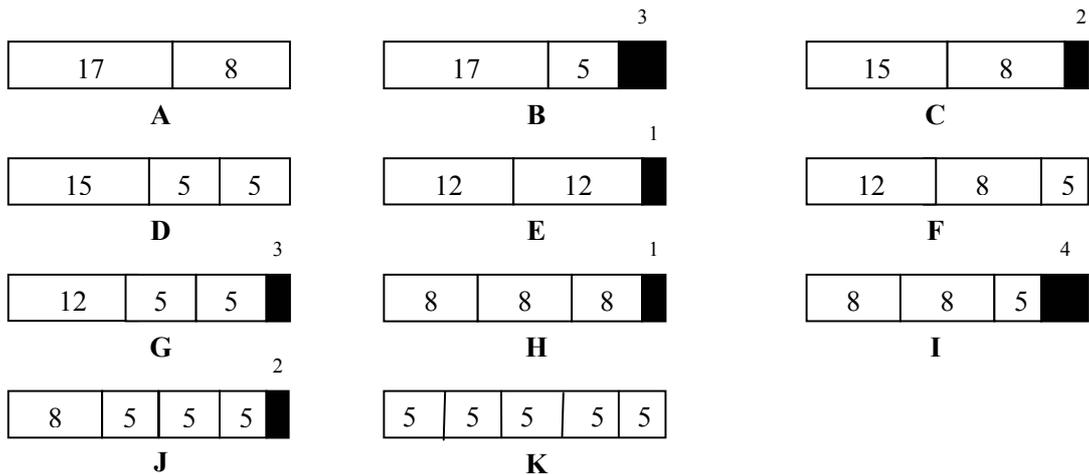


PROBLEMA DE FORMULACIÓN (Conceptos de PE, PB y PM)

Una compañía de papel vende rollos de papel de longitud fija en cinco anchos estándar 5, 8, 12 15 y 17 pies, de los cuales se requieren preparar para el fin del día, respectivamente, 40, 35, 30, 25, y 20 rollos. Del proceso de manufactura salen solamente rollos de 25 pies de ancho, de manera que éstos se toman de stock para ser cortados. Los rollos pueden cortarse en 11 diferentes patrones de corte: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, y K.



El costo de los rollos de 25 pies es de \$ 100 cada uno. La preparación del equipo para cada patrón de corte que se disponga implica un costo de \$ 200.

En un día determinado no pueden disponerse más de 4 patrones de corte.

Los tiempos de preparación de cada patrón dependen de la cantidad de cuchillas dispuestas.

	1 cuchilla	2 cuchillas	3 cuchillas	4 cuchillas
t	10 min	12 min	15 min.	18 min.

Observar que, por ejemplo, la disposición A requiere 2 cuchillas, la G 3 cuchillas y la J 4 cuchillas.

El tiempo de procesamiento de cada rollo de 25 pies es de 18 minutos.

La planta trabaja 24 horas por día.

1. Formular un modelo matemático para determinar los patrones de corte a fin de minimizar el costo.
2. Formular un modelo matemático para determinar los patrones de corte si se establecen las siguientes prioridades (en orden decreciente):
 - a. Satisfacer los requerimientos de rollos, sin superarlos.
 - b. No superar 4 disposiciones de patrones de corte por día.
 - c. Minimizar el desperdicio.
 - d. Minimizar la cantidad de rollos de 25 pies a cortar.

- e. Minimizar el costo.
- f. Maximizar la utilización operativa del equipo de corte.

1. Formulación

Definición de variables:

Z: Costo

R: Cantidad de rollos de 25 pies a cortar

NI : Cantidad de patrones de corte diferentes a disponer en el día

DESP: Desperdicio

A, B, C, ... : Variables enteras para indicar la cantidad de rollos de 25 pies a ser cortados con los distintos patrones A, B, C,

IA, IB, IC, ...: Variables binarias para permitir la activación de las variables A, B, C...

