquina			Tiempo rest.	Hrs./máq./día
					A	B	C		
1	8	0	8	0			2	6	2/C/1
2	8	6	14	6	1			7	1/A/2
2	7	0	7	6		1		0	1/B/2
3	8	0	8	0		1		7	1/B/3

Las gráficas de carga hacia adelante son:



A partir de estas gráficas vemos que las fechas más tempranas de terminación y las holguras (las cuales se pueden apreciar en las gráficas de la carga hacia atrás) con sus tiempos de entrega, son:

Trabajo	Fecha de entrega	Fecha de entrega prop.	Holgura (días)
W	3	4	1
X	3	5	2
A	2	2	0
T	3	2	-1

15. SECUENCIACIÓN Y REGLAS DE DESPACHO

Problema 15.1

Los siguientes trabajos están esperando su proceso en un centro de maquinado. Los trabajos se registran a medida que van llegando.

FE

Fecha de trabajo	Duración de entrega	Tiempo de proceso (días)
A 1	38	8 → 30
B 2	37	16 → 21
C 3	50	40 → 10
D 4	60	60 - 58 = 2 58 → 2
E 5	39	39 - 3 = 36 3 → 36

D C B A E

¿En qué secuencia deben clasificarse los trabajos de acuerdo con las siguientes reglas de despacho?

- a) FCFS
- b) MINDD
- c) MINPRT
- d) MINSOP

*b) 37
38
39
50
60
38 16 40 58*

donde:

- FCFS: primeras entradas, primeras salidas.
- MINDD: fecha de entrega más próxima.
- MINPRT: tiempo de procesamiento más corto.
- MINSOP: menor holgura.

Solución

El orden de procesamiento sería para cada regla de despacho:

- a) A, B, C, D, E.
- b) B, A, E, C, D.
- c) E, A, B, C, D.
- d) Para este inciso se debe calcular la holgura, así se tiene una holgura de 30, 21, 10, 2, 36 días para A, B, C, D y E respectivamente. El orden de procesamiento es: D, C, B, A, E.

Problema 15.2

Los siguientes trabajos están esperando ser procesados en el mismo centro de maquinado:

Trabajo	Fecha de entrega	Duración (hrs.)
10	260	300
20	258	160
30	260	80
40	270	200
50	275	100

Suponga que todos los trabajos llegan el día 220. ¿En qué secuencia se clasificarán los trabajos de acuerdo con las siguientes reglas de despacho:

- a) FCFS
- b) MINDD
- c) MINPRT
- d) MINSOP

Solución

Considerando que todos los trabajos llegaron el día 220, es necesario ver cuántas horas restan antes de que deban ser entregados; si un día tiene 8 horas, se tiene:

Trabajo	Días antes de la entrega	Horas antes de la entrega	Duración (hrs.)	Holgura
10	40	320	300	20
20	38	304	160	144
30	40	320	80	240
40	50	400	200	200
50	55	440	100	340

Así, la secuencia sería:

- a) 10, 20, 30, 40, 50
- b) 20, 10, 30, 40, 50 o 20, 30, 10, 40, 50
- c) 30, 50, 20, 40, 10
- d) 10, 20, 40, 30, 50.

Problema 15.3

Los siguientes trabajos esperan ser procesados en el mismo centro de maquinado:

Trabajo	Fecha de recepción de la orden	Días de producción necesarios	Fecha de entrega de la orden
A	110	20	180
B	120	30	200
C	122	10	175
D	125	16	230
E	130	18	210

C, A, B, E, D
C, D, E, A, B

¿En qué secuencia se clasificarán los trabajos de acuerdo con las siguientes reglas de despacho? Hoy es el día 130 en el calendario de planeación:

- a) FCFS
- b) MINDD
- c) MINPRT
- d) MINSOP

Solución

- a) Considerando su fecha de llegada, la secuencia es: A, B, C, D, E.
- b) De acuerdo con su fecha de entrega: C, A, B, E, D.
- c) De acuerdo con el tiempo de proceso: C, D, E, A, B.
- d) Para esta regla de despacho se requiere calcular la holgura, así:

Trabajo	Días antes de la entrega	Días de producción	Holgura (días)
A	50	20	30
B	70	30	40
C	45	10	35
D	100	16	84
E	80	18	62

A, C, B, E, D

Así, la secuencia es: A, C, B, E, D.

Problema 15.4

Se proporciona la siguiente información para cuatro trabajos y tres centros de trabajo:

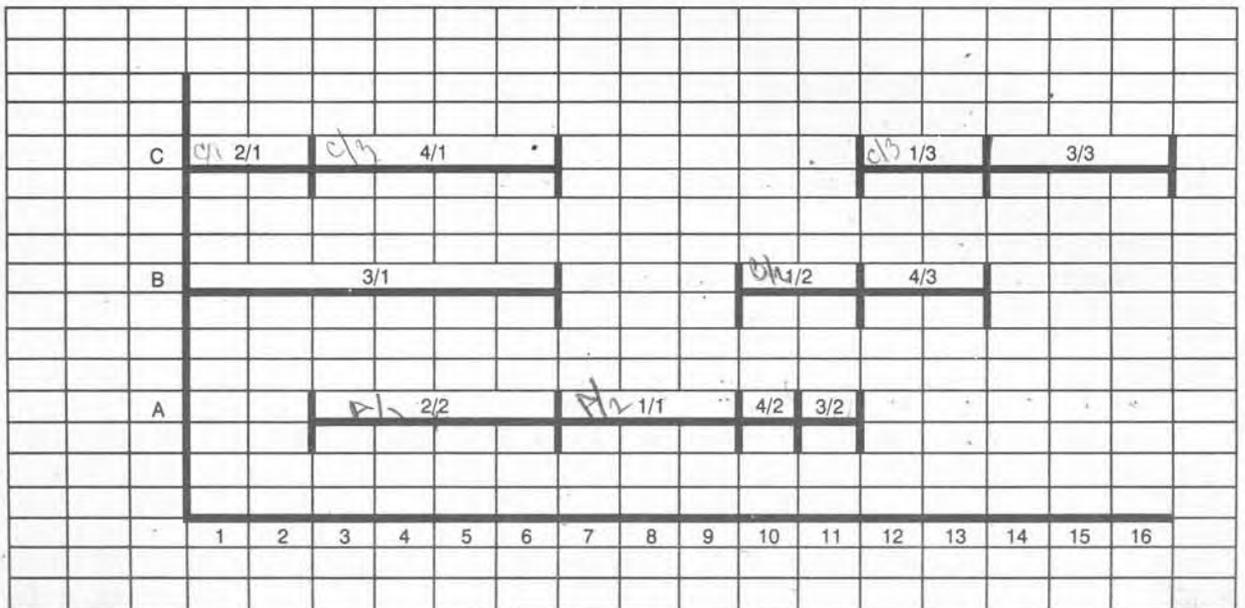
Trabajo	Centro fabril/hrs. máq.	Fecha de entrega (días)	Tiempo de proceso
2	A/3, B/2, C/2	3	7
1	C/2, A/4	2	6
4	B/6, A/1, C/3	4	13
3	C/4, A/1, B/2	3	7

2143

Usando las reglas de despacho de MINPRT y FCFS, lleve a cabo la secuenciación usando la gráfica de Gantt. Evalúe ambos programas tomando en cuenta los tiempos ociosos de máquinas y de trabajos.

Solución

Para la regla de despacho MINPRT la secuencia es: 2, 1, 4, 3 o 2, 4, 1, 3. Se escogerá 2, 1, 4, 3; la secuenciación con esta regla de despacho es:



$3+1=2$ $4+2=6$

Los resultados obtenidos son:

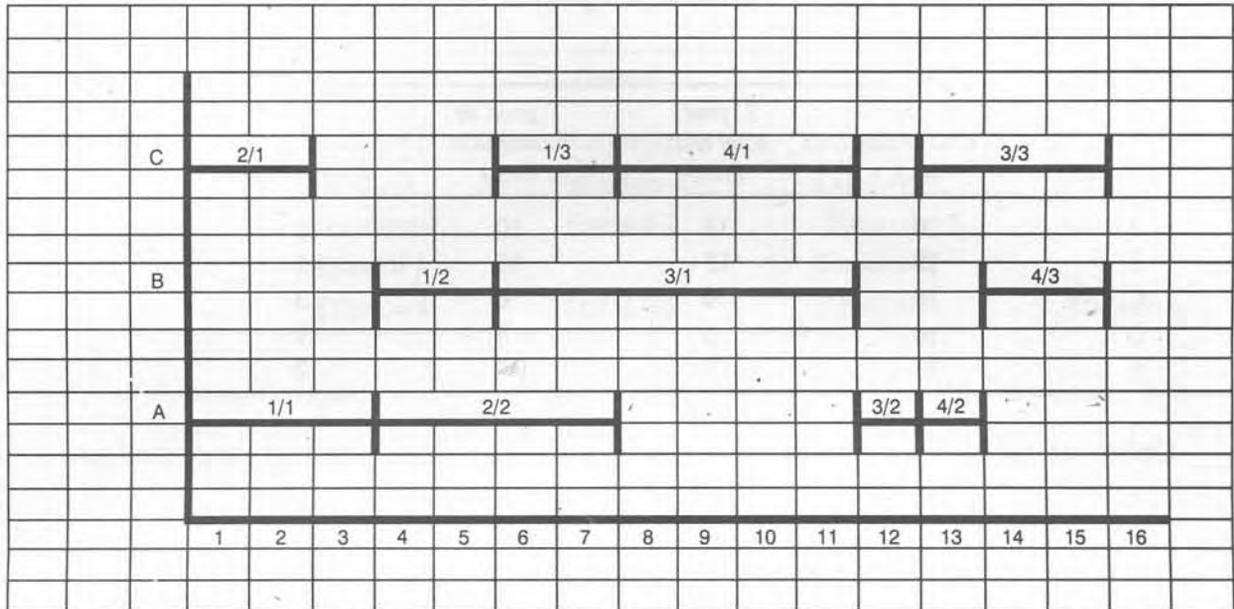
Trabajo	Fecha de entrega (hrs.)	Fecha de entrega prometida (hrs.)	Tiempo ocioso (hrs.)
2	6	16	0
1	13	24	2
4	13	24	$2+3+1=6$
3	16	32	$5+2=7$
			TOTAL = 13

Programación de operaciones en un sistema de producción

e l A

Todos los trabajos se entregan a tiempo. El tiempo ocioso de máquinas es: $A = 5$, $B = 6$, $C = 7$; en total suman 18.

Para la regla de despacho de FCFS la secuencia es: 1, 2, 3, 4; así:



Los resultados son:

Trabajo	Fecha de entrega (hrs.)	Fecha de entrega prometida (hrs.)	Tiempo ocioso (hrs.)
1	7	24	0
2	7	16	1
3	15	32	5
4	15	24	7 + 1 = 8
			TOTAL = 14

Todos los trabajos se entregan a tiempo. El tiempo ocioso de máquinas es: $A = 6$, $B = 5$, $C = 4$; en total suman 15.

La decisión sobre cuál elegir dependería de qué criterio es más importante en el momento de la evaluación, ya que el primer programa tiene un menor tiempo ocioso de los trabajos, pero un mayor tiempo ocioso de máquinas.

Problema 15.5

Una auxiliar administrativa está considerando varias reglas de despacho relacionadas con el fotocopiado de documentos. Se proporciona la siguiente información acerca de los trabajos que están en espera de ser fotocopiados:

Documento	Fecha límite (hrs.)	T. proc. total rest. (hrs.)	T. proc. de fotocopiado (hrs.)	Núm. rest. de operaciones	Orden de llegada
A	20	14	10	2	4
B	19	15	15	1	3
C	16	9	6	3	2
D	10	5	5	1	1
E	18	11	7	2	5

Utilice las siguientes reglas de despacho para determinar el orden de procesamiento de la actividad de fotocopiado.

- a) MINPRT
- b) MINSOP
- c) FCFS
- d) MINDD
- e) CR

Solución

El orden de procesamiento es:

a) Aquí se considera el tiempo de horas de fotocopiado, ya que es la operación que se está secuenciando. El orden es: D, C, E, A, B.

b) Aquí se debe calcular la holgura, la cual se obtiene con las horas hasta la fecha límite menos el tiempo del procesamiento total; así, las holguras son: 6, 4, 7, 5, 7. El orden es entonces: B, D, A, C, E o B, D, A, E, C.

c) Según el orden de llegada el orden es: D, C, B, A, E.

d) Según su fecha de entrega: D, C, E, B, A.

e) La regla de despacho CR (Relación crítica), se calcula como el tiempo que resta hasta la fecha de entrega, dividido entre el tiempo de proceso restante, así:

Doc.	CR
A	1.42
B	1.27
C	1.78
D	2.00
E	1.64

Así, el orden es: B, A, E, C, D.

Problema 15.6

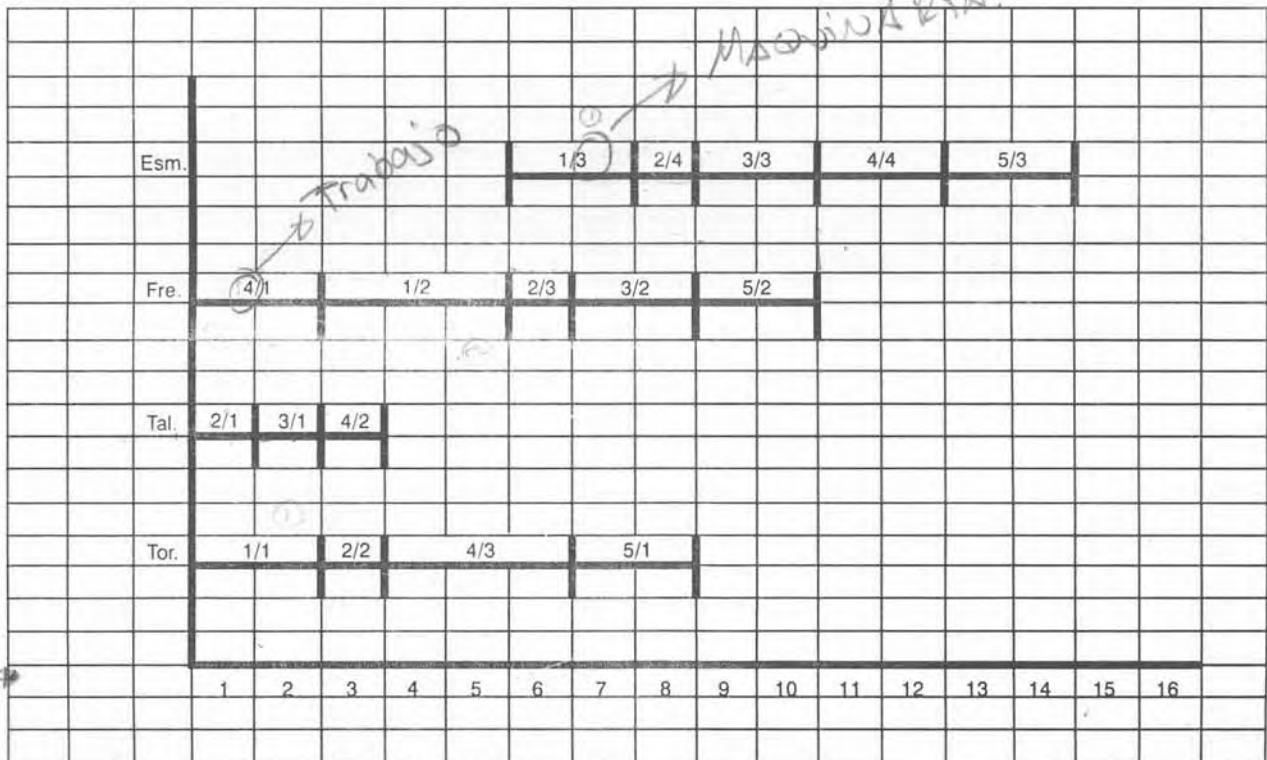
En una empresa que se dedica al maquinado se tiene el siguiente conjunto de trabajos que deben ser procesados.

Trabajo 1	Trabajo 2	Trabajo 3	Trabajo 4	Trabajo 5
1 Torno-2	2 Taladro-1	Taladro-1	Fresadora-2	Torno-2
2 Fresadora-3	Torno-1	Fresadora-2	Taladro-1	Fresadora-2
3 Esmeril-2	Fresadora-1	Esmeril-2	Torno-3	Esmeril-2
	Esmeril-1		Esmeril-2	
TOTAL = 7	TOTAL = 4	TOTAL = 5	TOTAL = 8	TOTAL = 6

Los tiempos totales que puede trabajar cada máquina son: torno = 8 horas, fresadora = 10 horas, taladro = 3 horas, esmeriladora = 9 horas. Haga un programa de trabajo usando las reglas de despacho FCFS y MINPRT y diga cuál elegiría para obtener menor tiempo en cola.

Solución

Para la regla de FCFS el orden es: 1, 2, 3, 4, 5; así:



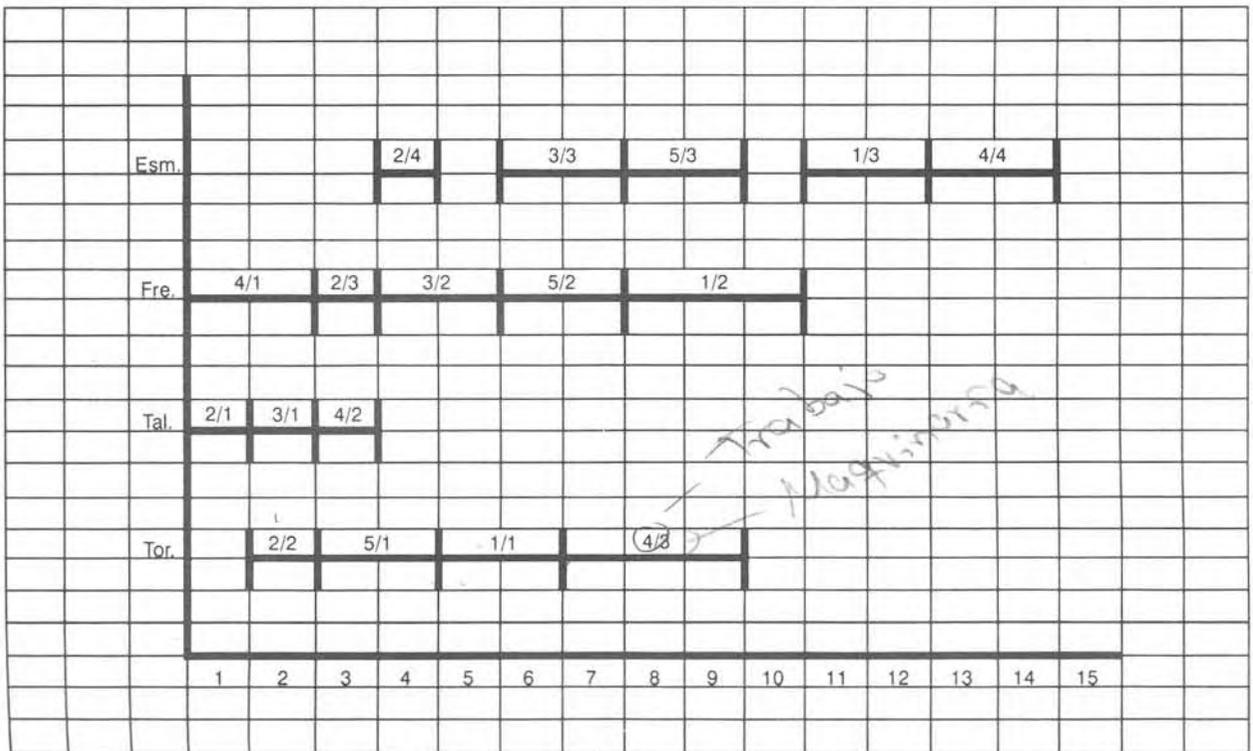
Problemario de planeación y control de la producción

Los resultados son:

Trabajo	Fecha de entrega	Tiempo en cola
1	7	0
2	8	$1 + 2 + 1 = 4$
3	10	$1 + 4 = 5$
4	12	4
5	14	$6 + 2 = 8$
		TOTAL = 21

Para la regla MINPRT el orden es: 2, 3, 5, 1, 4; así:

Los resultados son:



Trabajo	Fecha de entrega	Tiempo en cola
2	4	0
3	7	$1 + 1 = 2$
5	9	$2 + 1 = 3$
1	12	$4 + 1 = 5$
4	14	$3 + 3 = 6$
		TOTAL = 16

Programación de operaciones en un sistema de producción

De esta manera, la regla de despacho de MINPRT resulta la más adecuada en estos trabajos, para obtener menor tiempo en cola.

