

# GUÍA PLANIFICACIÓN 2018

## Problema 1 : Guía 2016

La compañía en la que usted trabaja acaba de terminar la construcción de su nueva bodega de 2.100 m<sup>2</sup>, y le han pedido a usted que plantee un modelo que optimice el uso de espacio dentro de la esta. La bodega será dividida en dos ya que existe un contrato de arriendo con otra empresa por \$15/m<sup>2</sup> por un mínimo de 750 m<sup>2</sup>, y además, se debe asignar espacio a los 25 diferentes productos propios de la propia compañía. Cada producto genera un ingreso por  $r_i$  y usa un espacio  $e_i$ .

Finalmente le indican que debido a proyecciones de la demanda para los productos 3, 4, 5 y 6 debe considerar, en conjunto, al menos 1000 unidades. El costo asociado al inventario en el espacio arrendado es  $c_a$  (por m<sup>2</sup>), y en el espacio usado por productos propios de la compañía  $c_c$  (por m<sup>2</sup>). El costo total de mantención de inventarios no puede superar los \$3.000.

### Problema 1 .1. Solución

Variables de decisión:

- ◇  $X_i$  = Cantidades de unidad de producto  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 25$ )
- ◇  $E_A$  = Espacio asignado a arriendo en m<sup>2</sup>

Función Objetivo:

$$\max \sum_{i=1}^{25} r_i X_i + 15 * E_A - c_c * \sum_{i=1}^{25} e_i X_i - E_A * c_a$$

Restricciones:

Restricción de espacio:

$$\sum_{i=1}^{25} e_i X_i - E_A \leq 2100$$

Restricción de demanda:

$$X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \geq 1000$$

Restricción de contrato:

$$E_A \geq 750$$

Restricción de costos:

$$c_c * \sum_{i=1}^{25} e_i X_i - E_A * c_a$$

Naturaleza de las variables:

$$X_i \geq 0, \quad E_A \geq 0$$

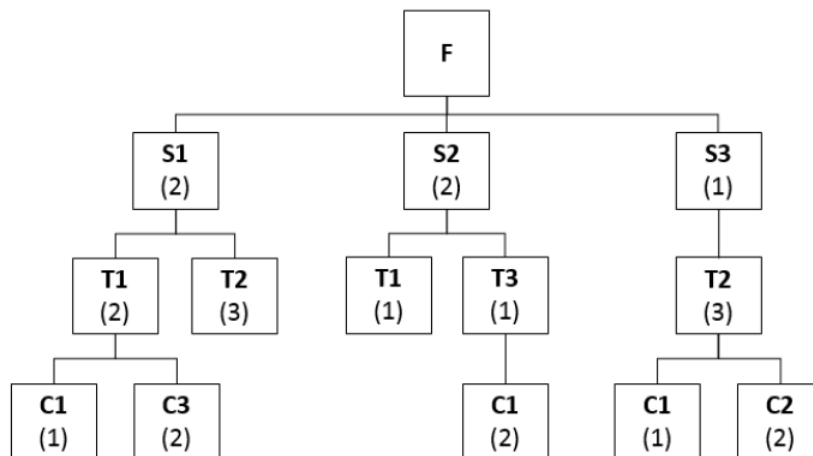
Notar que para éste modelo no se incluyó como variable de decisión el espacio asignado al producto  $i$ , sino que se considera la cantidad de unidades de ése producto. El espacio asignado se obtiene como  $X_i e_i$ .

## Problema 2 : Guía 2016

Como gerente de operaciones de la planta de producción, se le ha encargado realizar la planificación de producción para una nueva venta realizada por el área comercial. Los productos solicitados son F, y las fechas de entrega acordadas con el cliente son:

	Ventas										
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cantidad							2		3		

Por otro lado usted dispone de la siguiente lista de materiales (BOM). Los números entre paréntesis indican la cantidad del producto en el recuadro necesaria para producir una unidad del producto en el recuadro superior.



Notar que los componentes necesarios para producir T1 y T2 se muestran sólo una vez en el diagrama. Usted debe usarlos cada vez que requiera una unidad de T1 o de T2.