TPRE: Tiempo de preparación

TPRO: Tiempo de producción

MIN Z

ST

$$\text{COSTO)} - Z + 100 R + 200 NI = 0$$

$$\text{ROLLOS)} - R + A + B + C + D + E + F + G + H + I + J + K + L = 0$$

$$\text{DESP)} - \text{DESP} + 3 B + 2 C + 1 E + 3 G + 1 H + 4 I + 2 J = 0$$

$$05) B + 2 D + F + 2G + I + 3 J + 5 K \geq 40$$

$$08) A + C + F + 3H + 2I + J \geq 35$$

$$12) 2 E + F + G \geq 30$$

$$15) C + D \geq 25$$

$$17) A + B \geq 20$$

$$\text{INT A)} A - 100 IA \leq 0$$

$$\text{INT B)} B - 100 IB \leq 0$$

$$\text{INT C)} C - 100 IC \leq 0$$

$$\text{INT D)} D - 100 ID \leq 0$$

$$\text{INT E)} E - 100 IE \leq 0$$

$$\text{INT F)} F - 100 IF \leq 0$$

$$\text{INT G)} G - 100 IG \leq 0$$

$$\text{INT H)} H - 100 IH \leq 0$$

$$\text{INT I)} I - 100 II \leq 0$$

$$\text{INT J)} J - 100 IJ \leq 0$$

$$\text{INT K)} K - 100 IK \leq 0$$

$$\text{No PAT)} IA + IB + IC + ID + IE + IF + IG + IH + II + IJ + IK - NI = 0$$

```

PAT MAX)  NI <= 4

T PREP)  - TPRE + 10 IA + 12 IB + 12 IC + 12 ID + 12 IE + 12 IF + 15 IG
          + 15 IH + 15 II + 18 IJ + 18 IK = 0

T PROD)  - TPRO + 18 R = 0

T TOT)   TPRE + TPRO <= 1440

END

INT IA
INT IB
INT IC
INT ID
INT IE
INT IF
INT IG
INT IH
INT II
INT IJ
INT IK

```

Nota: Primero se corrió el modelo sin el agregado de los comandos INT, pero se observó que las variables I_i que debería haber asumido valores binarios, resultaron continuas. En consecuencia se procedió a agregar los comandos INT y se resolvió, observándose que las variables A, B, \dots, L , resultaron discretas, por lo que no fue necesario forzarlas con el comando GIN. Se deben desestimar los costos de oportunidad y los valores marginales, debido a que no tienen significado práctico.

1. Solución

```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1)          7300.000

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
IA            1.000000      200.000000
IB            0.000000      200.000000
IC            0.000000     -3133.333252
ID            1.000000      200.000000
IE            1.000000      200.000000
IF            0.000000      200.000000
IG            0.000000      200.000000
IH            1.000000      200.000000
II            0.000000      200.000000
IJ            0.000000      200.000000
IK            0.000000      200.000000
Z            7300.000000      0.000000
R             65.000000      0.000000
NI            4.000000      0.000000
A             20.000000      0.000000
B             0.000000      33.333332
C             0.000000      0.000000
D            25.000000      0.000000

```

E	15.000000	0.000000
F	0.000000	16.666666
G	0.000000	50.000000
H	5.000000	0.000000
I	0.000000	33.333332
J	0.000000	66.666664
K	0.000000	100.000000
L	0.000000	100.000000
DESP	20.000000	0.000000
TPRE	49.000000	0.000000
TPRO	1170.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
COSTO)	0.000000	1.000000
ROLLOS)	0.000000	100.000000
DESP)	0.000000	0.000000
05)	10.000000	0.000000
08)	0.000000	-33.333332
12)	0.000000	-50.000000
15)	0.000000	-100.000000
17)	0.000000	-66.666664
INT A)	80.000000	0.000000
INT B)	0.000000	0.000000
INT C)	0.000000	33.333332
INT D)	75.000000	0.000000
INT E)	85.000000	0.000000
INT F)	0.000000	0.000000
INT G)	0.000000	0.000000
INT H)	95.000000	0.000000
INT I)	0.000000	0.000000
INT J)	0.000000	0.000000
INT K)	0.000000	0.000000
NO PAT)	0.000000	200.000000
PAT MAX)	0.000000	0.000000
T PREP)	0.000000	0.000000
T PROD)	0.000000	0.000000
T TOT)	221.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 265
 BRANCHES= 27 DETERM.= 1.000E 0

2. Formulación

Variables:

ZP: Costo por encima de la meta de costo 0.

DN05: Cantidad de rollos de ij pies por debajo de la meta de 40, etc.

DP05: Cantidad de rollos de 05 pies por arriba de la meta de 40, etc.

RP: Cantidad de rollos de 25 pies por encima de la meta de 0

DESPP: Desperdicio total por encima de la meta de 0.

NIP: Número de patrones de corte diferentes a disponer en un día, por encima de la meta de 4

TPRON: Tiempo de producción no utilizado con respecto a la meta de 1440 minutos por día.

El resto de las variables, igual que para el caso anterior.

```
MIN FUNC) 10000 DN05 + 10000 DN08 + 10000 DN12 + 10000 DN15 + 10000
DP17 + 10000 DP05 + 10000 DP08 + 10000 DP12 + 10000 DP15 + 10000 DP17 +
1000 NIP + 10 DESPP + RP + 0.001 ZP + 0.0000001 TPRON
```