Problema 15.7

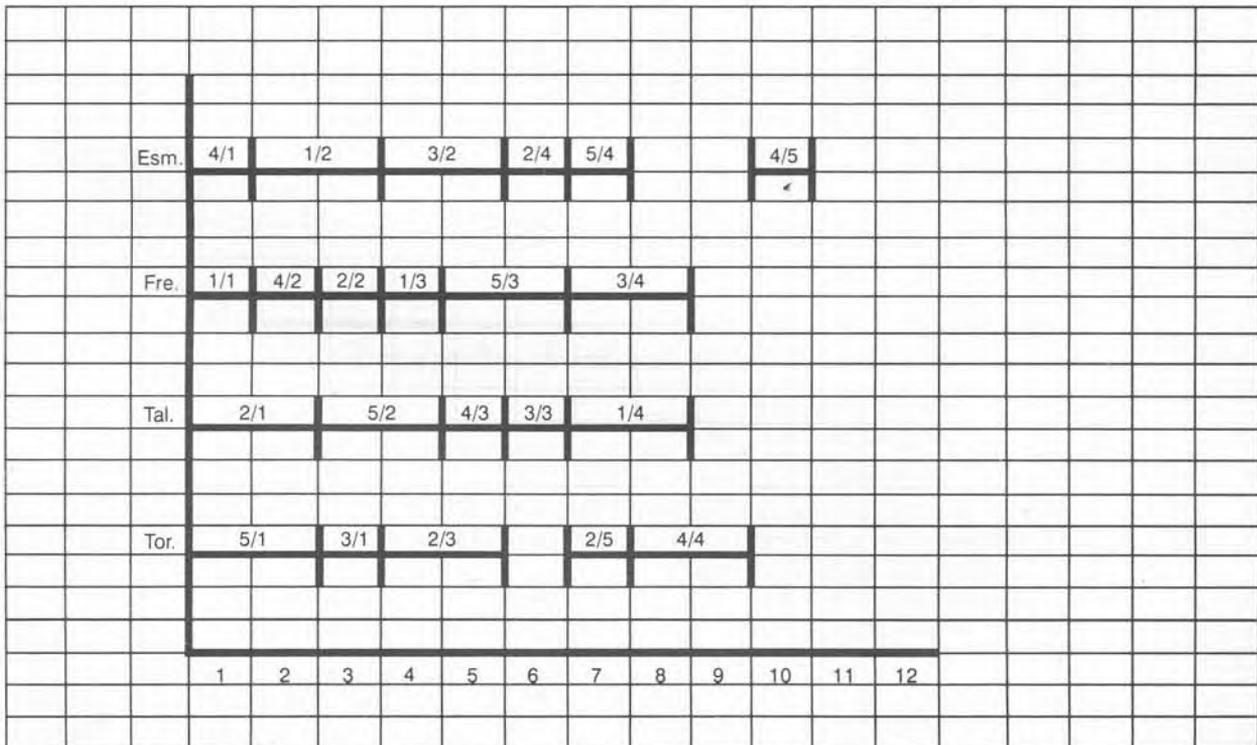
Usando gráficas de Gantt, secuencie los trabajos que se presentan a continuación. Considere que el día de hoy es 11/24.

Trabajo	1	2	3	4	5
F. entrega	11/30	11/27	11/28	11/29	11/26
	Fres.-1	Tal.-2	Tor.-1	Esm.-1	Tor.-2
	Esm.-2	Fres.-1	Esm.-2	Fres.-1	Tal.-2
	Fres.-1	Tor.-2	Tal.-1	Tal.-1	Fres.-2
	Tal.-2	Esm.-1	Fres.-2	Tor.-2	Esm.-1
		Tor.-1		Esm.-1	
TOTAL (hrs.)	6	7	6	6	7

Use las reglas de despacho de MINDD, MINSOP y FCFS. Evalúe los programas para la utilización de la maquinaria.

Solución

Con la regla de MINDD el orden es: 5, 2, 3, 4, 1; así:



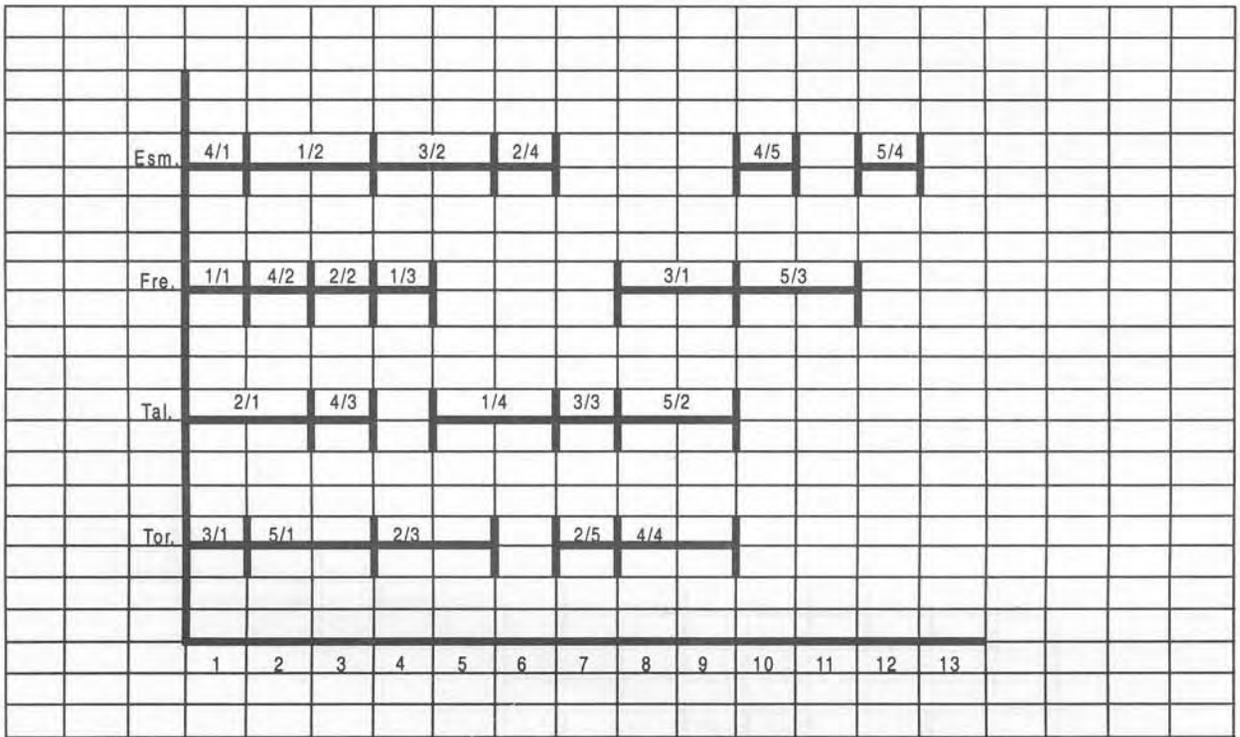
Problemario de planeación y control de la producción

Los resultados son:

Trabajos	Hora en que termina	Máquina	Tiempo ocioso
5	7	Esmeril	2
2	7	Fresadora	2
3	8	Taladro	2
4	10	Torno	2
1	8		TOTAL = 8

Con la regla de MINSOP la holgura es de 42, 17, 26, 34 y 9 horas para los trabajos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente; así, el orden es: 5, 2, 3, 4, 1. Ya que este orden es idéntico al obtenido con la regla de MINDD, sería redundante hacer el programa para esta carga de trabajo; ambas reglas de despacho son indistintas.

Con la regla de FCFS el orden es: 1, 2, 3, 4, 5; así:



Los resultados son:

Trabajos	Hora en que termina	Máquina	Tiempo ocioso
1	6	Esmeril	4
2	7	Fresadora	4
3	9	Taladro	4
4	10	Torno	4
5	12		TOTAL = 16

Así, para obtener el menor tiempo ocioso se elige la regla de MINSOP O MINDD.

Problema 15.8

Se requiere la secuenciación de la siguiente carga de trabajo:

Trabajo	Máquina/tiempo (días)	Entrega (días)
Y	A/3, C/2	10
W	A/5, C/8, B/3	16
P	C/4, B/6, A/7	15
X	B/1, A/2, C/3	7

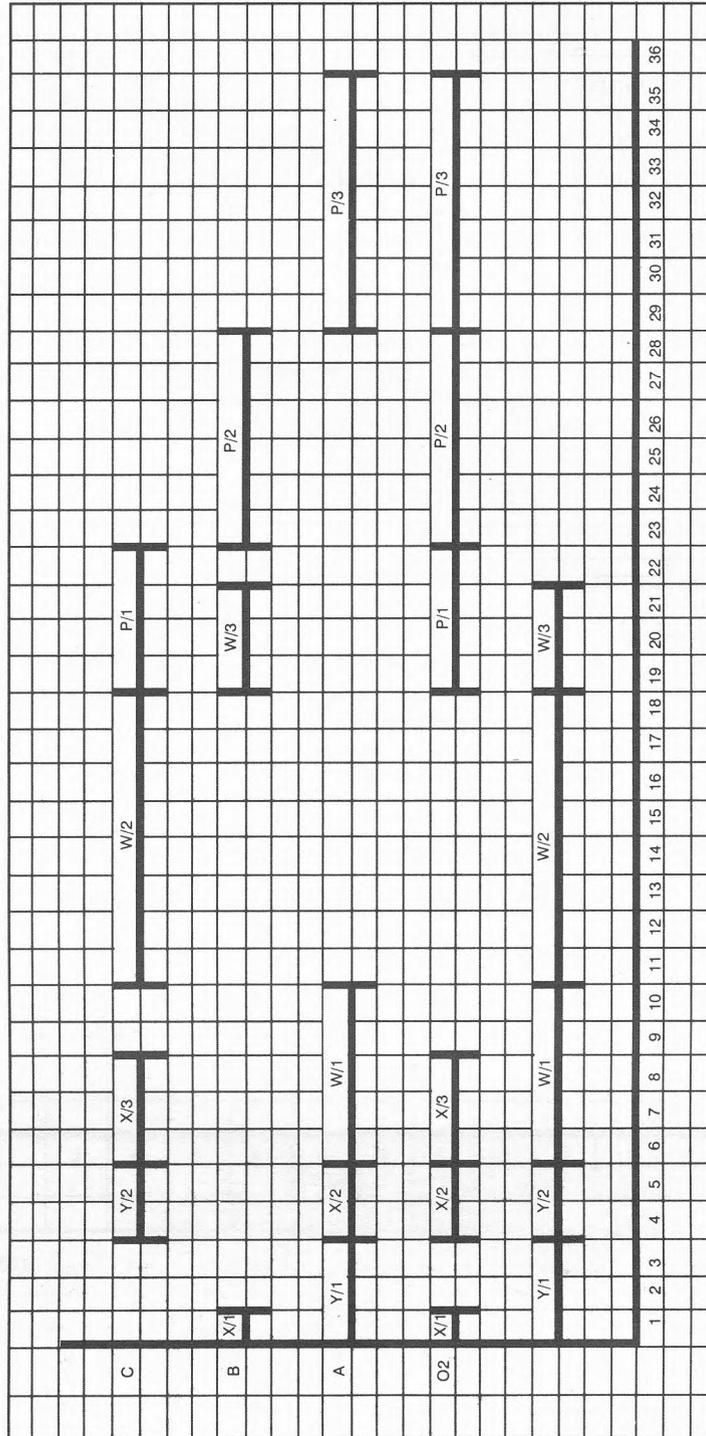
Máquina	Costo/tiempo ocioso (\$/día)
A	500
B	800
C	1 000

Si una orden se termina antes de la fecha de entrega no se incurre en ningún costo, mientras que el costo por el retraso en la entrega es de \$ 2 000/día. Se tienen sólo dos operarios, los cuales pueden manejar cualquiera de las tres máquinas.

Usando las reglas de despacho MINPRT y MINDD, haga el programa de producción. Elija la que sea más económica.

Solución

Con la regla de MINPRT el orden es: Y, X, W, P; así:
Para la evaluación de este programa se tiene:



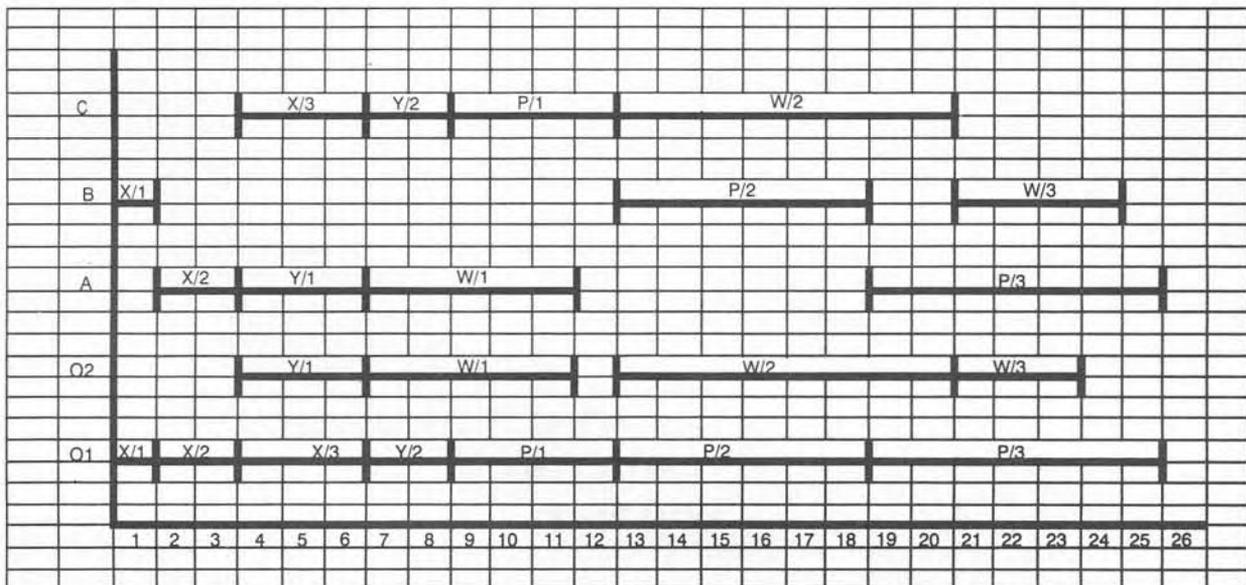
Programación de operaciones en un sistema de producción

Trabajo	Fecha de entrega	Fecha de entrega deseada	Días tarde	Costo (\$)
Y	5	10	0	0
X	8	7	1	2 000
W	21	16	5	10 000
P	35	15	20	40 000
				TOTAL = 52 000

Máquina	Tiempo ocioso	Costo (\$)
A	18	9 000
B	25	20 000
C	18	18 000
		TOTAL = 47 000

El costo total sería de \$ 99 000.00.

Con la regla de MINDD, el orden es: X, Y, P, W; así:



Problemario de planeación y control de la producción

Para la evaluación de este programa se tiene:

<i>Trabajo</i>	<i>Fecha de entrega</i>	<i>Fecha de entrega deseada</i>	<i>Días tarde</i>	<i>Costo (\$)</i>
X	6	7	0	0
Y	8	10	0	0
P	25	15	10	20 000
W	23	16	8	14 000
				<i>TOTAL = 34 000</i>

<i>Máquina</i>	<i>Tiempo ocioso</i>	<i>Costo (\$)</i>
A	8	4 000
B	14	12 000
C	8	8 000
		<i>TOTAL = 24 000</i>

El costo total sería de \$ 58 000.00.

Así, se elige el programa con la regla de despacho de MINDD, ya que resulta más económica para los criterios elegidos.

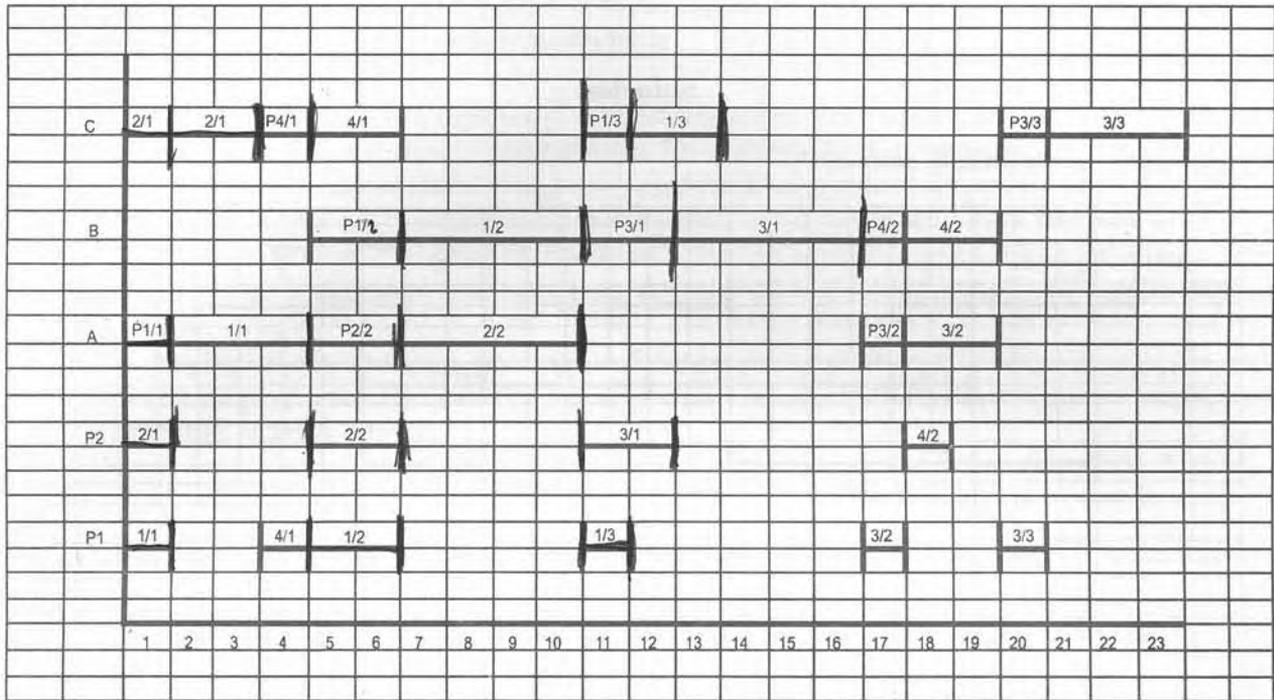
Problema 15.9

Secuencie la siguiente carga de trabajo con la regla FCFS; considere que sólo hay dos personas que pueden preparar cualquier máquina. Evalúe el programa resultante para el tiempo ocioso de las máquinas y de las personas, el tiempo en cola de los trabajos y los retrasos en entregas.