Los tiempos necesarios para la producción de cada producto o componente y los niveles iniciales de inventario se muestran a continuación:

Producto/ Componente	Tiempo producción	Inventario inicial
C1	1	20
C2	2	12
T1	2	3
T2	2	3
T3	1	7
S1	2	5
S2	1	6
S3	3	2
F	2	1

### Problema 2 .1. Solución

Para obtener la planificación de producción asociado a esta venta se requiere realizar las tablas MRP. A continuación se muestran las tablas MRP para la planificación, considerar que el primer cuadro muestra el producto/componente, y los términos GR, OH y POR se refieren a la cantidad necesaria, el nivel de inventario y cuando deben producir/comprar cada semana respectivamente.

F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR							2		3		
OH	1	1	1	1	1	1	0	0	0		
POR					1		3				

S1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR					2		6				
OH	5	5	5	5	3	3	0				
POR					3						

S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR					2		6				
OH	6	6	6	6	4	4	0	0	0	0	0
POR						2					

S3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR					1		3				
OH	2	2	2	2	1	1	0				
POR				2							

T1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR					6	2					
OH	3	3	3	3	0	0					
POR			3	2							

T2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR				6	9						
OH	3	3	3	0	0						
POR		3	9								

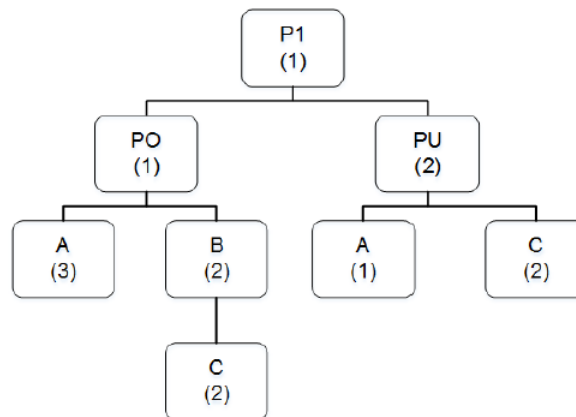
T3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR			6	4		2					
OH	7	7	1	0	0	0					
POR			3		2						

C1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR		3	18	2	4						
OH	20	17	0	0	0						
POR			2	4							

C2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR		6	18								
OH	12	6	0								
POR	12										

### Problema 3 : I2 2016

Usted es el gerente de Operaciones de Papple, una empresa que produce productos tecnológicos. Actualmente la empresa acaba de lanzar a la venta un nuevo producto, este necesita ciertas piezas para su producción. A continuación, se detalla el BOM (el número indica las piezas necesarias) de este producto ( $P1$ ):



Además, el área de ventas ya tiene comprometido ventas para este producto. Estas ventas se detallan en la siguiente tabla.

Semana	10	11	12
Demanda P1	15	0	7

Las disponibilidades de cada pieza, los tiempos de entrega y fabricación (semanas) y el tope de unidades por pedido se detallan en la siguiente tabla.

Pieza	Inv OH	Tiempo Entrega/Fab. L (Sem.)	Tope de Pedido
P 1	6	1	ST
PO	4	2	ST
PU	8	1	10
A	20	2	15
B	12	2	ST
C	20	3	20

ST: Sin Tope en Pedido

⌘ Desarrolle las tablas de MRP para cumplir con las ventas.

b) Si su cliente desea adelantar los pedidos. Cuando es lo más temprano que le podría cumplir.

Suponga ahora que existen costos de set-up/pedido para las piezas de \$  $S_k$  por cada set-up o pedido semanal de pieza k. Además, los costos semanales de inventario son de \$  $I_k$  por cada unidad de pieza k mantenida en inventario y el costo de producción es de \$  $P_k$  por cada unidad de pieza k producida. La demanda por producto P1 es  $D_t$ . Finalmente, las piezas PO y PU comparten la máquina M1 y las piezas A y C comparten la maquina M2, por lo que no pueden ser producidas en la misma semana.

c) Con esta información plantee un problema de programación matemática que permita obtener el plan de producción de Papple. No considere la existencia de horas de sobretiempo para la producción de piezas.