ST

```
INT A)  A - 100 IA <= 0
INT B)  B - 100 IB <= 0
INT C)  C - 100 IC <= 0
INT D)  D - 100 ID <= 0
INT E)  E - 100 IE <= 0
INT F)  F - 100 IF <= 0
INT G)  G - 100 IG <= 0
INT H)  H - 100 IH <= 0
INT I)  I - 100 II <= 0
INT J)  J - 100 IJ <= 0
INT K)  K - 100 IK <= 0
```

```
META105)  B + 2 D + F + 2G + I + 3 J + 5 K + DN05 - DP05 = 40
META108)  A + C + F + 3H + 2I + J + DN08 - DP08 = 35
META112)  2 E + F + G + DN12 - DP12 = 30
META115)  C + D + DN15 - DP15 = 25
META117)  A + B + DN17 - DP17 = 20
```

```
No PAT)  IA + IB + IC + ID + IE + IF + IG + IH + II + IJ + IK - NI = 0
```

```
META 2)  NI - NIP = 4
```

```
DESP)  - DESP + 3 B + 2 C + 1 E + 3 G + 1 H + 4 I + 2 J = 0
```

```
META 3)  - DESPP + DESP = 0
```

```
ROLLOS)  - R + A + B + C + D + E + F + G + H + I + J + K + L = 0
```

```
META 4)  - RP + R = 0
```

```
COSTO)  - Z + 100 R + 200 NI = 0
```

```
META 5)  - ZP + Z = 0
```

```
T PREP)  - TPRE + 10 IA + 12 IB + 12 IC + 12 ID + 12 IE + 12 IF + 15 IG
+ 15 IH + 15 II + 18 IJ + 18 IK = 0
```

```
T PROD)  - TPRO + 18 R = 0
```

```
T TOT)  TPRE + TPRO <= 1440
```

```
META 6)  TPRO + TPRON = 1440
```

END

INT IA
 INT IB
 INT IC
 INT ID
 INT IE
 INT IF
 INT IG
 INT IH
 INT II
 INT IJ
 INT IK

Nota: Al intentar resolver el problema con el sistema LINDO, el programa indicará un error de escala, y sugiere modificar el problema. Seguir adelante, ya que los problemas de PM adolecen de este problema.

Se deben desestimar los costos de oportunidad y los valores marginales, ya que no tienen significado práctico. Asimismo el valor del funcional tampoco tiene ningún sentido, dado que los coeficientes utilizados para las variables de desviación son arbitrarios.

FUNC)	405.8000	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
IA	0.000000	-254.250122
IB	0.000000	5.749999
IC	1.000000	5.749999
ID	1.000000	5.749999
IE	1.000000	5.749999
IF	1.000000	5.749999
IG	0.000000	5.749999
IH	0.000000	5.749999
II	0.000000	5.749999
IJ	0.000000	5.749999
IK	0.000000	5.749999
DN05	0.000000	10008.150391
DN08	0.000000	9996.299805
DN12	0.000000	9994.450195
DN15	0.000000	9982.599609
DP17	0.000000	20000.000000
DP05	0.000000	9991.849609
DP08	0.000000	10003.700195
DP12	0.000000	10005.549805
DP15	0.000000	10017.400391
NIP	0.000000	994.450012
DESPP	35.000000	0.000000
RP	50.000000	0.000000
ZP	5800.000000	0.000000
TPRON	540.000000	0.000000
A	0.000000	0.000000
B	0.000000	39.250000
C	15.000000	0.000000
D	10.000000	0.000000

E	5.000000	0.000000
F	20.000000	0.000000
G	0.000000	41.849998
H	0.000000	0.000000
I	0.000000	41.849998
J	0.000000	41.849998
K	0.000000	41.849998
DN17	20.000000	0.000000
NI	4.000000	0.000000
DESP	35.000000	0.000000
R	50.000000	0.000000
L	0.000000	1.099998
Z	5800.000000	0.000000
TPRE	48.000000	0.000000
TPRO	900.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
INT A)	0.000000	2.600001
INT B)	0.000000	0.000000
INT C)	85.000000	0.000000
INT D)	90.000000	0.000000
INT E)	95.000000	0.000000
INT F)	80.000000	0.000000
INT G)	0.000000	0.000000
INT H)	0.000000	0.000000
INT I)	0.000000	0.000000
INT J)	0.000000	0.000000
INT K)	0.000000	0.000000
META105)	0.000000	8.150001
META108)	0.000000	-3.699999
META112)	0.000000	-5.549999
META115)	0.000000	-17.400000
META117)	0.000000	0.000000
NO PAT)	0.000000	5.749999
META 2)	0.000000	5.549999
DESP)	0.000000	10.000000
META 3)	0.000000	10.000000
ROLLOS)	0.000000	1.099998
META 4)	0.000000	1.000000
COSTO)	0.000000	0.001000
META 5)	0.000000	0.001000
T PREP)	0.000000	0.000000
T PROD)	0.000000	0.000000
T TOT)	492.000000	0.000000
META 6)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 607
 BRANCHES= 51 DETERM.= 1.000E 0

Se cumplen todas las metas 1, ya que las variables de desviación con respecto a los objetivos de requerimientos son todas cero (DN_{ij} Y DP_{ij}).

La meta 2, también se cumple ($NIPP = 0$), por lo que no hay más de 4 disposiciones de corte (C, D, E y F).

La meta 3, obviamente no se cumple porque el objetivo era 0. El desperdicio DESPP es de 35 pies.

La meta 4, evidentemente tampoco se cumple. Se cortan en total 50 rollos.

La meta 5 de minimización de costo tampoco se cumple. El costo es de \$5.800 (contra los \$7.300 del caso anterior).

La meta 6 tampoco se cumple, ya que se utilizan $50 \times 19 = 900$ minutos. Es decir, la variable de desviación respecto de la meta de 1.440 minutos es $TPRON = 540$ minutos.