<i>Trabajo</i>	<i>Máq./tiempo prep./ tiempo op. (hrs.)</i>	<i>Fecha de entrega (hrs.)</i>
1	A/1/3, B/2/4, C/1/2	17
2	C/1/2, A/2/4	12
3	B/2/4, A/1/2, C/1/3	20
4	C/1/2, B/1/2	10

Solución

Con la regla FCFS el orden es: 1, 2, 3, 4; así:



Los resultados son:

Trabajo	Fecha de entrega	Fecha de entrega deseada	Tiempo de cola
1	13	17	0
2	10	12	1
3	23	20	10
4	19	10	3 + 10 = 13

Máq./persona	Tiempo ocioso	Máq./persona	Tiempo ocioso
A	10	P1	16
B	8	P2	17
C	10		

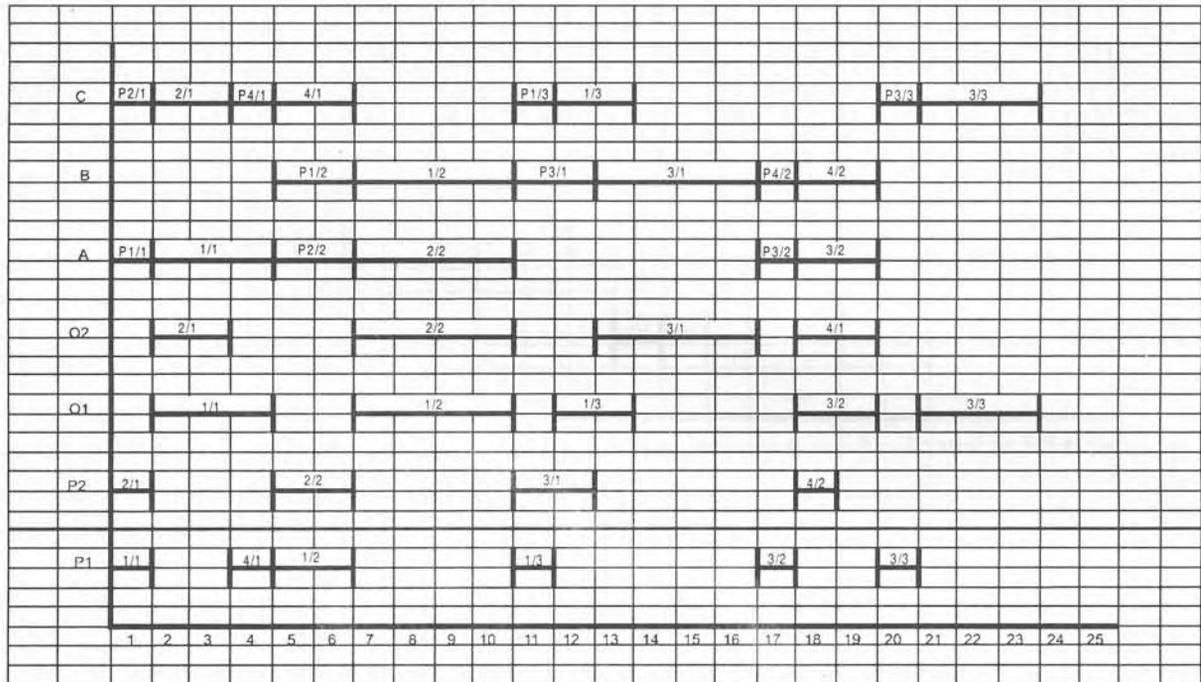
Horas tarde	12 hrs.
Tiempo en cola	24 hrs.
Tiempo ocioso maquinaria	28 hrs.
Tiempo ocioso personal	33 hrs.
Núm. de órdenes entregadas tarde	2

Problema 15.10

Para la carga de trabajo del problema 15.9 realice la secuenciación, pero ahora considere que sólo hay dos operarios. Utilice la misma regla de despacho y los mismos criterios de evaluación.

Solución

La gráfica de Gantt en este caso es:



Los resultados son:

Trabajo	Fecha de entrega	Fecha de entrega deseada	Tiempo de cola
1	13	17	0
2	10	12	1
3	23	20	10
4	19	10	3 + 10 = 13

Máq./persona	Tiempo ocioso	Máq./persona	Tiempo ocioso
A	10	02	11
B	8	P1	16
C	10	P2	17
01	9		

Programación de operaciones en un sistema de producción

Horas tarde	12 hrs.
Tiempo en cola	24 hrs.
Tiempo ocioso maquinaria	28 hrs.
Tiempo ocioso personal	53 hrs.
Núm. de órdenes entregadas tarde	2

Al ver el resultado de este problema y compararlo con el del problema 15.9, se aprecia que se puede reducir un operario sin alterar los resultados. En apariencia este programa tiene mayor tiempo ocioso de personal, pero en realidad el tiempo ocioso de todo el personal del problema 15.9 es mayor, ya que está implícito que hay un operario por máquina; así, si se contaran esos tiempos, el tiempo ocioso total del problema 15.9 para el personal sería de 61 horas para tres operarios y dos preparadoras, contra 53 horas en este caso, para dos operarios y dos preparadoras, lo que implica un costo menor.

Estos resultados, sin embargo, no serían suficientes para tomar una decisión. Haría falta usar otras reglas de despacho con las cuales tal vez se podrían reducir los tiempos ociosos y en cola, y tal vez entregar más órdenes a tiempo.

CAPÍTULO V

PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN SERIE

16. BALANCEO DE LÍNEAS

Problema 16.1

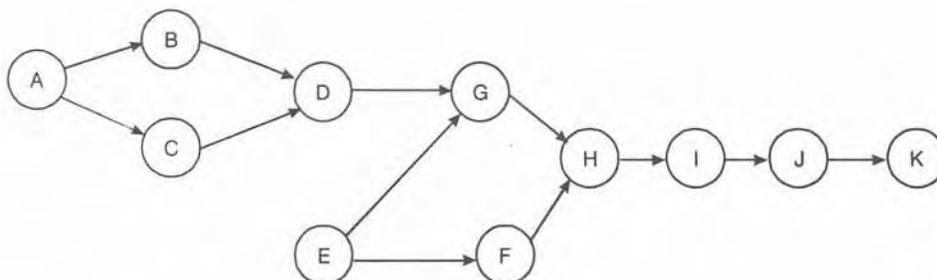
UNA EMPRESA QUE FABRICA TOCACINTAS tiene la siguiente lista que enumera las actividades básicas que se realizan a lo largo de la línea de ensamble.

<i>Actividad</i>	<i>Actividades anteriores</i>	<i>Tiempo de operación (MINT)</i>
A	-	2
B	A	3
C	A	4
D	B, C	6
E	-	8
F	E	8
G	D, E	6
H	F, G	5
I	H	5
J	I	4
K	J	2

Construya el diagrama de precedencia para estos datos.

Solución

La red de precedencia se presenta a continuación:

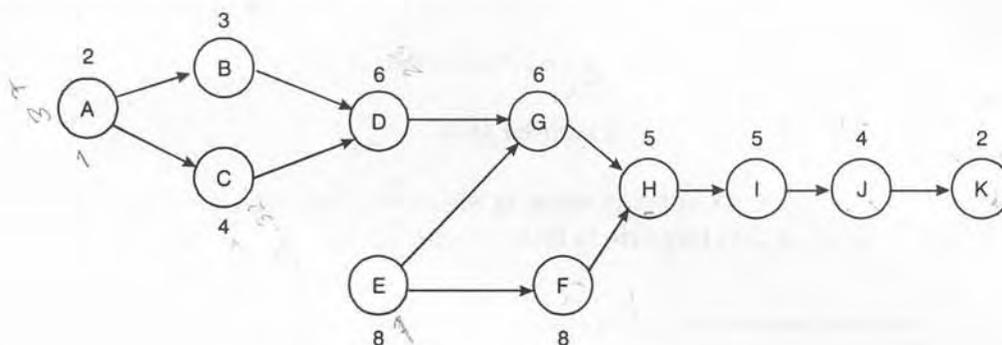


Problema 16.2

Para la red de precedencia del problema 16.1, balancee la línea con el método de pesos posicionales, para un tiempo de ciclo de 15.

Solución

A partir de la red se calculan los pesos posicionales:



Actividad	Peso posicional	Peso posicional ordenado	Actividad	Duración
K	2	38	E	8
J	6	37	A	2
I	11	32	C	4
H	16	31	B	3
F	24	28	D	6
G	22	24	F	8
E	38	22	G	6
D	28	16	H	5
C	32	11	I	5
B	31	6	J	4
A	37	2	K	2

Estación	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	E	8	8	$(14/15) (100) = 93\%$
	A	2	10	
	C	4	14	
2	B	3	3	$(15/15) (100) = 100\%$
	D	6	9	
	G	6	15	
3	F	8	8	$(13/15) (100) = 86\%$
	H	5	13	
4	I	5	5	$(11/15) (100) = 73\%$
	J	4	9	
	K	2	11	

Eficiencia de la línea = $(53 / (15 \times 4)) (100) = 88$ por ciento.

Problema 16.3

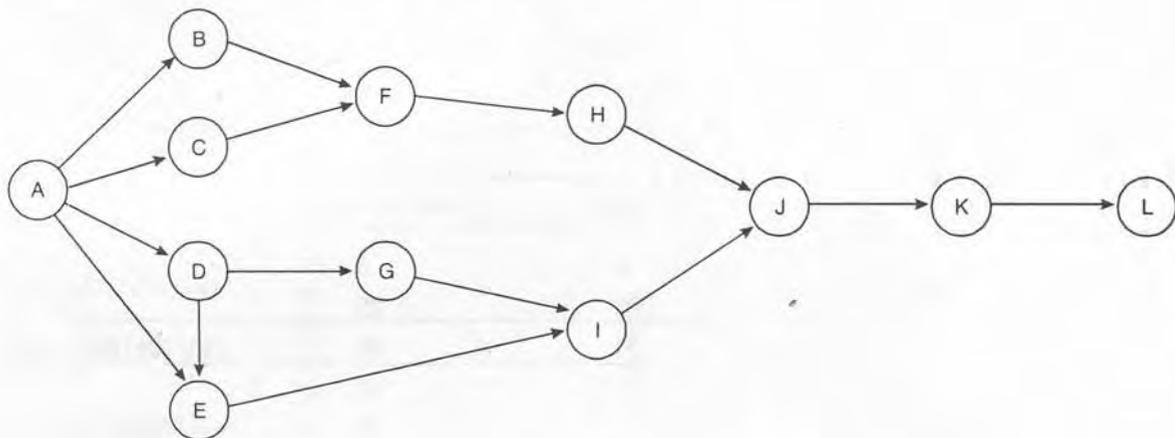
Una compañía fabrica accesorios para iluminación. Los subensambles se fabrican y se empaican en cajas de cartón. En el cuadro siguiente se proporcionan las operaciones y su secuencia.

Actividad	Actividades anteriores	Actividad	Actividades inmediatas anteriores
A	-	G	D
B	A	H	F
C	A	I	E, G
D	A	J	H, I
E	A, D	K	J
F	B, C	L	K

Dibuje el diagrama de precedencia para el ensamble.

Solución

La red de precedencia para esta lista de actividades es:

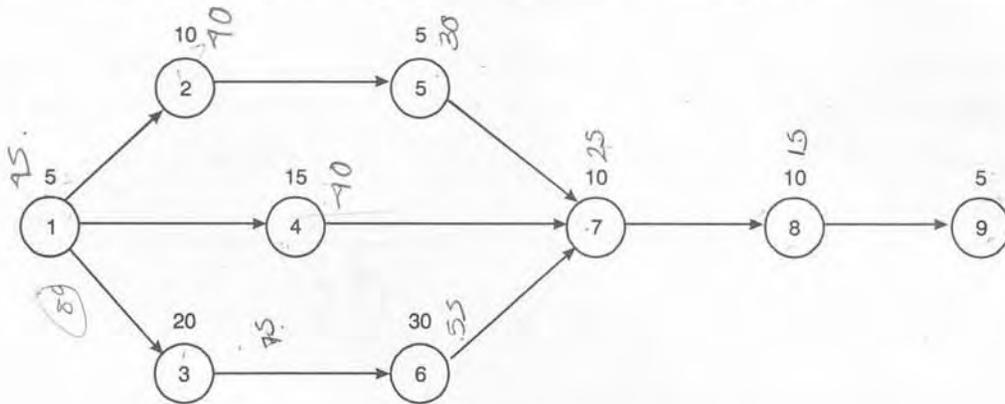


Problema 16.4

En la siguiente figura se muestran las actividades necesarias y sus duraciones en segundos que se requieren para ensamblar el producto. Con un tiempo de duración de ciclo de 30 segundos, balancee la línea con el método de pesos posicionales.

Solución

El cálculo de los pesos posicionales a partir de la red da como resultado:



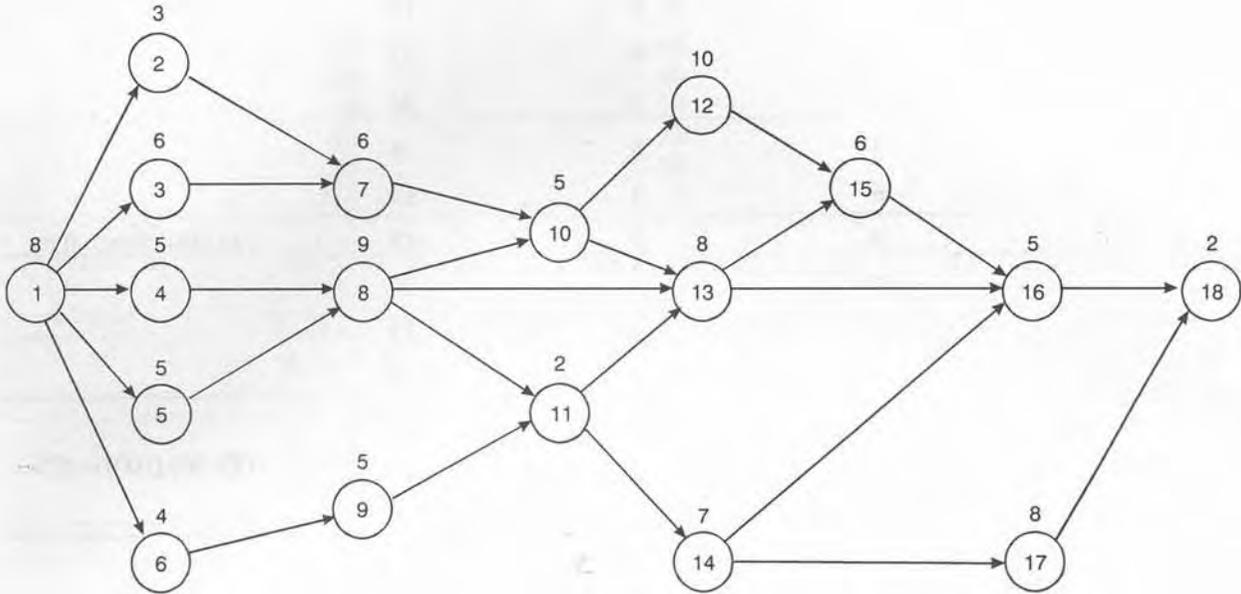
Actividad	Peso posicional	Peso posicional ordenado	Actividad	Duración
9	5	110	1	5
8	15	75	3	20
7	25	55	6	30
5	30	40	2	10
4	40	40	4	15
6	55	30	5	5
2	40	25	7	10
3	75	15	8	10
1	110	5	9	5

Estación	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	1	5	5	$(25/30) (100) = 83\%$
	3	20	25	
2	6	30	30	$(30/30) (100) = 100\%$
	2	10	10	
	4	15	25	
3	5	5	30	$(30/30) (100) = 100\%$
	7	10	10	
	8	10	20	
4	9	5	25	$(25/30) (100) = 83\%$

Eficiencia de la línea = $(110/(4) (30)) (100) = 91.6$ por ciento.

Problema 16.5

Para la siguiente red balancee la línea con el método de pesos posicionales con un tiempo de ciclo de 35.



Solución

Los pesos posicionales son:

Actividad	Peso posicional
18	2
17	10
16	7
15	13
12	23
13	21
14	22
11	38
10	36
8	62
9	43
6	47
5	67
4	67
7	42
3	48
2	45
1	104

Peso posicional ordenado	Actividad	Duración
104	1	8
67	4	5
67	5	5
62	8	9
48	3	6
47	6	4
45	2	3
43	9	5
42	7	6
38	11	2
36	10	5
23	12	10
22	14	7
21	13	8
13	15	6
10	17	8
7	16	5
2	18	2

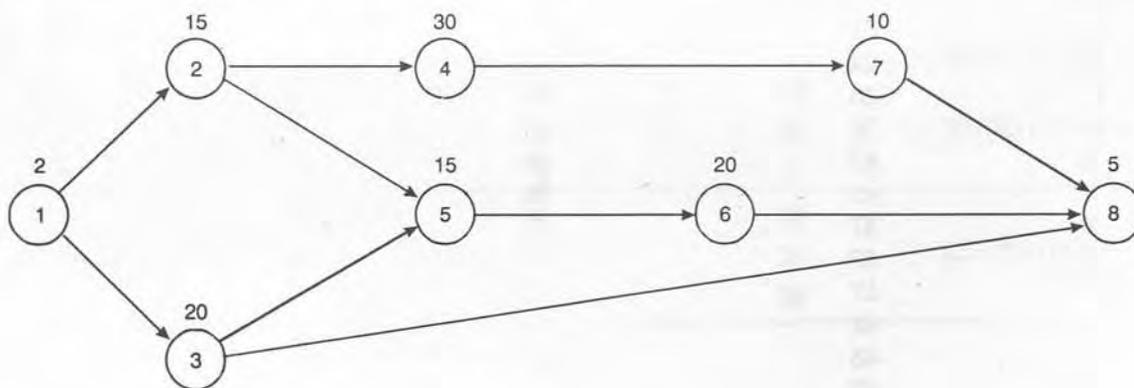
Problemario de planeación y control de la producción

Estación	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	1	8	8	$(30/30) (100) = 100\%$
	4	5	13	
	5	5	18	
	8	9	27	
	2	3	30	
2	3	6	6	$(28/30) (100) = 93\%$
	6	4	10	
	9	5	15	
	7	6	21	
	11	2	23	
	10	5	28	
3	12	10	10	$(25/30) (100) = 83\%$
	14	7	17	
	13	8	25	
4	15	6	6	$(21/30) (100) = 70\%$
	17	8	14	
	16	5	19	
	18	2	21	

Eficiencia de la línea = $(104/(4) (30)) (100) = 86.6$ por ciento.

Problema 16.6

Para un ciclo de 40 segundos, balancee la línea con el método de pesos posicionales. Considere las restricciones de zona que se aprecian en la red:



Solución

Actividad	Peso posicional
8	5
7	15
6	25
3	25
5	40
4	45
2	95
1	117

Peso posicional ordenado	Actividad	Duración y zona
117	1	2-A
95	2	15-A
45	4	30-B
40	5	15-A
25	3	20-B
25	6	20-A
15	7	10-B
5	8	5-A

Estación	Zona	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	A	1	2	2	(17/40) (100) = 43%
		2	15	17	
2	B	4	4	4	(34/40) (100) = 85%
		3	20	24	
		7	10	34	
3	A	5	15	15	(30/40) (100) = 75%
		6	20	25	
		8	5	30	

Eficiencia de la línea = $(117 / (3 \cdot 40)) \cdot 100 = 97.5$ por ciento.