### Problema 3 .1. Solución

solución a)

P1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR										15		7
OH	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0
POR									9		7	

PO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR									9		7	
OH	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
POR							5		7			

PU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR									18		14	
OH	8	8	8	8	8	8	8	8	0	4	0	0
POR								10	4	10		

B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR							10		14			
OH	12	12	12	12	12	12	2	2	0	0	0	0
POR							12					

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR							15	10	25	10		
OH	20	20	20	20	20	20	5	10	0	0	0	0
POR						15	15	10				

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR							24	20	8	20		
OH	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0
POR				4	20	8	20					

**solución b)**

En base a las tablas de MRP desarrolladas se puede observar que lo más que se pueden adelantar los pedidos, considerando también que también que no necesariamente deben ser la misma cantidad de pedidos, es: Esto

Semana	7	8	9
demanda P1	16	0	6

ocurre debido a que se necesitan 6 días de adelanto, con tal de poder hacer los encargos y tener la pieza C cuando es requerida.

**solución c)**

Parámetros:

- ◇  $S_k$ : Costo de pedido semanal por cada pieza k  $I_k$ : Costo de inventario semanal por cada unidad de pieza k
- ◇  $P_k$ : Costo de producción por cada unidad de pieza k producida
- ◇  $D_t$ : Demanda de la pieza P1 en el periodo (semana) t
- ◇  $L_k$ : Tiempo de entrega/fabricación de la pieza k
- ◇  $GR_{kt}$ : Cantidad requerida de la pieza k en t
- ◇  $R_{jk}$ : Relación entre la pieza k y j. Cantidad de piezas k necesarias para producir una pieza j

- ◇  $TP_k$ : Tope de pedido de la pieza k
- ◇  $OH_k$ : Inventario inicial de la pieza k

Variables de decisión:

- ◇  $POR_{kt}$  = Cantidades de piezas k pedidas en t
- ◇  $Y_{kt}$  = Inventario de la pieza k al final del periodo t
- ◇  $B_{kt} = \begin{cases} 1 & \text{si se realiza un pedido de k en t} \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$

Función Objetivo:

$$\min \sum_{t=1}^T \left( \sum_{k=1}^n POR_{kt} * P_k + \sum_{k=1}^n Y_{kt} * I_k + \sum_{k=1}^n B_{kt} * S_k \right) \quad (15)$$

Restricciones:

Restricción de demanda P1:

$$Y_{P1,t+1} = Y_{P1,t} + POR_{P1,t-1} - D_t \quad \forall t$$

Restricción de demanda general:

$$Y_{k,t+1} = Y_{k,t} + POR_{P1,t-L_k} - GR_{kt} \quad \forall t, k, \quad k! = P1$$

Restricción de inventario inicial:

$$Y_{k0} = OH_k$$

Restricción de máquinas P0 y PU:

$$B_{P0,t} + B_{PU,t} \leq 1 \quad \forall t$$

Restricción de máquinas A y C:

$$B_{A,t} + B_{C,t} \leq 1 \quad \forall t$$

Restricción capacidad de pedido:

$$POR_{kt} \leq TP_k * B_{kt} \quad \forall k, t$$

Restricción insumos necesarios:

$$GR_{kt} \geq R_{jk} * POR_{j,t} \quad \forall j, k, t \quad j! = k$$

Naturaleza de las variables:

$$X_{kt} \geq 0, \quad Y_{kt} \geq 0, \quad B_{kt} \in [0, 1]$$

### Problema 4 : Chase, Aquilano Jacobs (2009)

La siguiente tabla resume los costos de cuatro planes de producción agregada. Describa cada tipo de plan:

	<b>Plan 1</b>	<b>Plan 2</b>	<b>Plan 3</b>	<b>Plan 4</b>
Costo de contratación	\$5.800	\$0	\$0	\$0
Costo de despido	7.000	0	0	0
Costo de inventarios	0	948	0	0
Costo Faltantes	0	1.540	0	0
Subcontratación	0	0	60.000	0
Tiempo regular	160.000	160.000	100.000	152.000
Tiempo Extra	0	0	0	13.491
<b>Total</b>	<b>172.800</b>	<b>162.488</b>	<b>160.000</b>	<b>165.491</b>

#### Problema 4 .1. Solución

- ◇ Plan 1: Sigue la estrategia de ajuste. Busca igualar el nivel de producción con la demanda mediante el manejo de número de empleados. De esta forma no incurre en costos de inventarios ni faltantes.
- ◇ Plan 2: Sigue la estrategia de nivel. Mantiene fuerza de trabajo estable y los índices de producción constantes. Absorbe los cambios en la demanda mediante fluctuación del nivel de inventario, los pedidos acumulados y las ventas perdidas.
- ◇ Plan 3: Usa subcontratación. Produce a un nivel estable básico con fuerza de trabajo propia. Absorbe los cambios en la demanda mediante las decisiones en de subcontratación.
- ◇ Plan 4: Mantiene fuerza de trabajo estable con horas de trabajo variables. Adecúa la producción con la demanda mediante horarios de trabajo flexibles y horas extras.

### Problema 5 : Guía 2 2014

Usted es el Gerente de Operaciones de una empresa que produce maquinarias para la agricultura. Actualmente la empresa vende dos tipos de máquinas M1 y M2, las cuales tienen ciertas piezas comunes entre sí. A continuación se detalla la BOM (El número indica las piezas necesarias) de las dos máquinas:





F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR								2		8	
OH	5	5	5	5	5	5	5	3	3	0	
POR							5				

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR							15		21		
OH	50	50	50	50	50	50	35	35	14	14	14
POR											

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR							18	2		8	
OH	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	
POR					3	2		8			

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GR							14				
OH	20	20	20	20	20	20	6	6	6	6	6
POR											

## Problema 6 : Guía 2016-1

Suponga que esta en cualquier caso de produccion, donde se manejan los pedidos y el inventario con el modelo MRP y un BOM para los insumos. Se tienen 6 semanas de produccion, hay tiempos de produccion y capacidades maximas de produccion.

Si existieran costos unitarios de fabricacion o setup de  $c_j$  y costos de inventario  $h_j$ , desarrolle un problema de programacion matematica que permita determinar la cantidad optima y momento a producir o pedir.

### Problema 6 .1. Solución

Para la modelación del problema se definen las siguientes variables:

- ◊  $x_{ij}$  producción del producto j en t
- ◊  $I_{ij}$  cantidad de inventario de j al final del periodo t
- ◊  $a_i$  tiempo requerido para producir el producto j
- ◊  $b_{ij}$  es el tiempo máximo de producción de j en el período t
- ◊  $d_{ij}$  demanda de j en el periodo t

Con las definición de las varaibles se tiene que el problema queda de la siguiente forma:

$$\min \sum_{t=1}^6 \left( \sum_{j=1}^6 c_j x_{jt} + \sum_{j=1}^6 h_j I_{jt} \right)$$

Sujeto a:

$$a_j x_{ij} \leq b_{jt} \quad \forall j, t$$

$$x_{jt} \geq d_{jt} \quad \forall j, t$$

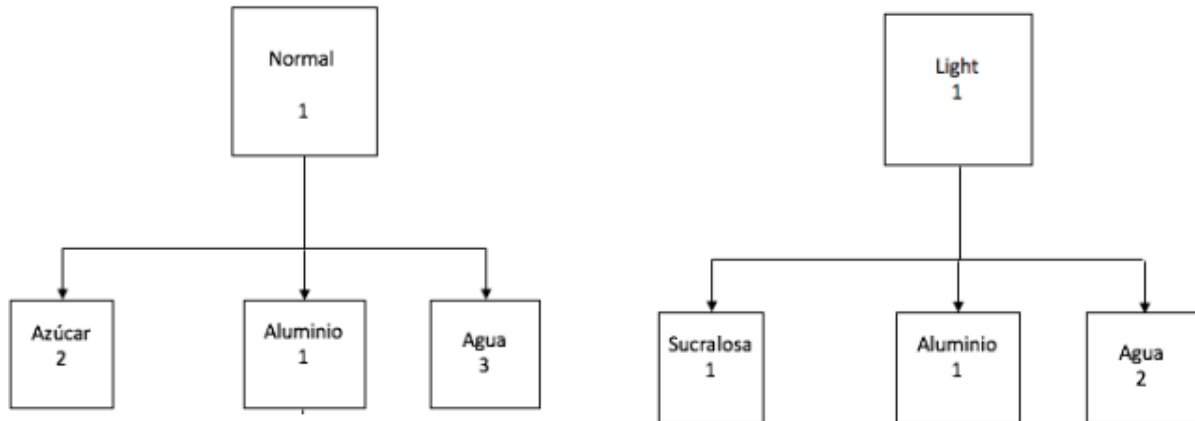
$$I_{jt} = I_{jt-1} + x_{jt} - d_{jt} \quad \forall j, t$$

$$x_{jt}, I_{jt} \geq 0 \quad \forall j, t$$

## Problema 7 : Guía 2017-1

A usted lo contratan para gestionar el inventario de una empresa fabricante de bebidas. Esta empresa fabrica principalmente dos productos, la bebida normal y la light. Para ambas bebidas hay una lista de ingredientes para obtener el producto final.