Problema 16.7

Para el ensamble del producto X se requieren la siguientes operaciones:

Operación	Operaciones antecedentes	Tiempo (seg)	Zona de ensamble
A	-	8	1
B	A	10	1
C	A	5	1
D	A	5	2
E	B, C, D	10	1
F	E	12	2
G	E	7	2
H	F, G	11	3
I	H	3	3
J	I	4	3
K	J	10	3
L	J, I	16	4
M	K, L	8	4
N	M	9	3
O	N	10	4

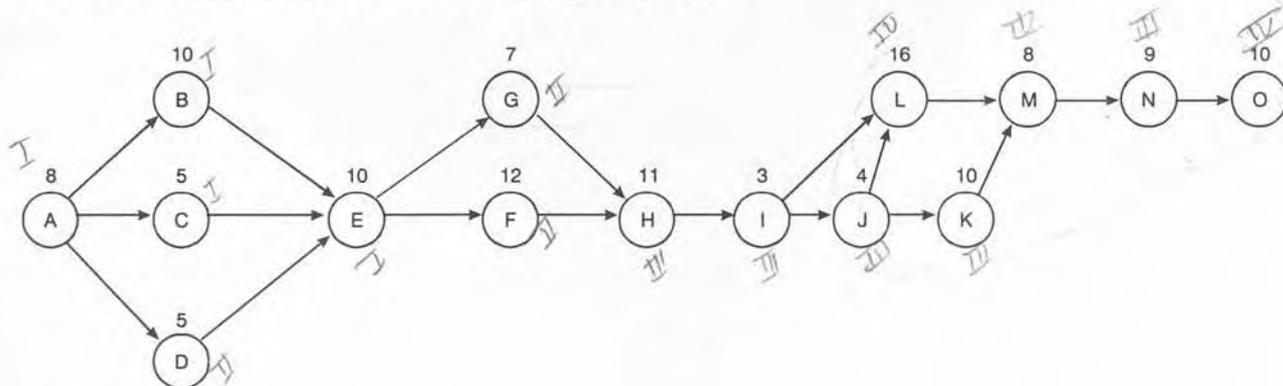
Con los datos anteriores construya la red y diga cuántas estaciones se requerirán y qué elementos constituirán cada estación usando el método de pesos posicionales.

Considere un tiempo de ciclo de 25 segundos. ¿Cuál es el tiempo de ciclo real después de balancear? ¿Cuál es la eficiencia de la línea?

C = 25 seg

Solución

Para los datos anteriores se construye la siguiente red:



A partir de esta red se calcularán los pesos posicionales, y se tiene:

Actividad	Peso posicional
O	10
N	19
M	27
L	43
K	37
J	57
I	60
H	71
G	78
F	83
E	100
D	110
C	105
B	105
A	128

Actividad ordenada	Duración
A	1
B	1
C	1
D	2
E	1
F	2
G	2
H	3
I	3
J	3
K	4
L	3
M	4
N	3
O	4

Programación de operaciones en un sistema de producción

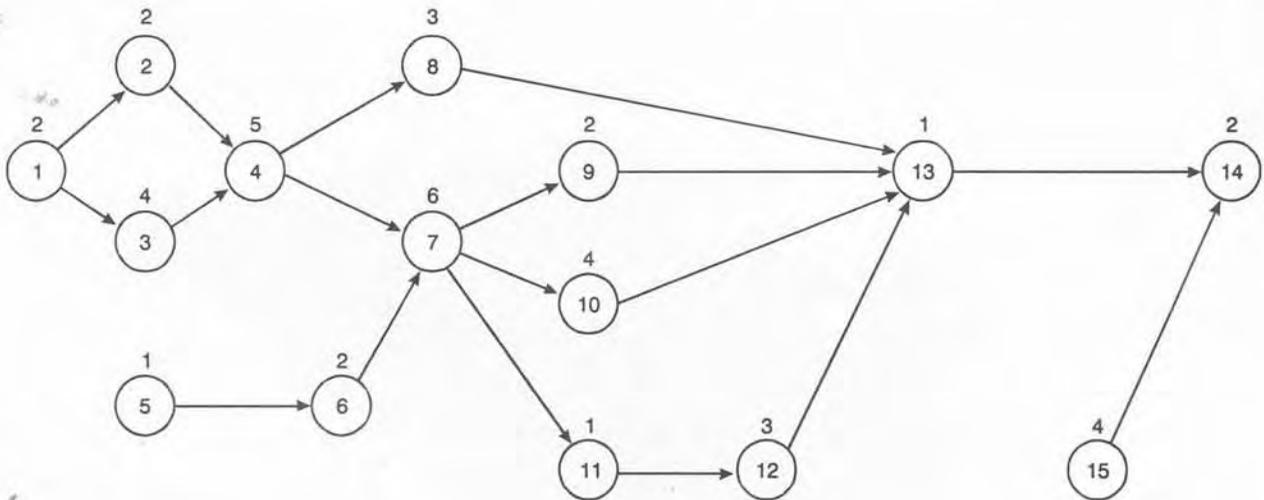
Estación	Zona	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	1	A	8	C8	$(23/25) (100) = 92\%$
		B	10	18	
		C	5	23	
2	2	D	5	C5	$(24/25) (100) = 96\%$
		F	12	17	
		G	7	24	
3	1	E	10	10	$(10/25) (100) = 40\%$
4	3	H	11	11	$(18/25) (100) = 72\%$
		I	3	14	
		J	4	18	
5	4	L	16	16	$(24/25) (100) = 96\%$
		M	8	24	
6	3	K	10	10	$(19/25) (100) = 76\%$
		N	9	19	
7	4	O	10	10	$(10/25) (100) = 40\%$

Tiempo de ciclo real = 24.

Eficiencia de la línea = $(128/(25) (7)) (100) = 73$ por ciento.

Problema 16.8

Para la siguiente red balancee la línea con el método de pesos posicionales con un ciclo de 11 segundos:



Solución

Los pesos posicionales son:

<i>Actividad</i>	<i>Peso posicional</i>	<i>Actividad</i>	<i>Peso posicional</i>
14	2	8	6
15	6	7	19
13	3	6	21
12	6	4	27
11	7	5	22
10	7	3	31
9	5	2	29
		1	35

<i>Peso posicional ordenado</i>	<i>Actividad</i>	<i>Duración</i>	<i>Peso posicional ordenado</i>	<i>Actividad</i>	<i>Duración</i>
35	1	2	7	10	4
31	3	4	6	8	3
29	2	2	6	12	3
27	4	5	6	15	4
22	5	1	5	9	2
21	6	2	3	13	1
19	7	6	2	14	2
7	11	1			

<i>Estación</i>	<i>Actividad</i>	<i>Duración</i>	<i>Tiempo acumulado</i>	<i>Eficiencia</i>
1	1	2	2	100%
	3	4	6	
	2	2	8	
	5	1	9	
	6	2	11	
2	4	5	5	100%
	7	6	11	
3	11	1	1	100%
	10	4	5	
	8	3	8	
	12	3	11	
4	15	4	4	81.8%
	9	2	6	
	13	1	7	
	14	2	9	

Problema 16.9

Ahora, considerando las siguientes restricciones de zona para el problema anterior, balancee la línea con el mismo tiempo de ciclo.

<i>Actividad</i>	<i>Restricción</i>	<i>Actividad</i>	<i>Restricción</i>
1	A	9	C
2	B	10	A
3	A	11	A
4	C	12	C
5	B	13	C
6	B	14	C
7	C	15	B
8	A		

Solución

Al introducir restricciones de zona, el cálculo de los pesos posicionales no se ve afectado, así lo único que cambia es la asignación de operaciones a estaciones de trabajo; por lo tanto:

<i>Peso posicional ordenado</i>	<i>Actividad</i>	<i>Duración</i>	<i>Zona</i>
35	1	2	A
31	3	4	A
29	2	2	B
27	4	5	C
22	5	1	B
21	6	2	B
19	7	6	C
7	11	1	A
7	10	4	A
6	8	3	A
6	12	3	C
6	15	4	B
5	9	2	C
3	13	1	C
2	14	2	C

Problemario de planeación y control de la producción

Estación	Zona	Actividad	Duración	Tiempo acumulado	Eficiencia
1	A	1	2	2	(6/11) (100) = 55%
		3	4	6	
2	B	2	2	2	(9/11) (100) = 82%
		5	1	3	
		6	2	5	
3	C	15	4	9	(11/11) (100) = 100%
		4	5	5	
4	A	7	6	11	(8/11) (100) = 73%
		11	1	1	
5	C	10	4	5	(8/11) (100) = 73%
		8	3	8	
		12	3	3	
5	C	9	2	5	(8/11) (100) = 73%
		13	1	6	
		14	2	8	

Eficiencia de la línea = $(42 / (5 \cdot 11)) \cdot 100 = 76$ por ciento.

Como se puede apreciar, las restricciones de zona complican el balanceo, haciendo más difícil lograr un equilibrio.

CAPÍTULO VI
RESUMEN DE FÓRMULAS UTILIZADAS

$$1.1 \quad S_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$1.2 \quad \text{MAD} = \frac{\sum |e|}{n}$$

$$1.3 \quad \text{MSE} = \frac{\sum e^2}{n}$$

$$1.4 \quad S_t + 1 = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_t$$

$$1.5 \quad \text{MADS}_t = \gamma |e_t| + (1 - \gamma) \text{MADS}_{t-1}$$

$$1.6 \quad \text{ES}_t = \gamma e_t + (1 - \gamma) \text{ES}_{t-1}$$

$$1.7 \quad T_t = \frac{\text{ES}_t}{\text{MADS}_t}$$

$$1.8 \quad \text{lím. } T = \pm \frac{1.25 k\gamma}{\sqrt{2\gamma - \gamma^2}}$$

$$1.9 \quad S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$1.10 \quad S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + \dots + S'_{t-N+1}}{N}$$

$$1.11 \quad a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$1.12 \quad b_t = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t)$$

$$1.13 \quad S_{t+m} = a_t + b_t m$$

$$1.14 \quad S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$1.15 \quad S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$1.16 \quad a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$1.17 \quad b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t)$$

$$1.18 \quad S_{t+m} = a_t + b_t m$$

$$2.1 \quad S = T \times C \times I$$

$$2.2 \quad PM = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N X_i$$

$$2.3 \quad PMC_i = \frac{PM_i + PM_{i+1}}{2}$$

$$2.4 \quad FEP_i = \frac{X_i}{PMC_i}$$

$$2.5 \quad FA = \frac{400}{\sum (FE_1 + FE_2 + FE_3 + FE_4)}$$

$$2.6 \quad FC_i = \frac{PMC_i}{FTA_i}$$

$$3.1 \quad \hat{Y} = a + bx$$

$$3.2 \quad b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$3.3 \quad a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n}$$

$$3.4 \quad r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$5.1 \quad Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}}$$

$$5.2 \quad B = Z \sigma_x \sqrt{L}$$

$$5.3 \quad P_R = B + \bar{D} L$$

$$5.4 \quad C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \left(\frac{Q}{2} + B \right)$$

$$5.5 \quad N_0 = \frac{D}{Q_0}$$

$$5.6 \quad t_0 = \frac{1}{N_0} = \frac{Q_0}{D}$$

$$5.7 \quad C_T = \frac{D}{Q} C_A + C_M \frac{Q}{2}$$

$$5.8 \quad P_R = \bar{D} L$$

$$5.9 \quad B = Z\sigma_L$$

$$6.1 \quad Q_{OE} = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \sqrt{\frac{C_M + C_E}{C_E}}$$

$$6.2 \quad C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \frac{I_{\text{máx.}}^2}{2Q} + C_E \frac{(Q - I_{\text{máx.}})^2}{2Q}$$

$$6.3 \quad I_{\text{máx.}} = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M}} \sqrt{\frac{C_E}{C_M + C_E}}$$

$$6.4 \quad H = Q - I_{\text{máx.}} = \text{cantidad escasa}$$

$$7.1 \quad C_T = C_A \frac{D}{Q} + iC \frac{Q}{2} + CD$$

$$7.2 \quad C_{TQ_0} = \sqrt{2C_A C_M D} + CD$$

$$8.1 \quad Q_0 = \sqrt{\frac{2C_A D}{C_M(1-r/p)}}$$

$$8.2 \quad I_{\text{máx.}} = \frac{Q}{p}(p-r)$$

(para reposición no instantánea)

$$8.3 \quad C_T = C_A \frac{D}{Q} + C_M \left[(1-r/p) \frac{Q}{2} \right]$$

$$9.1 \quad C_T = C_A N_0 + C_M \bar{I}$$

$$9.2 \quad \bar{I} = \frac{\bar{D} t}{2}$$

Sistema P

$$9.3 \quad M = B + \bar{D}(L + t)$$

$$9.4 \quad B = Z\sigma_x \sqrt{L + t}$$

$$9.5 \quad Q_i = M - I_i \text{ si } L \leq t$$

$$9.6 \quad \bar{I} = B + \frac{\bar{D}t}{2}$$

Sistema P

$$9.7 \quad Q\$ = \sqrt{\frac{2(S + \sum Si)A\$}{I}}$$

$$9.8 \quad A\$ = \sum a\$_i$$

$$9.9 \quad N = A\$ / Q\$$$

$$9.10 \quad N_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m C_{Mi} Di \left(1 - \frac{r_i}{p_i}\right)}{2 \sum_{i=1}^m Cp_i}}$$

$$9.11 \quad Q_i = \frac{Di}{N_0}$$

$$10.1 \quad \bar{I} = B + Q/2$$

Sistema Q

$$10.2 \quad C_T = C_A(D/Q) + C_M(Q/2 + B)$$

$$10.3 \quad t_0 = \sqrt{\frac{2C_A}{C_M D}}$$

$$10.4 \quad Q_i = M - I_i - Q_{rr} \text{ si } L > t$$

Sistema P

$$13.1 \quad (T_{ij} - T_{ij}^*) / T_{ij}^* = \text{Índice de tiempo}$$

CAPÍTULO VII

PROBLEMAS PROPUESTOS

PRONÓSTICOS

1. En una compañía, las ventas de sartenes durante los pasados cuatro años han sido:

<i>Año</i>	<i>Semestre</i>	<i>Ventas</i>	<i>Año</i>	<i>Semestre</i>	<i>Ventas</i>
1991	I	54	1993	I	69
	II	53		II	71
1992	I	53	1994	I	72
	II	56		II	72

Entre las técnicas de promedios móviles simples ($N = 3$) y de suavizamiento exponencial simple ($\alpha = 0.4$), ¿cuál selecciona? Justifique su respuesta en términos del MSE.

2. La demanda de un producto en miles de kg se indica a continuación:

<i>Año</i>	<i>Trimestre</i>	<i>Demanda</i>	<i>Año</i>	<i>Trimestre</i>	<i>Demanda</i>
1995	1	7.2	1996	1	8.0
	2	7.0		2	8.2
	3	7.0		3	9.3
	4	7.5			

Se desea conocer la demanda para el cuarto trimestre de 1996. ¿Cuál seleccionaría usted entre las técnicas de promedios móviles simples con $N = 3$ y suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.5$. Justifique su respuesta en razón del MSE.

3. Se cuenta con los registros de ventas de los últimos siete semestres y el Departamento de Producción requiere elaborar un pronóstico para programar el taller.

Año	Semestre	Venta (millones)	Año	Semestre	Venta (millones)
1992	I	24	1994	I	27
	II	28		II	26
1993	I	26	1995	I	25
	II	25			

Calcule el pronóstico para el semestre II de 1995.

a) Entre las técnicas de promedios móviles simples ($N = 3$) y suavizamiento exponencial simple ($\alpha = 0.4$), ¿cuál seleccionaría usted? Justifique su respuesta en términos del MSE.

b) ¿Qué efecto tendría incrementar a $N = 5$ y $\alpha = 0.8$? Comente, no calcule los valores.

4. En el área metropolitana se ha registrado el número de llamadas telefónicas que se reciben cada día y que solicitan reparaciones para cierta marca de máquinas copiadoras. Tal registro se muestra a continuación.

Día	Llamadas	Día	Llamadas
1	132	5	120
2	180	6	145
3	95	7	190
4	100	8	85

a) Grafique los datos.

b) Calcule el pronóstico para el periodo 9 con promedios móviles simples para $N = 3$.

c) Calcule el pronóstico para el periodo 9 con suavizamiento exponencial simple para $\alpha = 0.3$.

d) Con base en el cálculo del MAD, ¿cuál técnica da mejor resultado?

5. Partiendo de los registros de unidades vendidas en los últimos ocho meses se desea pronosticar los restantes cuatro meses del año, empleando la técnica de suavizamiento exponencial doble.

Enero	18	Mayo	17
Febrero	17.5	Junio	16
Marzo	17.8	Julio	16.5
Abril	17.3	Agosto	16

a) Empleando el suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.4$, calcule los pronósticos requeridos.

b) Empleando la señal de rastreo de Trigg con $\gamma = \alpha$ y para $k = 1.64$, calcule la señal y su límite.

6. Los siguientes datos representan la demanda de una empresa que vende artículos de oficina:

Mes	1993	1994	Mes	1993	1994
Enero	50	230	Julio	300	190
Febrero	90	250	Agosto	280	175
Marzo	150	280	Septiembre	215	
Abril	21	300	Octubre	305	
Mayo	310	260	Noviembre	320	
Junio	350	200	Diciembre	380	

a) Con promedios móviles dobles para $N = 4$, calcule el pronóstico para septiembre y octubre de 1994.

b) Calcule el MAD.

7. Para la serie del problema 5:

a) Calcule el pronóstico para septiembre y octubre de 1994 con $N = 6$.

b) Calcule el MAD.

c) ¿Cuál N elegiría, 4 o 6? Explique.

8. Partiendo de los siguientes registros de ventas se desea el pronóstico para los periodos 9 y 10.

Periodo	Ventas	Periodo	Ventas
1	15	5	17
2	14	6	20
3	16	7	25
4	18	8	23

a) Calcule los pronósticos requeridos con suavizamiento exponencial doble y $\alpha = 0.5$.

b) Determine si el pronóstico está bajo control para 90% de confianza ($k = 1.649$) y $\gamma = 0.3$.

9. Una tienda de departamentos tenía pronósticos de ventas de \$ 100 000.00 para la semana pasada. Las ventas reales resultaron ser de \$ 125 000.00.

a) ¿Cuál es el pronóstico para esta semana, usando suavizamiento exponencial con $\alpha = 0.1$?

b) Si las ventas de esta semana resultan ser de \$ 115 000.00, ¿cuál es el pronóstico para la próxima semana?

10. Usando los datos del problema 4, prepare nuevamente los pronósticos usando la técnica de suavizamiento exponencial simple para los siguientes casos:

- a) $\alpha = 0.1$ y pronóstico para el periodo uno = 120.
- b) $\alpha = 0.3$ y pronóstico para el periodo uno = 120.
- c) Calcule el MSE y diga cuál es mejor.
- d) Grafique los datos y los pronósticos.

11. Un supermercado vende la siguiente cantidad de pavos congelados durante los seis días anteriores a la Nochebuena: lunes = 50, martes = 30, miércoles = 60, jueves = 20, viernes = 70, sábado = 90.

- a) Pronostique las ventas empezando con el periodo 1 = 60 y $\alpha = 0.2$.
- b) Calcule el MSE.
- c) Calcule la señal de rastreo de Trigg con un nivel de confianza de 95 por ciento.

12. La demanda diaria de conchas de chocolate en la tienda El Buen Pan se ha registrado durante dos semanas como sigue:

Día	Ventas	Día	Ventas	Día	Ventas
1	80	6	60	11	90
2	95	7	50	12	80
3	120	8	85	13	65
4	100	9	97	14	50
5	75	10	110		

- a) Pronostique la demanda del periodo 15 usando suavizamiento exponencial doble, con $\alpha = 0.2$.
- b) Calcule el MSE.