Los ingredientes, entregados en manera de diagrama se encuentran a continuacion:



Para las proximas semanas se tienen las siguientes ordenes de cada producto:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normal				10		12	12	15	
Light			15			15			13

Ademas se tienen los siguientes niveles de inventario, los tiempos de produccion y el maximo pedido que se puede hacer en una semana:

Ítem	Inventario	Tiempo de producción (Semanas)	Tope de Pedido
Normal	23	1	
Light	20	1	
Agua	30	1	20
Aluminio	20	3	10
Azúcar	20	4	16
Sucralosa	5	4	5

a) Con esta informacion desarrolle las tablas MRP para cumplir con las ventas. Justo en el momento de entrega del informe con los planes de produccion se produce un problema con el productor de azucar, que le dice que no podra cumplir con la produccion necesaria. Para arreglar este problema existen dos opciones, estas se detallan a continuacion:

Opcion 1: Contratar otra empresa que tiene un tope de pedido de 8 y tiempo de produccion de 3 semanas.

Opcion 2: Comenzar a producir el azucar en la misma planta, lo que llevaria a tener un tope de pedido/produccion de 11 y tiempo de produccion de 2 semanas.

b) Determine cual es la mejor opcion para la empresa. Fundamente su respuesta con calculos numericos.

### Problema 7 .1. Solución

a) En este caso se deben completar las tablas MRP, considerando las restricciones de produccion y los tiempos de entrega, las tablas completas estan a continuacion:

Normal	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR				10		12	12	15	
OH	23	23	23	13	13	1	0	0	0
POR						11	15		

Light	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR			15			15			13
OH	20	20	5	5	5	0	0	0	0
POR					10			13	

Agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR					20	33	45	26	
OH	30	30	38	58	58	45	20	0	0
POR		8	20	20	20	20	6		

Aluminio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR					10	11	15	13	
OH	20	20	20	20	16	15	10	0	0
POR		6	10	10	3				

Azúcar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR						22	30		
OH	20	20	20	20	20	14	0	0	0
POR		16	16						

Sucralosa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR					10			13	
OH	5	5	5	5	0	5	10	0	0
POR	5	5	5	3					

b) En este caso se deben volver a calcular las tablas MRP del azucar, considerando el mismo inventario inicial, pero con las nuevas restricciones.

Azúcar 1	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR								22	30		
OH	-	-	20	22	28	34	40	24	0	0	0
POR	2	6	6	6	6	6					

Azúcar 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GR						22	30		
OH	20	20	20	20	30	19	0	0	0
POR			10	11	11				

Se puede observar que en la opción 1 no se alcanzan a completar las órdenes, ya que se necesita de una semana 0 y una semana -1 que no se tiene. Debido a esto la opción 2 es la única posible, independiente de cualquier factor que se pueda justificar.

### Problema 8 : Chase, Aquilano Jacobs (2009)

Desarrolle un plan de producción y calcule el costo anual para una empresa cuyo pronóstico de la demanda es en otoño, 10.000; en invierno, 8.000; en primavera, 7.000; en verano, 12.000. El inventario a principios de otoño es de 500 unidades. En este momento, principios de otoño, tiene 30 trabajadores, pero planea contratar trabajadores temporales a principios de verano y despedirlos al terminar esa estación. Además, negocia con el sindicato la opción de utilizar la fuerza de trabajo regular en tiempo extra durante invierno o primavera, en caso de que sea necesario para evitar que el inventario se agote al terminar cada uno de esos trimestres. No hay tiempo extra durante el otoño.

Los costos relevantes son: contratación, 100 dólares por cada trabajador; despido, 200 dólares por cada trabajador despedido; mantenimiento de inventario, 5 dólares por unidad-trimestre; pedidos demorados, 10 dólares por unidad; tiempo regular, 5 dólares por hora; tiempo extra, 8 dólares por hora. Suponga que la productividad es de 0.5 unidades por hora de trabajador, con ocho horas al día y 60 días por temporada.