13. Un taller que manufactura piezas de plástico ha requerido durante las últimas 15 semanas un componente en las cantidades que se muestran a continuación:

Semana	Demanda	Semana	Demanda	Semana	Demanda
1	140	6	131	11	180
2	159	7	177	12	160
3	136	8	188	13	182
4	157	9	154	14	192
5	173	10	179	15	224

- a) Determine el pronóstico para las siguientes dos semanas usando promedios móviles simples y dobles, con $N = 4$.
- b) ¿Cuál de los dos métodos proporciona un mejor pronóstico?

14. Una fábrica vendió las siguientes cantidades de uno de sus principales productos durante los últimos 14 meses.

Mes	Ventas	Mes	Ventas
1	1 180	8	1 360
2	1 740	9	1 278
3	1 560	10	1 375
4	1 710	11	1 678
5	1 250	12	1 575
6	1 385	13	1 495
7	1 476	14	1 527

a) Calcule el pronóstico de la demanda para los siguientes cuatro meses con promedios móviles dobles para 3 y 5 periodos.

b) ¿Cuál de los dos pronósticos anteriores es mejor y por qué?

15. Para los valores del problema 14:

a) Calcule el pronóstico para los siguientes cuatro meses con suavizamiento exponencial doble para $\alpha = 0.2$ y 0.6 .

b) ¿Cuál elige?

c) ¿Elegiría usted promedios móviles dobles o suavizamiento exponencial doble? Explique.

16. Se cuenta con la serie histórica de la venta de cierta revista correspondiente a 11 meses, según se muestra en el cuadro:

Mes	Venta	Mes	Venta	Mes	Venta	Mes	Venta
1	2 000	4	1 975	7	1 550	10	2 770
2	1 350	5	3 100	8	1 300	11	2 350
3	1 950	6	1 750	9	220		

a) Obtenga el pronóstico para el mes de diciembre empleando promedios móviles simples de 3 y 5 periodos.

b) Con base en el cálculo del MAD, determine cuál N da mejores resultados.

17. La venta de blanqueador de uso doméstico ha presentado los siguientes datos de demanda:

Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	3 200	7	4 200
2	2 750	8	4 370
3	2 500	9	4 100
4	2 163	10	3 985
5	6 100	11	3 870
6	5 310		

a) Determine el pronóstico de venta para el periodo 12, usando promedios móviles simples con $N = 4$ y $N = 6$.

b) ¿Cuál N tomaría para disminuir el error en el pronóstico? Use el MSE.

18. Una empresa que produce muebles tiene los siguientes datos para su *chiffonier* modelo Victory.

Periodo	Demanda	Periodo	Demanda
1	35	7	70
2	20	8	58
3	43	9	42
4	32	10	50
5	55	11	40
6	60	12	65

a) La empresa requiere un pronóstico para el periodo 15 y desea elegir un método de pronóstico de entre los promedios móviles dobles con $N = 4$ y suavizamiento exponencial doble con $\alpha = 0.3$; decida con base en el MSE.

b) Para el caso elegido, calcule la señal de rastreo y diga si el sistema está dentro de control, para una confianza de 90% ($k = 1.64$).

19. La contadora de Pets' Coal and Co. observa que la demanda de carbón parece estar relacionada con un índice de severidad en el clima, de acuerdo con un estudio desarrollado por el Servicio Meteorológico. Es decir, como el clima fue muy frío en Canadá en los últimos cinco años (y por tanto el índice es alto), las ventas de carbón fueron altas. La contadora propone que se puede hacer un buen pronóstico para la demanda de carbón el año próximo al desarrollar una ecuación de regresión, y después consultar el reporte del servicio meteorológico para ver qué tan severo será el invierno el año próximo. Con los datos del siguiente cuadro, derive una ecuación de regresión de mínimos cuadrados y calcule el coeficiente de correlación de los datos. También calcule el error estándar del estimado.

Ventas de carbón y (en millones de tons.)	Índice del clima x
4	2
1	1
4	4
6	5
5	3

20. La administradora de una empresa de transporte piensa que la demanda de neumáticos que usan sus camiones está relacionada con el número de millas recorridas. Por ello se han recopilado los siguientes datos correspondientes a los últimos seis meses:

Problemas propuestos

Mes	Neumáticos usados	Miles de millas recorridas
1	100	1 000
2	150	1 400
3	120	1 200
4	80	800
5	90	900
6	180	1 800

- a) Calcule los coeficientes a y b para la recta de regresión.
 b) ¿Qué porcentaje de la variación en el uso de neumáticos puede explicarse por las millas recorridas?
 c) Suponga que se planea recorrer 1 300 millas durante el siguiente mes, ¿cuál es la cantidad esperada de neumáticos que se usarán?

21. Se piensa que el número de cajas de refresco vendidos en una tienda de abarrotes está relacionado linealmente con la temperatura ambiente. Los datos de los últimos 12 días son:

Ventas	Temperatura
40	79
49	83
50	84
52	85
55	86
60	88
58	87
48	83
42	78
49	81
50	82
51	85

- a) Grafique los datos.
 b) Calcule el coeficiente de regresión y el valor de la ordenada al origen.
 c) ¿Qué ventas pronosticaría para una temperatura de 84?
 d) Determine si el coeficiente de regresión es significativamente diferente de cero.
 e) Determine el coeficiente de correlación y el de determinación. ¿Qué porcentaje de la variación en y es explicada por esta recta de regresión?

22. Los siguientes datos representan las ventas de una empresa fabricante de productos de limpieza para los años de 1992 a 1996. Las ventas están dadas en miles de unidades.

Mes	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	742	741	896	951	1 030
Febrero	697	700	793	861	1 032
Marzo	778	774	885	938	1 126
Abril	898	932	1 055	1 109	1 285
Mayo	1 030	1 099	1 204	1 274	1 468
Junio	1 107	1 223	1 326	1 422	1 637
Julio	1 165	1 290	1 303	1 486	1 611
Agosto	1 216	1 349	1 436	1 555	1 608
Septiembre	1 208	1 341	1 473	1 604	1 528
Octubre	1 131	1 296	1 453	1 600	1 426
Noviembre	971	1 066	1 170	1 403	1 119
Diciembre	783	901	1 023	1 209	1 013

Con estos datos calcule el pronóstico para 1996 por el método de descomposición de series de tiempo, usando el factor de ciclicidad y sin él. Calcule el error en ambos casos. ¿Cuál usaría y por qué? (calcule el factor de tendencia basado en los promedios móviles centrados).

23. Las ventas trimestrales de una empresa para los últimos seis años son:

Año	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4
1991	265	372	390	300
1992	272	389	420	315
1993	298	390	426	333
1994	300	415	451	336
1995	306	420	462	358
1996	310	448	497	370

a) Usando descomposición de series de tiempo, calcule el pronóstico de ventas para 1996, considerando el factor de ciclicidad y sin considerarlo.

b) Calcule el MSE en ambos casos.

c) Con base en el cálculo del error, ¿cuál pronóstico usaría y por qué?

Considere que el factor cíclico disminuirá 0.7% respecto al último valor obtenido durante el primer semestre y aumentará 0.75% durante el segundo semestre. Calcule el factor de tendencia sobre los promedios móviles centrados.

24. Una empresa de la rama alimentaria desea hacer un pronóstico de demanda para el año 1996. La empresa decidió usar el método de descomposición de series de tiempo. Mediante el uso del MSE recomiende a la empresa si le conviene usar el factor de ciclicidad o no. (Para el cálculo del factor

Problemas propuestos

de ciclicidad considere que cada periodo cambia 15% respecto al periodo anterior, en los trimestres III y IV decrece, y en los I y II aumenta.)

Año	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4
1993	80	60	150	200
1994	180	120	160	210
1995	200	160	180	250
1996	230	200	250	280

25. Empleando el método de descomposición de series de tiempo:

a) Obtenga el pronóstico de 1996.

b) Calcule el pronóstico con ciclicidad y sin ella. Elija el mejor basándose en el MSE.

c) Determine el factor de tendencia sobre los promedios móviles centrados. Para el factor cíclico considere que a partir del segundo trimestre de 1995 el factor crece a razón de 2.14% trimestral.

Año	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4
1993	100	200	250	150
1994	200	250	300	225
1995	250	350	450	400
1996	420	450	600	550

INVENTARIOS

26. Se tienen los siguientes datos de artículos en inventario de materia prima:

Artículo	Costo unitario (\$/unidad)	Demanda anual (miles)
A-1	6.5	50.0
A-2	7.0	5.0
B-3	5.0	11.0
X-4	12.0	12.9
Y-5	2.0	68.0
Y-6	1.0	76.0
W-7	9.8	2.6
Z-9	13.4	1.8
B-10	15.0	10.0

Realice el análisis ABC y diga cuáles artículos se clasifican en A, B y C.

27. Con los valores del problema anterior, determine la cantidad a ordenar y el número de pedidos al año, así como el costo anual para los dos artículos de mayor valor de uso anual.

28. La empresa Computers Inc. utiliza, entre otros componentes, el circuito NCX10. El proveedor lo ofrece a \$ 5.20/unidad si se compra en cantidades menores de 200, y \$ 4.80 si se compran 200 o más.

Computers Inc. calcula que requerirá 12 000 de esos circuitos en un año; su costo de adquisición es de \$ 50/orden y su costo de llevar inventario es de \$ 10 por costos fijos más 1.6% del valor del inventario al mes.

a) ¿Cuál es el tamaño de lote que le conviene ordenar a la empresa y cuál es su costo asociado?

b) Considerando un tiempo de entrega de dos semanas y si la desviación estándar durante el tiempo de entrega es de 20 unidades, ¿qué punto de reorden debe establecer la empresa para un nivel de servicio de 90%? ($z = 1.29$).

c) ¿Qué punto de reorden debe establecerse para asegurar que no ocurra más de una inexistencia en el curso de un año?

29. Un fabricante de tapices para muros lleva en inventario tres tipos diferentes de tapiz con las siguientes características:

Tipo	Demanda mensual (rollos)
I Impermeable	50
II Infantil	40
III Comercial	80

El costo de adquisición es de \$ 25/orden para los dos primeros tipos, y \$ 35/orden para el tercero. El costo de mantenimiento es de 25% anual del valor del inventario. El costo de cada metro de tapiz es de \$ 1.20 para el impermeable, \$ 0.90 para el infantil y \$ 1.50 para el comercial. La presentación de venta del tapiz es en rollos de 4 metros para el primero, 3 metros para el segundo y 5 metros para el tercero.

a) ¿Cuánto se debe ordenar de cada tipo?

b) Para un nivel de servicio de 90% y considerando un tiempo de entrega de tres días y una desviación estándar diaria de 50 m, ¿cuál es el punto de reorden?

c) ¿Cuál será el costo total asociado a esta política de inventarios?

30. Una empresa tiene entre sus materias primas tres diferentes tipos de alfombras, las cuales pueden ser adquiridas a los siguientes precios:

Tipo de alfombra	Precio por rollo	Demanda (m)
I	\$ 5 000.00	57 000
II	\$ 7 000.00	48 000
III	\$ 9 000.00	64 000

Problemas propuestos

Las alfombras tipo I y III vienen en rollos de 10 metros y la alfombra tipo II viene en rollos de 12 metros. El costo de cada pedido es de \$ 200.00 y se tiene un porcentaje de interés en relación con el costo de mantenimiento de 25%. La proveedora de las alfombras desea pedidos consolidados y ofrece un tiempo de entrega de 15 días. Considere 250 días laborables por año. El nivel de servicio que se desea ofrecer es de 90% y la desviación estándar de la demanda diaria es de 15 metros.

- a) ¿Cuál es el intervalo óptimo para ordenar en días?
- b) ¿Cuál debe ser el tamaño de las órdenes, considerando que sólo se venden rollos completos?
- c) ¿Cuál sería el inventario de seguridad?

31. Una empresa que fabrica aparatos eléctricos prevé una demanda de 25 000 unidades de relojes despertador para el siguiente año.

Todas las piezas para los relojes son manufacturadas en la fábrica, excepto el cristal de la carátula, el cual es comprado a una proveedora.

Para esta pieza se ha estimado que existe un costo de ordenar de \$ 2 000.00 por orden, un costo de mantenimiento de \$ 20/unidad/año por concepto de costos fijos, más 28% del valor del inventario/unidad/año por concepto de interés del capital. La proveedora propone un precio de \$ 200/unidad si se compran entre 1 y 1 999 piezas, \$ 100/unidad si se compran entre 2 000 y 4 999 piezas y \$ 60/unidad si se compran 5 000 piezas o más.

El tiempo de entrega es de 14 días y se laboran 250 días al año.

- a) Determine cuál es la cantidad óptima a ordenar.
- b) Calcule el costo de esta política de inventarios.
- c) Calcule el punto de reorden para un sistema Q.
- d) Calcule el inventario de seguridad para un nivel de servicio de 95% y una desviación estándar de la demanda diaria de 75 unidades.

32. Una empresa desea determinar la duración de las corridas de producción para tres de sus productos. Del producto A se requieren 20 000 unidades/año; del B se necesitan 13 000 unidades/año y del C 45 000 unidades/año.

Los días laborables al año son 250, el costo anual de mantenimiento es de 30% del valor del artículo, el costo de preparación de la máquina es de \$ 2 000/hora, el costo de los productos y la tasa de producción diaria son:

Producto	Tasa de producción (unidad/día)	Costo del producto (\$/unidad)
A	100	50.00
B	60	80.00
C	200	30.00

El tiempo requerido para preparar la máquina es de cinco horas. La empresa desea saber:

- a) El número óptimo de corridas de producción.
- b) El tamaño de las corridas de producción para cada artículo.
- c) El costo total de esta política de inventarios.

33. Un almacén surte clavos a la industria y desea usar un control de inventarios para este importante producto. Se dispone de la siguiente información:

Ventas = 13 cajas/semana
1 caja = 10 kg de clavos
Costo de ordenar = \$ 20/orden
Costo de mantenimiento = 30% anual/caja
Costo unitario = \$ 50/caja
1 año = 50 semanas

- Determine el tamaño económico del lote.
- Determine la frecuencia (en tiempo) con que se ordenan los lotes.
- El proveedor ofrece los siguientes descuentos: de 0 a 350 kg el precio es de \$ 5.20/kg; de 360 a 650 kg el precio es de \$ 5/kg, y si se compran 660 kg o más el precio se reduce a \$ 4.00/kg. ¿Cuánto es Q ?

34. Un supermercado mantiene en su inventario un tipo particular de café, cuya demanda es de 10 cajas/semana; el costo de ordenar es de \$ 20/orden, el costo de mantener el inventario es de 30% anual y el costo del artículo es de \$ 60/caja.

- ¿Cuántas cajas deben ordenarse en un pedido?
- ¿Con qué frecuencia debe ordenarse?
- Determine el costo anual de ordenar y de mantener el producto.

35. Una tienda de aparatos electrodomésticos desea un modelo de inventarios para uno de sus productos. Las ventas anuales son de 50 unidades, el costo de ordenar es de \$ 25/orden, el costo de mantenimiento es de 25% por año, el costo del artículo es de \$ 400/unidad, el tiempo de entrega es de cuatro días, la desviación estándar de la demanda diaria es de 0.1 unidades y se laboran 250 días al año.

- Determine el lote económico.
- Calcule el punto de reorden para un nivel de servicio de 95 por ciento.
- ¿Con qué distanciamiento promedio se colocarían las órdenes?

36. Para la información del problema 35:

- Determine un sistema P de control de inventarios con un nivel de servicio de 95 por ciento. Calcule los valores de t y M .
- Compare la inversión que se requiere en inventarios para el sistema P y para el sistema Q que se menciona en el problema 35.
- ¿Por qué requiere el sistema P una mayor inversión en inventarios?

37. Una empresa mantiene en su inventario cierto tipo de válvula con las siguientes características:

Ventas anuales = 500 válvulas
Costo de ordenar = \$ 10/orden
Costo de mantenimiento = 20% al año

Problemas propuestos

Costo del artículo = \$ 40/unidad

Tiempo de entrega = 5 días

Desviación estándar de la demanda diaria = 1 válvula

a) Calcule el lote económico.

b) Para un sistema Q, calcule el inventario de seguridad que se requiere para niveles de servicio de 80, 90, 97 y 99 por ciento.

c) Construya una gráfica en la que se muestre la inversión en inventario contra el nivel de servicio.

38. Con la siguiente información lleve a cabo el análisis ABC:

Artículo	Demanda anual	Costo unitario (\$)
A	6 000	5.00
B	5 400	10.00
C	9 600	0.80
D	12 000	2.35
E	60 000	0.60
F	7 200	7.80

39. Para el artículo de mayor valor de uso anual del problema 38, obtenga:

a) El tamaño económico del lote.

b) El punto de reorden.

c) El costo total.

Considere el costo de ordenar como \$ 15/orden y el costo de mantenimiento como 25% del valor del inventario por año. El tiempo de entrega es de cuatro días y se laboran 250 días al año.

40. Una fábrica de dulces finos produce diversos tipos de dulces utilizando el mismo equipo. El siguiente cuadro ilustra los requerimientos y la tasa de producción de cada tipo de dulce, además del costo unitario y el costo de preparación.

Producto	Requerimientos anuales (cajas)	Tasa de producción diaria (unidades)	Costo unitario (\$)	Costo de preparación (\$/orden)
1	2 660	8 000	26	3 600
2	5 000	5 000	30	4 300
3	2 330	7 000	35	2 400
4	1 000	3 000	42	1 400
5	2 660	6 000	25	2 000

La empresa labora 250 días al año y considera un interés para el costo de mantenimiento del inventario de 28%/unidad/año. La empresa vende sus dulces en cajas para regalo, con 30 dulces cada una.

- a) Calcule el número óptimo de corridas de producción.
- b) Calcule el tamaño económico de lote para cada producto.

41. Un fabricante determina que la demanda anual de cierta materia prima es de 75 000 unidades. Su estructura de costos de inventario es:

Costo de ordenar = \$ 5/orden
Costo de mantenimiento de inventarios = \$ 0.0015/unidad/día
Costo de obsolescencia y deterioro = \$ 0.0010 /unidad/día

La empresa labora 300 días al año. No se permiten faltantes. ¿Cuál es el tamaño económico de la orden, y cada cuánto se ordena?

42. Con los datos del problema anterior, calcule lo siguiente:

- a) Si el proveedor propusiera surtir gradualmente los pedidos a una tasa de 500 unidades/día, ¿cuál sería el tamaño económico del lote, y cada cuándo se debería ordenar?
- b) Tomando en cuenta el costo total anual, ¿qué resulta más conveniente al fabricante, la reposición instantánea o la gradual?

43. Cierta empresa desea establecer un sistema de control de inventarios, para ello proporciona los siguientes datos:

Demanda trimestral = I, 590 unidades; II, 630 unidades; III, 600 unidades; IV, 620 unidades
Costo de ordenar = \$ 25/orden
Costo de mantenimiento = \$ 0.2/unidad/año + 30% anual del valor de la unidad
Tiempo de entrega = 4 semanas
1 año = 50 semanas = 250 días

El proveedor ofrece descuentos por cantidad, de manera que el producto cuesta \$ 5/unidad si se compran hasta 500 piezas, y \$ 4.90/unidad si se compran más de 500 piezas.

Se desea inventario de seguridad para un nivel de servicio de 85% ($z = 1.42$). La desviación estándar de la demanda diaria es de 6 unidades.

- a) Calcule el sistema Q .
- b) Calcule el sistema P .

44. La demanda de un artículo es de 85 000 piezas/año, el costo de adquisición es de \$ 80/orden, el costo unitario del artículo es de \$ 9.80 y el costo de mantenimiento es de \$ 20/unidad/año, más 20% del valor del artículo.