#### Problema 8 .1. Solución

Se desarrolla plan de producción bajo las condiciones descritas en el enunciado. En otoño se trabajan solo las horas regulares:

$$\text{Horas trabajadas} = 30608 = 14,400 \text{ horas}$$

$$\text{Producción} = 0,5 * \frac{u}{\text{horas}} * 14,400 \text{ horas} = 7200u$$

$$\text{Unidades demoradas} = \text{Demanda} - \text{Producción} - \text{Inventario inicial}$$

$$\text{Unidades demoradas} = 10000 - 7200 - 500 = 2300u$$

$$\text{Costos trabajo} = 14400 * 5 = \$72000$$

$$\text{Costos demora} = 2300u * \frac{\$10}{u} = \$23000$$

$$\text{Costos total} = \$23000 + \$72000 = \$95000$$

Para el invierno se propone no deber inventario. Se trabajan horas extras para terminar con inventario = 0.

$$\text{Unidades a producir} = \text{Unidades atrasadas} + \text{Demanda} = 11300$$

$$\text{Producción regular} = 0,5 \frac{u}{\text{horas}} * 14400 \text{ horas} = 7200u$$

$$\text{Producción extra} = 11300u - 7200u = 3100u$$

$$\text{Horas extra} = \frac{3100u}{0,5u/h} = 6200\text{horas}$$

$$\text{Costos trabajo} = 14400 * 5 + 6200 * 8 = \$121600$$

$$\text{Costo total} = \$121600$$

En la primavera no es necesario contratar horas extras. La producción sobrante se deja para periodo siguiente:

$$\text{Producción} = 0,5 \frac{u}{\text{horas}} * 14400\text{horas} = 7200u$$

$$\text{Inventario periodo siguiente} = \text{Producción} - \text{Demanda} = 200u$$

$$\text{Costo mantenimiento} = 5 * 200 = \$1000$$

$$\text{Costos trabajo} = 14400 * 5 = \$72000$$

$$\text{Costo total} = \$1000 + \$72000 = \$73000$$

En el verano se busca satisfacer demanda total sin horas extra, solo contratando. Al finalizar temporada se despiden contratados.

$$\text{Unidades minimas a producir} = \text{Demanda} - \text{Inventario inicial} = 11800u$$

$$\text{Producción trabajadores actuales} = 0,5 * \frac{u}{\text{horas}} * 14,400 \text{ horas} = 7200u$$

$$\text{Producción minima nuevos trabajadores} = 11800u - 7200u = 4600u$$

$$\text{Trabajadores necesarios} = \frac{\frac{4600u}{0,5u/h}}{60 * 8\text{horas}} = 19,166 = 20\text{trabajadores}$$

$$N.\text{Contrataciones} = N.\text{Despidos} = 20$$

$$\text{Costos CD} = 20 * \$100 + 20 * \$200 = \$6000$$

$$\text{Producción trabajadores nuevos} = 0,5 * 20 * 60 * 8 = 4800u$$

$$\text{Producción total} = \$12000$$

$$\text{Costos trabajo} = (14400 + 9600) * 5 = \$120000$$

$$\text{Intentario periodo siguiente} = \text{Producción} - \text{Demanda} = 200u$$

$$\text{Costo mantenimiento} = 5 * 200 = \$1000$$

$$\text{Costo total} = 120000 + 1000 + 8000 = \$127000$$

$$\text{Costo anual} = 95000 + 121600 + 73000 + 127000 = \$4136000$$

## Problema 9 : Guía 2017-1

En cierta empresa, usted es gerente de producción. Usted quiere planificar la producción de un conjunto  $N$  (indexado por  $n$ ) productos en un horizonte de tiempo dado por un conjunto  $T$  (indexado por  $t$ ). Existe un conjunto  $M$  (indexado por  $m$ ) de materias primas. Cada producto requiere de algunas de estas.

La estructura de costos operacionales se detalla a continuación. Los productos se pueden fabricar en un conjunto de líneas de producción, denotado por  $L$  (indexado por  $l$ ). El costo de fabricar el producto  $n$  en la línea  $l$  tiene un costo  $CP_{nl}$  por unidad en cada etapa. Existen costos de inventario constantes a lo largo del horizonte de planificación para productos terminados, como para materias primas, denotados por  $CI_n$ ,  $CH_m$  por unidad en cada etapa. También se considera un costo por faltante de cada producto, denotado por  $CF_n$  por unidad en cada etapa (no satisfacción de la demanda de cada producto de la empresa).