La proveedora del artículo ofrece un descuento de 10% si se compran entre 1 000 y 2 499 piezas, y un descuento de 20% si se compran 2 500 piezas o más.

- a) ¿Cuál es el lote económico?
- b) ¿Cuál es el lote asociado?

45. La Tostadita mantiene en su inventario un tipo de té que tiene las siguientes características:

Ventas = 10 cajas/semana
 Costo de ordenar = \$ 20/orden
 Costo de mantenimiento = 30% anual/caja
 Costo unitario = \$ 6/kg
 1 caja = 10 kg
 1 año = 50 semanas

- a) ¿Cuál es el tamaño económico del lote?
- b) ¿Con qué frecuencia debe ordenarse el té?
- c) ¿Cuál es el costo total anual del inventario?
- d) Si se le ofrece un descuento de 30 centavos por cada kilo en la compra de lotes de 500 kg o más, ¿qué lote le conviene pedir?

46. Una empresa tiene varios artículos en inventario de materia prima. Para una muestra de 10 artículos lleve a cabo un análisis ABC, según los siguientes datos:

Artículo	Demanda anual (miles de unidades)	Costo unitario (cientos de \$)
1	70	5.0
2	150	0.9
3	80	6.0
4	900	0.8
5	45	0.5
6	150	10.0
7	620	7.5
8	59	12.0
9	315	8.0
10	200	15.0

- a) Elabore el análisis ABC y sugiera cuáles artículos consideraría A, cuáles B y cuáles C.
- b) Diga cómo decidiría para el resto de los artículos que no fueron considerados en la muestra, cuáles considerar A, B o C.

47. Una empresa relojera produce extensibles a una tasa de 5 000 por semana. La demanda prevista es de 4 000 por semana. Los costos de arranque de máquinas son de \$ 400/corrida y su costo de llevar inventario es de \$ 0.75/unidad/año. La empresa trabaja 50 semanas al año.

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar?
- b) ¿Cuál es el tiempo entre pedidos?
- c) ¿Cuántas corridas deben hacerse al año?
- d) ¿Cuál es el inventario máximo planeado?
- e) ¿Cuál es el inventario promedio?

48. Una empresa fabricante de mesas metálicas prevé una demanda de 600 unidades de un tipo de mesa para el siguiente año. Todos los componentes para cada mesa son manufacturados en la fábrica, a excepción de la cubierta. Para ésta se ha calculado un costo de \$ 2 900/orden, asociado a un costo de mantenimiento de \$ 60/unidad/año, más 30% del valor del inventario por unidad por año, por concepto de interés del capital.

Uno de los proveedores propone varios precios en función del volumen de compra; así, si se compran entre 1 y 39 unidades costarán \$ 2 680.00; si se compran entre 40 y 79 unidades, costarán \$ 2 120.00, y si se compran 80 unidades o más costarán \$ 1 900.00. Considerando 250 días laborables al año y un tiempo de entrega de 14 días:

- ¿Qué ofrecimiento le conviene más a la fábrica?
- Calcule el costo asociado.
- Calcule el punto de reorden.
- Calcule el inventario de seguridad para un nivel de servicio de 95% ($z = 1.65$) y una desviación estándar de la demanda diaria de 15 unidades.

49. Una empresa produce diversos tipos de envases de plástico empleando equipos distintos. En la siguiente tabla se muestran los requerimientos y la tasa de producción de cada tipo de envase, así como el costo unitario y el costo de preparación generado. Los envases se venden en cajas de 24 piezas cada una y se considera un interés para el costo de mantenimiento del inventario de 18% anual. Considere 250 días laborables.

Envase tipo	Requerimientos anuales (cajas)	Tasa de producción diaria (unidades)	Costo unitario (\$/unidad)	Costo de preparación (\$/orden)
1	25 500	12 500	25	1 300
2	18 700	11 000	31	2 600
3	13 200	6 500	39	1 900
4	15 700	8 000	45	2 000

Considerando un sistema Q:

- Calcule los tamaños económicos de lote para cada tipo de envase.
- Calcule el inventario de seguridad para una confianza de 90% ($z = 1.282$) y una desviación estándar diaria de 350 unidades para cada uno de los cuatro artículos; considere un tiempo de entrega de cinco días.
- Calcule el costo total.

50. Un proveedor le ha ofrecido el siguiente trato: si usted compra 29 cajas o menos de su producto, el costo será de \$ 25/caja, y si usted compra 30 o más cajas, el costo será de \$ 20/caja. Suponga que su costo de inventario es de 15% al año, le cuesta \$ 20.00 ordenar el material y usa 50 cajas al año.

- ¿Cuántas cajas debe ordenar?
- ¿Negociaría con el proveedor un descuento mayor? Explique las cantidades y precios que negociaría y por qué fueron seleccionadas esas cantidades y precios.

51. Una tienda comercial ordena gorras con su emblema impreso en ellas para venderlas a \$ 25.00 cada una. Durante un mes cualquiera se venden 1 000 gorras. Cuesta \$ 25.00 colocar un pedido y 25% llevar el inventario de las gorras durante un año.

a) ¿Cuántas gorras deben ordenarse por pedido?

b) A la proveedora le gustaría entregar las gorras cada semana en tamaños más pequeños de lote, en lugar del tamaño óptimo de la orden. ¿Cuánto le costaría esto a la empresa? ¿En qué condiciones estaría usted de acuerdo con la propuesta del proveedor?

c) Suponga que las ventas se incrementan a 1 500 gorras a la semana, pero usted decide conservar el tamaño de lote igual al que calculó en (a). ¿Cuánto le costaría esta decisión a la empresa al año?

52. La empresa del problema anterior descubre que debe usar un inventario de seguridad para sus gorras. Desea utilizar un sistema de punto de reorden con un tiempo de entrega de dos semanas. Puede suponerse que la demanda durante un intervalo de dos semanas tiene un promedio de 500 unidades y una desviación estándar de 250 unidades.

a) ¿Qué punto de reorden debe establecer la empresa para asegurar un nivel de servicio de 95 por ciento?

b) ¿Qué punto de reorden debe establecerse para asegurar que no más de una inexistencia ocurra en el curso de un año?

c) ¿Qué inventario promedio llevará la empresa para la pregunta (b)? Incluya en su respuesta tanto el inventario cíclico como el de seguridad.

53. Un producto X está compuesto por un subensamblé 1 (SE1) y 2 subensambles 2 (SE2); el SE1 está formado por un 1 SE2, 5 partes C y 4 partes A; a su vez, el SE2 está formado por 3 partes B y 2 partes C. Se tiene una demanda de 100 productos X para la octava semana y 150 para la décima.

El siguiente cuadro muestra los tiempos de entrega / fabricación (en semanas) de cada elemento y las existencias al inicio del periodo.

Artículo	Inventario	Tiempo de entrega o de fabricación
X	10	1
SE1	—	2
SE2	20	1
Parte A	40	3
Parte B	50	1
Parte C	65	1

a) Haga el diagrama de árbol del producto.

b) Haga el plan de emisión de órdenes para un sistema MRP.

c) Calcule los inventarios planeados.

54. El producto A está compuesto de 2 subensambles B y 3 subensambles D. Cada subensamblé B está compuesto por 3 piezas E y una pieza F. Cada subensamblé D está compuesto por 5 partes G y 2 partes E. Los tiempos de entrega y fabricación, así como las cantidades en inventario y órdenes

pendientes se muestran en el cuadro. Se requieren 300, 200 y 500 productos en las semanas 6, 8 y 10 respectivamente.

Elemento	Tiempo ent./fab. (sem.)	Inventario
A	2	100 (sem. 1)
B	3	200 (sem. 2), 200 (sem. 4)
D	2	900 (sem. 1)
E	4	1 800 (sem. 1)
F	1	500 (sem. 7)
G	4	1 500 (sem. 1)

- Haga el diagrama de explosión del producto.
- Calcule el plan de emisión de órdenes para un sistema MRP.
- Calcule los inventarios planeados.

55. El producto A consta de 2 unidades del subensamblable B, 3 del C y 1 del D. B está compuesto de 4 unidades E y 3 F; C está compuesto de 2 unidades H y 3 D. H está compuesto de 5 unidades E y 2 unidades G.

La demanda existente es de 10 unidades A para la semana 10, 20 para la semana 11 y 10 para la semana 12.

Se tienen las siguientes cantidades en inventario y los siguientes tiempos de compra o fabricación:

Elemento	Inventario	Tiempo
A	3	2
B	4	2
C	5	1
D	0	3
E	60	2
F	10	1
G	30	1
H	0	3

Con los datos anteriores:

- Dibuje el diagrama de árbol del producto A.
- Calcule el plan de emisión de órdenes para el MRP.
- Calcule los inventarios planeados.

56. El producto A consta de los subensambles B y C. El subensamblable B requiere dos partes D y una parte E. El subensamblable C requiere una parte D y una F.

Problemas propuestos

- a) Dibuje un árbol de estructura del producto.
 b) ¿Cuántas partes se necesitan para fabricar 100 unidades terminadas de este producto?

57. El producto A está compuesto por una parte D y 2 subensambles C, el subensamble C está formado de 2 partes D y una B. Los inventarios y tiempos de entrega son:

Parte	Inventarios	Tiempo (sem.)
A	50	1
B	100	2
C	50	1
D	100	2

Si el programa maestro exige la producción de 200 unidades del producto A en la semana 5, y 100 en la semana 6:

- a) Desarrolle el diagrama de árbol del producto.
 b) Desarrolle un plan de materiales para este producto.
 c) ¿Qué acciones deben tomarse en forma inmediata?
 d) Projete el inventario futuro para cada parte.

58. El producto G se compone de los subensambles A, B y C. El subensamble A se compone del subensamble D y de la parte Y. El subensamble B está formado por 4 partes X y 3 partes Z. El subensamble C contiene 4 partes Z y una parte V. El subensamble D consta de 3 partes M y una parte N. Se tiene una demanda de 200 productos G para la semana 10.

Las existencias actuales en inventario y los tiempos de fabricación o de entrega de cada elemento del producto se ilustran en el siguiente cuadro:

Elemento	Existencia	Tiempo (sem.)
A	0	2
B	10	1
C	0	4
D	5	1
M	25	4
N	15	3
X	0	5
Y	0	2
Z	10	1
V	0	1
G	20	1

También debe tomarse en cuenta que 20 unidades de la parte Y llegarán la semana 2, y 5 unidades de la parte Z llegarán la semana 5.

- a) Elabore el diagrama de árbol del producto.
- b) Determine el plan de emisión de órdenes para un MRP.
- c) Determine los inventarios planeados.

59. El producto A está formado por un subensamblé B, 3 partes C y 4 partes F. El subensamblé B requiere una parte D y un subensamblé E. El subensamblé E consta de 3 partes H y 4 partes F, una parte G y una parte D.

La demanda para el producto A es de 50 unidades para la semana 7, 100 para la semana 5 y 150 para la semana 4.

Las existencias actuales, pedidos pendientes y tiempos de fabricación o de entrega se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Elemento	Tiempo (sem.)	Inventario
A	2	10
B	1	8
C	2	15, 10 (sem. 2)
D	3	50, 20 (sem. 3), 30 (sem. 4)
E	1	50
F	1	80
G	1	0
H	1	0

- a) Elabore el diagrama de árbol del producto.
- b) Calcule el plan de emisión de órdenes para MRP.
- c) Determine los inventarios planeados.

Asegurar la demanda es despidir y contratar gente

60. El producto H se compone de los subensambles A, B y C.

El subensamblé A tiene un subensamblé D y una parte Y.

El subensamblé B tiene 4 partes X y 3 partes Z.

El subensamblé C tiene 4 partes Z y 2 partes V.

El subensamblé D tiene 3 partes M y 2 partes N.

Las existencias actuales y los tiempos de fabricación o de entrega de cada elemento se ilustran a continuación.

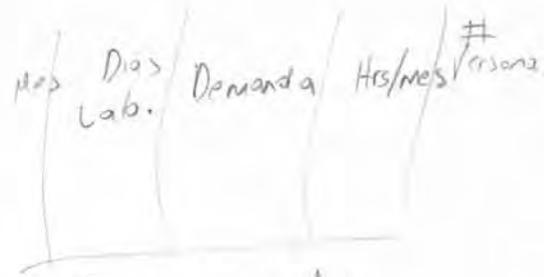
Elemento	Inventario	Tiempo (sem.)
A	0	2
B	10	1
C	0	4
D	5	1
M	25	2
N	15	3
X	0	5
Y	0	2
Z	10	1
V	0	1

Problemas propuestos

Se sabe que 20 unidades de la parte Y llegarán en la semana 2, y que 5 unidades de la parte Z llegarán en la semana 5. Si se tiene una demanda de 200 productos H para la semana 10 y 150 para la 8:

- a) Elabore el diagrama de árbol del producto.
- b) Determine el plan de emisión de órdenes para un MRP.
- c) Proyecte los inventarios planeados.

b) Asegurar la demanda



PLANEACIÓN AGREGADA

- 61. Tomando en cuenta la siguiente demanda:
 Costo de mantenimiento = 2 yens/unidad/mes
 Costo de escasez = 5 yens/unidad/mes
 Sueldo por operaria = 60 000 yens/mes
 Horas de producción por producto = 20

a) \bar{D} y trabajo cte

Trabajo de 5 días a la semana durante 8 horas por día, los días laborables que aparecen en el cuadro. Evalúe la estrategia de producir la demanda media con fuerza de trabajo constante.

Mes	Días laborables	Demanda	Mes	Días laborables	Demanda
1	22	600	7	22	300
2	18	900	8	22	400
3	20	800	9	21	500
4	20	400	10	20	900
5	21	300	11	22	1 000
6	20	600	12	16	800

costo contratar \$500/persona para estrategia b)

costo despido \$900/per

- 62. Una empresa que manufactura televisores desea un plan de producción agregada para los próximos 12 meses; el pronóstico de demanda y los días laborables por mes se presentan a continuación:

Mes	Días laborables	Demanda	Mes	Días laborables	Demanda
1	22	600	7	22	200
2	19	800	8	21	200
3	21	900	9	21	300
4	21	600	10	20	700
5	22	400	11	22	800
6	20	300	12	15	900

El inventario al inicio del periodo de planeación es de 200 unidades. Se desea mantener como inventario de seguridad 20% de la demanda mensual. Se trabaja un turno de 8 horas por día, y se requieren 10 horas para producir un televisor. El costo de mantener el inventario es de 2 yens/uni-

dad/mes y el costo de subcontratación es de 10 yens/unidad. El costo de escasez es de 5 yens/unidad/mes. El costo de contratación es de 250 yens/trabajadora y el costo de despido es de 400 yens/trabajadora.

El sueldo para trabajadoras de planta es de 60 000 yens/mes. El tiempo extra se paga a 3 000 yens/hora. Las trabajadoras eventuales implican un costo de 50 000 yens/mes.

Con los datos anteriores, evalúe las siguientes estrategias:

- a) Producción de los requerimientos netos.
- b) Producción de la demanda media con fuerza de trabajo constante.

63. Con los datos del problema anterior, considere las siguientes estrategias y calcule el costo total asociado.

a) Producción de la demanda media y el uso de 15% de tiempo extra cuando haga falta para evitar escasez, con fuerza de trabajo constante.

b) Producción con una fuerza de 24 trabajadoras de planta y utilización de trabajadoras eventuales cuando haga falta para evitar escasez.

c) ¿Cuál estrategia elegiría entre las cuatro anteriores?

64. Se tiene la siguiente demanda en unidades de cierto producto sobre los próximos seis meses: 8 000, 10 000, 12 000, 8 000, 6 000, 5 000.

Se cuenta con un inventario inicial de 10 000 unidades. El sueldo por operaria en tiempo normal es de \$ 800/mes. Contratar una persona cuesta \$ 200.00. Cada operaria puede fabricar 100 unidades por mes.

Se desea tener un inventario final de al menos 10 000 unidades. El costo de mantener el inventario es de 4 centavos/unidad/mes. El tiempo extra se paga a 150% del tiempo normal.

a) Evalúe el costo de la estrategia de nivelación de la fuerza de trabajo (puede usar tiempo extra para completar el inventario de seguridad si hace falta).

b) Evalúe el costo de la estrategia de nivelación de fuerza de trabajo usando 20% de tiempo extra en los dos meses de mayor demanda.

c) ¿Cuál plan elegiría?

65. La compañía Sooty Inc. desea un plan de producción agregada para su nuevo producto X-10. Con la siguiente información evalúe los dos planes propuestos y decida cuál recomendaría a la empresa.

Demanda pronosticada en unidades para los meses de enero a junio: 500, 600, 650, 800, 900, 800.

Inventario inicial y final = 200 unidades

Costo de mantenimiento = \$ 120/unidad/año

Costo de escasez = \$ 20/unidad/mes

Costo de contratación = \$ 50/persona

Costo de despido = \$ 100/persona

Costo por mano de obra (en tiempo normal) = \$ 12.50/hora

Horas de mano de obra por unidad = 4

Días laborables por mes = 22

Trabajadoras actuales = 10

Estrategias:

- a) Producir la demanda exacta, variando la fuerza de trabajo.
- b) Producción constante con 15 operarias.

66. Un fabricante de pasta para sopas produce tres tipos principales de pasta, cada una de las cuales se vende en diferentes presentaciones, como se indica a continuación:

<i>Tipos de pasta</i>	<i>Presentación</i>	<i>Contenido (g)</i>
Fideos	Bolsa	300
Tallarines	Caja	350
Letras	Bolsa pequeña	250
	Bolsa grande	500

La demanda esperada para los próximos seis meses es:

<i>Pasta</i>	<i>Cantidad esperada (bolsas/cajas)</i>					
	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>
Fideos	3 500	3 500	3 000	2 500	2 000	2 000
Tallarines	4 500	4 500	4 000	3 800	3 000	3 500
Letras bolsa pequeña	5 000	5 000	4 500	4 500	4 000	4 000
Letras bolsa grande	4 000	4 000	3 800	3 500	3 000	3 000

Actualmente la empresa cuenta con 80 empleadas, cada una de las cuales puede producir 500 gramos de pasta por hora. Se trabaja un solo turno de 8 horas diarias durante 20 días al mes. El costo por almacenaje es de 0.1 liras/g/mes. El costo por contratar una nueva empleada es de 1 000 liras y por despedirla es de 5 000 liras, el costo por faltantes es de 1 000 liras/kg/mes.

Cada empleada tiene un sueldo de 15 000 liras/mes; el inventario de seguridad debe ser de 800 kg/mes.

Suponga inventario inicial igual a cero. Se permiten faltantes hasta de 8 kg/mes sin costo alguno solamente para la estrategia uno.

El costo marginal de subcontratación es de \$ 15/kg.

De las siguientes estrategias, ¿cuál elegiría usted? Explique por qué.

- a) Producir la demanda esperada cada mes.
- b) Producir todos los meses a capacidad normal con 80 empleadas.
- c) Producir con 55 empleadas y subcontratar lo necesario para no tener faltantes.

ASIGNACIÓN

67. Se tienen los siguientes tiempos de las operaciones que requieren fresado:

Trabajo	Máquina			
	A	B	C	D
T2/O1	1	4	6	3
T3/O4	9	7	10	9
T1/O6	4	5	11	7
T2/O7	8	7	8	5

Usando el método húngaro, determine la asignación óptima de los trabajos a las máquinas.

68. Con base en los siguientes datos encuentre una solución de asignación que reduzca el costo total. Utilice el método de índices.

Parte núm.	Cantidad a ordenar
X1	100
X2	50
X3	100
X4	50

Parte	Costo por hora (\$)			Tiempo por pieza (mín.)		
	Máq. A	Máq. B	Máq. C	Máq. A	Máq. B	Máq. C
X1	4	2	3	20	25	30
X2	5	4	2	40	42	30
X3	2	3	4	30	25	36
X4	4	2	3	40	50	35

Se tiene un tiempo disponible total de 75 horas por máquina.

69. Para los siguientes datos, encuentre una asignación factible usando el método de índices.

Trabajo	Máquina					
	A		B		C	
	Costo A	Índice	Costo B	Índice	Costo C	Índice
1	250	0.39	200	0.11	180	0.00
2	150	0.00	325	1.67	170	0.13
3	110	0.00	120	0.09	140	0.27
4	*	*	*	*	*	*

* Para el trabajo 4 se requieren 100 unidades y los costos por hora son: \$ 7.00 en la máquina A, \$ 6.00 en la B y \$ 8.00 en la C. Los tiempos por pieza son 15 min. en A, 12 min. en B y 20.4 min. en C.

Problemas propuestos

Se tiene un límite de costo de \$ 200.00 para la máquina A, \$ 250.00 para la B y \$ 200 para la C.

- a) Calcule los índices de costos para el trabajo 4.
- b) Calcule la asignación factible.
- c) ¿Cuál es el costo asociado?

70. Se tienen cinco operaciones que deben ser asignadas a las máquinas, con los costos que se observan en el siguiente cuadro:

Operación	Máquina				
	A	B	C	D	E
1	7	2	4	5	3
2	6	4	9	8	5
3	5	6	4	8	3
4	3	6	4	5	5
5	4	3	2	5	4

Empleando el algoritmo húngaro de asignación, determine:

- a) ¿Cuál es la asignación óptima?
- b) ¿Cuál es el costo asociado?

71. Resuelva el siguiente problema de asignación usando el método húngaro.

Operación	Máquina			
	A	B	C	D
1	5	10	6	7
2	6	9	12	8
3	9	10	7	4
4	5	12	3	8

72. Resuelva el siguiente problema de asignación usando el método de índices.

Trabajo	Máquina					
	A		B		C	
	Tiempo	Índice	Tiempo	Índice	Tiempo	Índice
1	40	0.0	50	0.2	60	0.3
2	50	0.6	30	0.0	40	0.1
3	60	0.0	80	0.7	70	0.5
4	30	0.2	20	0.0	40	0.4

Se tiene un límite de tiempo disponible de 85 unidades para cada máquina.

73. Resuelva el siguiente problema de asignación con el método húngaro.

Operación	Máquina			
	A	B	C	D
1	1	4	6	3
2	9	7	10	9
3	4	5	11	7
4	8	7	8	5

74. Resuelva el siguiente problema de asignación con el método de índices.

Trabajo	Máquina					
	A		B		C	
	Tiempo	Índice	Tiempo	Índice	Tiempo	Índice
1	40	0.0	50	0.25	80	0.92
2	27	0.0	30	0.11	55	1.0
3	100	1.0	20	0.0	50	0.5
4	40	0.6	25	0.0	50	1.0

Se tiene un tiempo límite disponible de 60 unidades para cada máquina.

CARGA DE MÁQUINAS

75. Se tiene la siguiente información para 4 trabajos y 3 máquinas.

Trabajo	Horas/máquina	Fecha de entrega (día)
1	A/3, B/2, C/2	3
2	C/3, B/5	2
3	B/6, A/4, C/2	6
4	C/4, A/1, B/2	4

Suponga que se usan 6 horas de tiempo de movimiento y espera entre centros de trabajo. Realice la carga de máquinas hacia adelante y diga cuál es la fecha de entrega más temprana posible. El día laboral consta de 8 horas.

76. Partiendo de los siguientes datos y mediante una carga de máquinas hacia adelante, diga cuáles

Problemas propuestos

son las fechas de entrega más probables para los trabajos y si son consistentes con las fechas de entrega prometidas.

Considere 8 horas por día de trabajo y 4 horas de tiempo promedio de desplazamiento y espera.

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	B/2, C/3, A/4	4
2	A/6, C/3	3
3	A/6, C/4, B/5	3
4	C/5, B/6, A/3	4
5	B/4, C/2	3

77. Para los siguientes datos, diga cuáles son las fechas de entrega más tempranas posibles, mediante una carga de máquinas.

Se tienen 9 horas de tiempo promedio de desplazamiento y espera y se trabaja un turno de 8 horas.

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>
1	B/1, C/4, A/3
2	C/5, A/2
3	A/2, B/3, C/4
4	C/4, A/2, B/3

78. Con la siguiente información:

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	W/5, X/4, Y/6	5
2	W/3, Z/5	4
3	X/4, Z/6, W/3	5
4	W/2, X/1, Z/3	3
5	X/6, Y/15	4

lleve a cabo la carga de máquinas hacia atrás.

Se trabajan 8 horas por día y el tiempo de espera y desplazamiento promedio es de 6 horas. Diga si es posible cumplir las fechas de entrega y dé las fechas más tardías de inicio.

79. Con la siguiente información:

Problemario de planeación y control de la producción

<i>Trabajo</i>	<i>Máquina/tiempo operación</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	A/6, B/4, C/2	5
2	C/2, A/4	2
3	B/6, A/1, C/3	4
4	C/2, A/1, B/2	2

prepare la carga de máquinas hacia adelante. Considere 7 horas de tiempo de espera y despacho promedio. ¿Pueden cumplirse las fechas de entrega deseadas?

80. Con los siguientes datos lleve a cabo la carga de máquinas hacia atrás y diga si las fechas de entrega propuestas son factibles; diga cuál es la fecha más lejana de inicio.

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	C/6, A/4, B/6	4
2	A/3, B/5, C/6	5
3	B/2, A/3	2
4	B/5, C/4, A/3	6

Considere el tiempo de espera y desplazamiento como 6 horas. Se trabajan turnos de 8 horas.

SECUENCIACIÓN Y REGLAS DE DESPACHO

81. Se tienen los siguientes datos para las órdenes que se deben producir el siguiente mes:

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	3/A, 5/B, 2/C	2
2	6/B, 2/A	2
3	4/C, 6/B, 1/A	3
4	4/A, 3/C, 5/B	4

Usando la regla de despacho de MINPRT, elabore el programa de trabajo detallado usando una gráfica de Gantt.

Diga cuáles serían las fechas de entrega reales y calcule el costo del programa si el costo/hora entregada tarde es de \$ 2 500.00, el costo/hora por máquina ociosa es de \$ 60.00 y el costo/hora en cola es de \$ 85.00. Se trabajan días de 7 horas.

82. Con los siguientes datos diga cuál sería la secuencia de proceso según las siguientes reglas de despacho:

a) MINSOP, b) MINPRT, c) MINDD, d) FCFS.

Trabajo	Horas/máquina	Fecha de entrega (día)
1	A/1, B/3, C/2	1
2	B/1, C/4, B/2	3
3	A/2, C/3, B/3	2
4	B/4, C/1	4
5	C/3, A/2, B/4	3

83. Para la secuencia obtenida con la regla MINPRT, lleve a cabo la secuenciación detallada para los datos del problema anterior. Considere que sólo hay dos operarias, la operaria 1 sólo puede manejar las máquinas A y C, y la operaria 2 puede operar las tres. Diga cuáles son las fechas de entrega reales y calcule la utilización de las máquinas, del personal y los tiempos en cola por trabajo.

84. Para los siguientes datos diga cuál será la secuencia de proceso para las reglas de despacho MINPRT y MINSOP:

Trabajo	Horas/máquina	Fecha de entrega (horas)
1	2/A, 3/B, 2/C, 4/D	20
2	3/C, 2/D, 4/A	12
3	5/A, 2/D, 4/B, 1/C	18

85. Para la carga de trabajo del problema anterior elabore las secuencias detalladas usando gráficas de Gantt para las reglas de despacho MINPRT y MINSOP.

Basándose en el tiempo en cola y la utilización total de la maquinaria, diga cuál regla de despacho elegiría.

86. Para la siguiente carga de trabajo secuencie usando la regla de MINSOP.

- a) ¿Cuál es el tiempo total en cola?
- b) ¿Cuál es la utilización total de la maquinaria?

Problemario de planeación y control de la producción

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (día)</i>
1	5/W, 4/X, 6/Y	5
2	3/W, 5/Z	4
3	4/X, 6/Z, 3/W	5
4	2/W, 1/X, 3/Z	3
5	6/X, 15/Y	4

Se trabajan 8 horas por día.

87. Para la carga de trabajo del problema anterior secuencie usando la regla de MINPRT.

- ¿Cuál es el tiempo en cola?
- ¿Cuál es la utilización total de la maquinaria?
- ¿Cuál regla de despacho elegiría, MINSOP o MINPRT?

88. Un taller requiere la programación de actividades para las próximas 38 horas. La carga de trabajo es:

<i>Trabajo</i>	<i>Horas/máquina</i>	<i>Fecha de entrega (horas)</i>
1	C/4, B/6, A/7	18
2	A/5, C/8, B/3	15
3	B/4, C/3, A/1	9
4	A/3, C/2	10
5	B/1, A/2, C/1	7

El costo por hora de retraso en la entrega es de \$ 2 000.00; si una orden se termina antes de la fecha de entrega no se incurre en ningún costo de almacenamiento. Suponga que siempre hay un operario cuando se requiere: la programadora debe elegir entre dos reglas de despacho: mínimo tiempo de entrega y mínimo tiempo de proceso. El costo por tiempo ocioso es de \$ 500.00 por hora para la máquina A, \$ 800.00 para la B, y \$ 1 000.00 para la C.

Con los datos anteriores y usando gráficas de Gantt, haga la secuenciación para ambas reglas de despacho. ¿Cuál elegiría y por qué?

89. Ordene los siguientes trabajos según las reglas de despacho señaladas: mínimo tiempo de proceso, mínima holgura y mínima fecha de entrega.

Problemas propuestos

Trabajo	Horas/máquina	Fecha de entrega (día)
1	A/3, C/4, A/6, B/5	4
2	C/2, A/4, B/5	2
3	B/3, A/4, C/3, B/4	3
4	A/5, B/6, C/3	5

90. Para los datos del problema anterior considere días laborables de 8 horas. Con los resultados de la regla MINSOP lleve a cabo la secuenciación; considere dos operarias, las cuales pueden manejar todas las máquinas. Calcule el tiempo de espera total, las fechas de entrega reales, la utilización de la maquinaria y de la mano de obra individual y total. Cargue primero la operaria uno.

BALANCEO DE LÍNEAS

91. Con base en la siguiente información construya el diagrama de precedencia y balancee la línea con el método de pesos posicionales, con un tiempo de ciclo de 15 unidades.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
1	—	2	A
2	1	3	A
3	1	4	A
4	2	5	A
5	4	2	B
6	2, 1	3	B
7	3	4	B
8	7	5	B
9	6, 1	5	B
10	8, 5, 6, 9	2	B

92. Con la siguiente información construya el diagrama de precedencias y balancee la línea con el método de pesos posicionales, con un tiempo de ciclo de 12 unidades.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Problemario de planeación y control de la producción

Actividad	Actividad precedente	Tiempo
1	-	4
2	1	3
3	1	5
4	2	8
5	2,4	4
6	2,1	3
7	3,5,6	5
8	7	2
9	8,5,6	10

93. Con la siguiente información construya el diagrama de precedencias y balancee la línea con el método de pesos posicionales. Considere un tiempo de ciclo de 13 unidades.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
A	—	2	a
B	A	5	b
C	A	3	c
D	A	4	b
E	B, C	5	c
F	E, C, D	6	c
G	D	5	c
H	A	3	a
I	H	2	a
J	D, G	4	a
K	I, J	8	b
L	K	4	b
M	K	3	b
N	L, K, M, I	2	c
O	J	5	b

94. Con la siguiente información construya la red de precedencia y balancee la línea con el método de pesos posicionales; use un tiempo de ciclo de 10 segundos.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Problemas propuestos

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
1	—	3	a
2	1	2	a
3	1	3	a
4	2,3	4	a
5	—	3	b
6	5	3	b
7	6	4	a
8	6	3	b
9	6	2	b
10	7,8,9	2	b
11	4,10	4	b

95. Con los siguientes datos construya la red y balancee la línea con el método de pesos posicionales. Use un tiempo de ciclo de 10 segundos.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo
1	—	2
2	1	4
3	1	5
4	1	2
5	3	5
6	4	3
7	2,5,6	4
8	7	2
9	6	4
10	8,9	3
11	10	2

96. Construya la red y balancee la línea con los siguientes datos. Tiempo de ciclo = 15 minutos.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Problemario de planeación y control de la producción

Actividad	Actividad precedente	Tiempo
0	—	1
1	—	3
2	0	1
3	0	2
4	0	4
5	1	8
6	1	3
7	1	2
8	1	2
9	—	4
10	—	3
11	9, 10	8
12	2, 3	5
13	4, 5, 6	4
14	6, 7	4
15	7, 8	2
16	11, 15	5
17	12, 13	5
18	14	4
19	15	5
20	17, 18	1
21	16	1
22	19, 21	2
23	20, 22	6

97. Con los siguiente datos dibuje la red y balancee la línea con un tiempo de ciclo de 10 segundos.

- Calcule la eficiencia de la línea.
- Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
1	—	3	a
2	1	2	a
3	1	3	a
4	2, 3	4	a
5	—	3	b
6	5	3	b
7	4, 6	4	a
8	6	3	b
9	6	2	b
10	7, 8, 9	2	b
11	4, 10	4	b

Problemas propuestos

98. Con la siguiente información construya la red y balancee la línea con el método de pesos posicionales. Tiempo de ciclo = 10 segundos.

- a) Calcule la eficiencia de la línea.
b) Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
1	—	2	a
2	1	4	a
3	1	5	a
4	1	2	b
5	3	5	a
6	4	3	b
7	2, 5, 6	4	a
8	7	2	b
9	6	4	a
10	8, 9	3	b
11	10	2	b

99. Construya la red y balancee la línea con el método de pesos posicionales para los siguientes datos. Use un tiempo de ciclo de 15 minutos.

- a) Calcule la eficiencia de la línea.
b) Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo
1	—	2
2	1	2
3	1	7
4	1	2
5	4	1
6	5	2
7	2	4
8	3	5
9	8	4
10	7	2
11	4, 10	4
12	11	4
13	12	3
14	4, 12	5
15	12	6
16	15	1
17	14	3
18	17	5
19	15	2
20	16, 17, 18, 19	5

100. Con la siguiente información dibuje la red y balancee la línea utilizando el método de pesos posicionales. Use un tiempo de ciclo de 15 segundos.

- a) Calcule la eficiencia de la línea.
- b) Calcule la eficiencia de cada estación.

Actividad	Actividad precedente	Tiempo	Zona
1	—	3	a
2	1	4	b
3	1	5	a
4	1	2	c
5	4	4	c
6	3	5	a
7	2	3	b
8	7	2	a
9	8	4	a
10	7,9	3	a
11	9	5	b
12	9	2	a
13	11,10	3	b
14	13	5	b
15	14	6	b
16	5	6	c

CAPÍTULO VIII

SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS PROPUESTOS

PRONÓSTICOS

1. El MSE para $N = 3$ es 82.92.
El MSE para $\alpha = 0.4$ es 82.12.
Por tanto, se elegiría el SES con $\alpha = 0.4$, ya que el error es un poco menor.
2. El MSE para $N = 3$ es 0.83.
El MSE para $\alpha = 0.5$ es 0.75.
Por tanto, se elige el SES con $\alpha = 0.5$.
3. a) Ya que el MSE para $N = 3$ es 0.61 y el MSE para $\alpha = 0.4$ es 1.01, se elige el PMS con $N = 3$.
b) Si $N = 5$ el pronóstico se suaviza más.
 $\alpha = 0.8$ tendría el efecto de suavizar menos la serie.
4. b) Pronóstico: 140.
c) Pronóstico: 128.72.
d) MAD con $N = 3$: 43.13.
MAD con $\alpha = 0.3$: 36.05 (calculado sobre los mismos 5 periodos que el de PMS). Por tanto, se elige SES con $\alpha = 0.3$.
5. a) Pronósticos = 15.78, 15.52, 15.27, 15.01.
Al aumentar el número de periodos adelante a pronosticar se incrementa el error; así, el cuarto valor sería mucho menos confiable que el primer valor pronosticado.
b) lím. = 1.03, señal de rastreo = -0.11, -0.52, -0.84, -0.17, -0.26.
El sistema está bajo control.
c) No, ya que se requerirían $2(4) - 1 = 7$ datos para calcular el primer pronóstico y sólo se tendrían dos valores para evaluar el error y por tanto un solo valor para la señal de rastreo. Lo anterior no es suficiente para evaluar el método adecuadamente.
6. a) Pronósticos = 230.42, 216.09.
MAD = 65.85.
7. a) Pronósticos = 225.51, 249.18.
b) MAD = 79.72.
c) El MAD del problema 5 es 65.85, pero fue calculado sobre 13 periodos; para poder compa-

rarlo con el MAD de este ejercicio es necesario calcularlo sobre el mismo periodo. Así, el MAD del problema 5 sobre 9 periodos es 70.49; por tanto, se elige el PMD con $N = 4$ para esta serie.

8. a) 25.17, 26.58.
b) lím. $T = 0.8613$. El sistema está dentro de control.
9. a) 102 500.
b) 103 750.
10. a) 125.79.
b) 127.58.
c) MSE con $\alpha = 0.1 = 1\ 904.63$.
MSE con $\alpha = 0.3 = 1\ 808.52$.
Se elige $\alpha = 0.3$.
11. a) 59.36.
b) 680.328.
c) lím. $T_t = 0.8166$. El sistema está dentro de control.
12. a) 68.285.
b) 601.1675.
13. a) PMS: 189.5 y 196.87.
PMD: 208.9 y 216.6.
b) MSE de PMS: 507.84.
MSE de PMD: 486.
Se elige el de PMD.
14. a) $N = 3$: 1 491.9, 1 471.68, 1 451.46, 1 431.24.
 $N = 5$: 1 643.52, 1 681.36, 1 719.2, 1 757.04.
b) MSE $N = 3$: 52 288.1.
 $N = 5$: 40 414.06.
15. a) $\alpha = 0.2$: 1 540.17, 1 548.95, 1 557.73, 1 566.51.
 $\alpha = 0.6$: 1 526.02, 1 526.44, 1 526.87, 1 527.29.
b) MSE $\alpha = 0.2$: 17 643.7.
 $\alpha = 0.6$: 36 002.835.
Se elige $\alpha = 0.2$.
c) Se elegiría SED con $\alpha = 0.2$.
16. a) $N = 3$: 2 440.
 $N = 5$: 2 034.
b) MAD $N = 3$: 693.88.
 $N = 5$: 509.33.
Se obtienen mejores resultados con $N = 5$.

17. a) $N = 4$ P: 4 081.25.
 $N = 6$ P: 4 305.84.
 b) MSE $N = 4$ P: 237 162.54.
 $N = 6$ P: 273 516.45.
 Se elige $N = 4$.
18. a) PMD $N = 4$ P: 40.07.
 SED $\alpha = 0.3$ P: 59.73.
 MSE $N = 4$: 553.58.
 $\alpha = 0.3$: 247.38.
 Se elige SED con $\alpha = 0.3$.
 b) lím. $T = \pm 0.86$. El sistema está dentro de control.
19. $a = 1$.
 $b = 1$.
 $r = 0.845$ y $r^2 = 0.714$.
 $y_7 = 8$.
20. a) $a = -2.058$.
 $b = 0.10314$.
 b) 98.96%.
 c) 132 neumáticos.
21. b) $a = 98.2631$.
 $b = 1.76$.
 c) 51.25.
 d) Sí es significativo.
 e) $r = 0.9489$ y $r^2 = 0.9005$.
 90.05% de la variación en Y se explica por X .
 f) Sí.
22. Pronóstico
- | | |
|----------|---|
| s/c | |
| 1 025.75 | |
| 932.85 | |
| 1 026.72 | |
| 1 220.81 | |
| 1 406.26 | El pronóstico con ciclicidad variará |
| 1 555.03 | dependiendo del ajuste que cada quien |
| 1 606.37 | realice para el factor cíclico. |
| 1 708.88 | Y por tanto la decisión depende del MSE |
| 1 721.73 | que resulte menor. |
| 1 662.21 | |
| 1 374.23 | |
| 1 148.31 | |
- MSE = 18 683.51.

23.

		s/c	c/c
a)	T1	321.82	319.9
	T2	440.5	435
	T3	478	478
	T4	364	365
b)	MSE	148	164

c) Se elige no utilizar la ciclicidad.

24.

1995	s/c	c/c
T1	226.416	224.16
T2	166.258	164.99
T3	227.35	225.07
T4	282.578	279.75
MSE	411.05	470.34

25

		s/c	c/c
a)	T1	337.01	378.34
	T2	425.29	486.57
	T3	540.42	629.86
	T4	349.75	415.15
b)	MSE	12 786.94	5 537.27

26. Inventarios

A: A1, X4; B: B10, Y5, C: resto.

27. A1: $Q_0 = 1\ 488$, $C_t = \$ 2\ 418.67$.

X4: $Q_0 = 556$, $C_t = \$ 1\ 669.25$.

28. a) $Q_0 = 200$, $C_t = \$ 72\ 690$.

b) 506.

29. a) $Q_I = 158.11$ rollos.

$Q_{II} = 188.56$ rollos.

$Q_{III} = 189.31$ rollos.

b) $P_{RI} = 34.9$ rollos.

$P_{RII} = 42.71$ rollos.

$P_{RIII} = 33.69$ rollos.

c) $C_T = \$ 1\ 353.4098$.

30. a) $t = 1.3281$ días.

b) $Q_I = 30.28$ rollos.

$$Q_{II} = 21.25 \text{ rollos.}$$

$$Q_{III} = 34 \text{ rollos.}$$

c) 77.56 m de cada tipo de alfombra.

31. a) $Q_0 = 5\,000$.

b) $C_t = \$1\,602\,000.00$.

c) 563.

d) 463.

32. a) 1.5.

b) $A = 13\,001.36$, $B = 8\,450.88$, $C = 29\,253.07$.

c) $\$92\,336.34$.

33. a) 465.47 kg.

b) 3.5 semanas.

c) 660 kg.

34. a) 33.33 cajas.

b) 17 días.

c) $\$600/\text{año}$.

35. a) 5 unidades.

b) 1.13 unidades.

c) 25 días.

36. a) $t = 25$ días, $M = 6.68$ unidades.

b) Para Q , $C_t = \$533$, para P , $C_t = \$588$.

c) Porque el inventario de seguridad es mayor.

37. a) 35.35 válvulas.

b) 2.32, 2.87, 4.38, 5.2.

38. a) $A = F$, $B; B = E$, $A; C = D$, C .

39. a) 332.82 unidades.

b) 115.2 unidades.

c) $\$649.00$.

40. a) 2 corridas.

b) $Q_1 = 1\,330$ cajas, $Q_2 = 2\,500$ cajas, $Q_3 = 1\,165$ cajas, $Q_4 = 500$ cajas, $Q_5 = 1\,330$ cajas.

41. a) $Q_0 = 1\,000$ piezas.

$t_0 = 4$ días.

42. a) $Q_0 = 1\,414$ piezas.

b) Es más conveniente la entrega gradual.

43. a) $Q = 501$ unidades, $P_R = 234$ unidades.
b) $t_0 = 51$ días, $M = 765$ unidades.
44. a) $Q_0 = 2\,500$ unidades
b) $C_t = \$ 850\,281.66/\text{año}$.
45. a) 33.33 cajas.
b) 15 días.
c) \$ 30 600.00.
d) 500 kg.
46. a) A: 7, 10, 9; B: 6, 48; C: 3, 1, 2, 5.
47. a) 32 660 extensiones.
b) 8.17 semanas.
c) 6.12 corridas.
d) 6 532 extensiones.
e) 3 266 extensiones.
48. a) 80 unidades.
b) \$ 1 186 950.00.
c) 126.2 unidades.
d) 92.6 unidades.
49. a) 20 969.34, 22 356.31, 14 595.10, 15 141.60 unidades.
b) 1 003.32 unidades.
c) \$ 428 525.84.
50. a) 30 cajas.
b) En realidad no sería necesario, ya que la diferencia entre el costo asociado a $Q = 30$ y el de la Q óptima para $C = 20$ es de tan sólo \$ 1.00.
51. a) 309.84 unidades.
b) Para aceptar esta propuesta, C deber ser \$ 22.88/mochila.
c) \$ 7 019.76
52. a) 1 079.82 unidades.
b) 1 192.96 unidades.
c) 847.88 unidades.
53. b) X: 90 sem. 7, 150 sem. 9.
SE1: 90 sem. 5, 150 sem. 7.
SE2: 70 sem. 4, 330 sem. 6, 300 sem. 8.
A: 320 sem. 2, 600 sem. 4.
B: 160 sem. 3, 990 sem. 5, 900 sem. 7.
C: 75 sem. 3, 450 sem. 4, 660 sem. 5, 750 sem. 6, 600 sem. 7.

54. b) A: 200 sem. 4, 200 sem. 6, 500 sem. 8.
B: 400 sem. 3, 1 000 sem. 5.
D: 300 sem. 4, 1 500 sem. 6.
E: 3 000 sem. 1, 3 000 sem. 2.
F: 400 sem. 2, 1 000 sem. 4.
G: 7 500 sem. 2.
55. b) A: 7 sem. 8, 20 sem. 9, 10 sem. 10.
B: 10 sem. 6, 40 sem. 7, 20 sem. 8.
C: 16 sem. 7, 60 sem. 8, 30 sem. 9.
D: 256 sem. 4, 180 sem. 5, 110 sem. 6, 10 sem. 7.
E: 100 sem. 2, 600 sem. 3, 640 sem. 4, 160 sem. 5, 80 sem. 6.
F: 20 sem. 5, 120 sem. 6, 60 sem. 7.
G: 34 sem. 3, 240 sem. 4, 120 sem. 5.
H: 32 sem. 4, 120 sem. 5, 60 sem. 6.
56. b) A-100, B-100, C-100, D-300, E-100, F-100.
57. c) Deben ordenarse 150 partes B y 400 partes D.
58. G: 180 sem. 9.
A: 180 sem. 7.
B: 180 sem. 8.
C: 180 sem. 5.
D: 175 sem. 6.
Y: 160 sem. 5.
X: 680 sem. 3.
Z: 705 sem. 4, 510 sem. 7.
V: 180 sem. 4.
M: 500 sem. 2.
N: 160 sem. 3.
59. A: 140 sem. 2, 100 sem. 3, 50 sem. 5.
B: 132 sem. 1, 100 sem. 2, 50 sem. 4.
C: 395 sem. 1, 300 sem. 1, 150 sem. 3.
D: 82 sem. 4, 182 sem. 3, 100 sem. 2, 30 sem. 1, 20 sem. 1.
E: 82 sem. 1, 100 sem. 1, 50 sem. 3.
F: 328 sem. 2, 320 sem. 1, 560 sem. 1, 600 sem. 2, 200 sem. 4.
G: 82 sem. 2, 100 sem. 1, 50 sem. 2.
H: 246 sem. 2, 300 sem. 1, 150 sem. 2.
60. H: 130 sem. 7, 200 sem. 9.
A: 130 sem. 5, 200 sem. 7.
B: 120 sem. 6, 200 sem. 8.
C: 130 sem. 3, 200 sem. 5.
D: 125 sem. 4, 200 sem. 6.
Y: 110 sem. 3, 200 sem. 5.
K: 480 sem. 1, 800 sem. 3.

Problemario de planeación y control de la producción

Z: 510 sem. 2, 795 sem. 4, 360 sem. 5, 600 sem. 7.

V: 260 sem. 2, 400 sem. 4.

M: 350 sem. 2, 600 sem. 4.

N: 235 sem. 1, 400 sem. 3.

→ aprox

→ promedio de demanda

5600,00

61. Costo total = 14 417 554 o 13 693 114, dependiendo de cómo se redondee el número de operarios.
62. a) Costo = 25 425 254.
b) Costo = 24 494 177.
63. a) Costo = 36 996 690.
b) Costo = 24 038 588.
Se elige la alternativa (b) de este problema.
64. a) Costo = 411 680.8.
b) Costo = 413 902.4.
c) Se elige la estrategia (a) porque tiene un menor costo total.
65. a) Costo = 226 900.
b) Costo = 215 300.
66. a) Costo = 6 567 500.
b) Costo = 9 538 500.
c) Costo = 5 655 950.
67. T2/01 = A, T3/04 = C, T1/06 = B, T2/07 = D.
68. X1 = B, X2 = C, X3 = A, X4 = C.
69. a) 0.46, 0, 1.26.
b) 1 = C, 2 = A, 3 = B, 4 = B.
c) \$ 570.
70. a) 1 = D, 2 = B, 3 = E, 4 = A, 5 = C.
b) \$ 17.
71. T1 = A, T2 = B, T3 = D, T4 = C.
72. T1 = B, T2 = C, T3 = A, T4 = B.
73. T10 = A, T15 = C, T25 = B, T18 = D.
74. 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = B.
75. 1 = 3, 2 = 2, 3 = 3, 4 = 3.

76. $1 = 3, 2 = 2, 3 = 4, 4 = 3, 5 = 2$. Se cumplen todas las fechas de entrega, excepto la correspondiente al trabajo 3.
77. $1 = 4, 2 = 2, 3 = 4, 4 = 4$.
78. Se pueden cumplir todas las fechas de entrega.
 $1 = 2, 2 = 3, 3 = 2, 4 = 1, 5 = 1$.
79. $1 = 4, 2 = 2, 3 = 3, 4 = 3$. Se cumplen todas las fechas de entrega excepto la del trabajo 4.
80. $I = 1, II = 2, III = 1, IV = 3$. Se pueden cumplir todas las fechas de entrega.
81. Fechas de entrega: $1 = 13, 2 = 8, 3 = 18, 4 = 22$. Costo total = \$ 3 200.
82. a) 1, 3, 5, 2, 4.
b) 4, 1, 2, 3, 5.
c) 1, 3, 2, 5, 4.
d) 1, 2, 3, 4, 5.
83. Fechas de entrega (horas): $T1 = 9, T2 = 15, T3 = 19, T4 = 5, T5 = 25$.
Tiempos en cola: $T1 = 3, T2 = 8, T3 = 11, T4 = 0, T5 = 16$.
Utilización de maquinaria: $A = 20\%, B = 72\%, C = 52\%$.
Utilización del personal: op. 1 = 72%, op. 2 = 68%.
84. $MINPRT = 2, 1, 3; MINSOP = 2, 3, 1$.
85. Tiempo en cola: $MINPRT = 9, MINSOP = 9$.
Utilización total maquinaria: $MINPRT = 38.09\%, MINSOP = 40\%$.
Se elige MINSOP.
86. a) 37.
b) 58.3%.
87. a) 29.
b) 45%.
c) MINPRT.
88. MINDD, costo total = \$ 87 200.
MINPRT, costo total = \$ 105 200.
Se elige MINDD.
89. $MINPRT = II, III, IV, I$.
 $MINSOP = II, III, I, IV$.
 $MINDD = II, III, I, IV$.
90. Tiempo de espera = 38, fecha de entrega (horas): $I = 29, II = 11, III = 17, IV = 38$.

Utilización de maquinaria = 50%.

Utilización de personal = 75%.

91. Eficiencia de la línea = 77.7%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 93.3%, 2 = 93.3%, 3 = 46.6%.
92. Eficiencia de la línea = 91.67%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 100%, 2 = 25%, 3 = 100%, 4 = 100%, 5 = 83%.
93. Eficiencia de la línea = 81%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 85%, 2 = 92%, 3 = 100%, 4 = 85%, 5 = 62%, 6 = 62%.
94. Eficiencia de la línea = 82.5%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 90%, 2 = 100%, 3 = 60%, 4 = 80%.
95. Eficiencia de la línea = 90%.
Eficiencia de las estaciones. 1 = 90%, 2 = 80%, 3 = 100%, 4 = 90%.
96. Eficiencia de la línea = 94.4%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 100%, 2 = 100%, 3 = 86.7%, 4 = 86.7%, 5 = 100%, 6 = 93.3%.
97. Eficiencia de la línea = 82.5%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 80%, 2 = 90%, 3 = 80%, 4 = 80%.
98. Eficiencia de la línea = 72%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 70%, 2 = 50%, 3 = 90%, 4 = 80%, 5 = 70%.
99. Eficiencia de la línea = 92%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 100%, 2 = 86.7%, 3 = 100%, 4 = 93.3%, 5 = 80%.
100. Eficiencia de la línea = 68.88%.
Eficiencia de las estaciones: 1 = 86.66%, 2 = 46.66%, 3 = 73.33%, 4 = 86.66%, 5 = 80%, 6 = 40%.

BIBLIOGRAFÍA

- Bell, Robert y John Burnham, *Administración, productividad y cambio*, México, CECSA, 1996.
- Buffa, E. S. y W. H. Taubert, *Sistemas de producción e inventarios*, México, Limusa, 1975.
- Chase, Richard y Nicholas Aquilano, *Production and Operation Management*, Irving.
- Everett E., Adam, Jr. y Ronald Eber, *Administración de la producción y las operaciones*, Prentice Hall, 1989.
- Fogarty, Donald, John Blackstone y Thomas Hoffman, *Administración de la producción e inventarios*, México, CECSA, 1991.
- Greene, J. H., *Control de la producción, sistemas y decisiones*, Irwin, 1968.
- Henaine-Abed, Mariem, *Planeación y control de la producción*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1996.
- Hopeman, Richard, *Administración de producción y de operaciones*, México, CECSA, 1992.
- Mathur, Kamlesh y Daniel Solow, *Investigación de operaciones*, Prentice Hall, 1996.
- Narasimhan, Sim, Dennis Mc Leavey y Peter Billington, *Planeación de la producción y control de inventarios*, Prentice Hall, 1995.
- Orlicky, Joseph, *Materials Requirements Planning*, McGraw-Hill, 1975.
- Plossl, George, *Control de la producción y de inventarios*, Prentice Hall, 1985.
- Plossl, G. W. y O. W. Wight, *Production and Inventory Control*, Prentice Hall, 1967.
- Render, Barry y Jay Heizer, *Principios de administración de operaciones*, Prentice Hall, 1996.
- Schroeder, Roger, *Administración de operaciones*, McGraw-Hill, 1989.
- Taha, Hamdy, *Operations Research, an Introduction*, McMillan Publishing Co., 1971.
- Wheelwright y Makridakis, *Forecasting Methods for Management*, L. Wiley, 1977.

ÍNDICE

<i>Introducción</i>	9
<i>Capítulo I. Pronósticos</i>	11
1. Técnicas de suavizamiento	11
Problema 1.1.	11
Problema 1.2	12
Problema 1.3	13
Problema 1.4	15
Problema 1.5	16
Problema 1.6	18
Problema 1.7	19
Problema 1.8	19
Problema 1.9	20
Problema 1.10	21
Problema 1.11	23
Problema 1.12	24
Problema 1.13	27
Problema 1.14	27
Problema 1.15	30
Problema 1.16	31
Problema 1.17	33
Problema 1.18	34
Problema 1.19	35
Problema 1.20	36
Problema 1.21	38
Problema 1.22	41
2. Técnicas de descomposición de series de tiempo	43
Problema 2.1	43
Problema 2.2	50
Problema 2.3	53
Problema 2.4	56
3. Modelos causales	57
Problema 3.1	57
Problema 3.2	59
Problema 3.3	60
Problema 3.4	61
Problema 3.5	62

Problema 3.6	63
Capítulo II. Inventarios	65
4. Análisis ABC	65
Problema 4.1	65
Problema 4.2	67
Problema 4.3	67
Problema 4.4	69
5. Modelo clásico de tamaño económico de lote	70
Problema 5.1	70
Problema 5.2	72
Problema 5.3	73
Problema 5.4	75
Problema 5.5	76
Problema 5.6	77
Problema 5.7	77
Problema 5.8	78
6. Modelo que permite escasez	79
Problema 6.1	79
Problema 6.2	80
Problema 6.3	80
Problema 6.4	81
7. Modelo para descuentos por cantidad	82
Problema 7.1	82
Problema 7.2	83
Problema 7.3	84
Problema 7.4	85
8. Modelo para reposición no instantánea	87
Problema 8.1	87
Problema 8.2	87
Problema 8.3	88
Problema 8.4	89
9. Productos múltiples	90
Problema 9.1	90
Problema 9.2	94
Problema 9.3	95
Problema 9.4	97
10. Administración de inventarios. Sistemas Q y P	98
Problema 10.1	99
Problema 10.2	100
Problema 10.3	104
Problema 10.4	105
11. Sistemas MRP	109
Problema 11.1	109
Problema 11.2	111
Problema 11.3	113
Problema 11.4	115

Índice

<i>Capítulo III. Planeación agregada</i>	119
12. Método tabular para planeación agregada	119
Problema 12.1	119
Problema 12.2	120
Problema 12.3	121
Problema 12.4	121
Problema 12.5	122
Problema 12.6	124
Problema 12.7	126
<i>Capítulo IV. Programación de operaciones en un sistema de producción intermitente</i>	129
13. Asignación	129
Problema 13.1	129
Problema 13.2	130
Problema 13.3	131
Problema 13.4	132
Problema 13.5	133
Problema 13.6	134
Problema 13.7	135
Problema 13.8	137
14. Carga de máquinas	138
Problema 14.1	138
Problema 14.2	141
Problema 14.3	142
Problema 14.4	144
Problema 14.5	145
Problema 14.6	147
15. Secuenciación y reglas de despacho	151
Problema 15.1	151
Problema 15.2	152
Problema 15.3	153
Problema 15.4	154
Problema 15.5	156
Problema 15.6	157
Problema 15.7	159
Problema 15.8	161
Problema 15.9	164
Problema 15.10	166
<i>Capítulo V. Programación de operaciones en un sistema de producción en serie</i>	169
16. Balanceo de líneas	169
Problema 16.1	169
Problema 16.2	170
Problema 16.3	171
Problema 16.4	171
Problema 16.5	173
Problema 16.6	174
Problema 16.7	175

Índice

Problema 16.8	177
Problema 16.9	179
<i>Capítulo VI. Resumen de fórmulas utilizadas</i>	181
<i>Capítulo VII. Problemas propuestos</i>	185
Pronósticos	185
Inventarios	193
Planeación agregada	205
Asignación	208
Carga de máquinas	210
Secuenciación y reglas de despacho	212
Balanceo de líneas	215
<i>Capítulo VIII. Solución a los problemas propuestos</i>	221
<i>Bibliografía</i>	231

*Problemario de planeación y control
de la producción*

se terminó de imprimir en junio de 1999
en los talleres de Sans Serif Editores, S.A. de C.V.,
Leonardo da Vinci 199, col. Mixcoac, 03910 México, D.F.

El tiro consta de 1 000 ejemplares más sobrantes
para reposición.

La composición tipográfica, la formación, la producción
y el cuidado editorial estuvieron a cargo
de Sans Serif Editores,
telfax 5674 60 91.

Formato de Papeleta de Vencimiento

El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha señalada en el sello mas reciente

Código de barras. _____

FECHA DE DEVOLUCION

DEVUELTO

COSEI

~~27 NOV 2007~~

8/10/2013

[Handwritten signature]

233865



- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro

B

3