Otros datos importantes son los siguientes. La capacidad de producción de cada línea varía en cada periodo, y viene dada por  $CAP_{lt}$ . Se disponen inventarios iniciales de  $s_{n,0}$  para cada producto y de  $r_{n,0}$  para cada materia prima. Por otro lado, existe un máximo de materia prima que puede ser comprada a proveedores en cada periodo, denotado por  $max_{mt}$ . Considere que las materias primas compradas en un periodo  $t$  están disponibles a partir del mismo periodo. Finalmente, la demanda de cada producto está dada por  $d_{nt}$ , la que puede ser satisfecha si hay suficiente inventario, o si no se incurre en un costo por faltante.

Por último, considere un parámetro  $u_{nm}$  que vale 1, si la materia prima  $m$  es usada para fabricar el producto  $n$ , y 0 en otro caso. Su objetivo es minimizar los costos de fabricación, inventario y faltante en todo el horizonte de planificación.

a) Plantee las variables del problema.

b) Escriba un modelo de programación lineal que permita minimizar los costos de planificación.

c) Suponga que si es que se hace un pedido (cualquiera sea la cantidad) de materia prima  $m$  en un periodo  $t$  se incurre en un costo de set up de  $CS_{mt}$ . Usted también desearía minimizar dichos costos ¿Cómo cambia el modelo de la parte b)?

d) Suponga que se le exige que en la etapa final de planificación el inventario debe ser, para cada producto, una fracción  $q_n \in [0, 1)$  de la demanda promedio del horizonte de planificación. Agregue esta exigencia como una restricción a su modelo.

### Problema 9 .1. Solución

a) Sea un periodo  $T = \{1 \dots T\}$ , un conjunto de producto  $N$ , conjunto de materias primas  $M$  y un conjunto de líneas  $L$ , planteamos las siguientes variables:

- ◇  $x_{nlt}$  producción del producto  $n$  en la línea  $l$  en el periodo  $t$
- ◇  $Y_{mt}$  cantidad de materia prima  $m$  a comprar en el periodo  $t$
- ◇  $z_{mt}$  necesidad de materia prima  $m$  en el periodo  $t$
- ◇  $I_{nt}$  balance de inventario del producto  $n$  en el periodo  $t \in T \cup \{0\}$
- ◇  $I_{nt}^+$  inventario físico del producto  $n$  en el periodo  $t$

- ◇  $I_{nt}^-$  inventario faltante del producto n en el periodo t
- ◇  $M_{mt}$  inventario final de materia prima m en el periodo t  $\in T \cup \{0\}$

b) El modelamiento del problema se plantea de la siguiente forma:

$$\min CPlan = \sum_{n,l,t} CP_{nl} * X_{nlt} + \sum_{n,l} CI_n * I_{nt}^+ + \sum_{n,t} CI_f * I_{nt}^- + \sum_{m,t} CH_m * M_{mt}$$

Sujeto a las restricciones:

$$I_{n,t-1} + \sum_l x_{nlt} - d_{nt} = I_{nt} \quad \forall n, t$$

$$H_{m,t-1} + Y_{mt} - Z_{mt} = H_{mt} \quad \forall m, t$$

$$I_{nt} = I_{nt}^+ - I_{nt}^- \quad \forall n, t$$

$$H_{m,0} = r_{m,0} \quad \forall m$$

$$I_{n,0} = s_{n,0} \quad \forall n$$

$$z_{mt} = \sum_{n,l} u_{nm} * x_{nlt} \quad \forall m, t$$

$$Y_{mt} = max_{mt} \quad \forall m, t$$

$$\sum_n x_{nlt} \leq CAP_{lt} \quad \forall l, t$$

c) Se define la siguiente variable:

- ◇  $w_{mt}$  1, si se pide al menos una unidad de la materia prima m en el periodo t; 0 en otro caso

A la funcion objetivo se le agregan los costos de set up de pedidos en el horizonte de planificacion, dados por:

$$\sum_{m,t} CS_{mt} * w_{mt}$$

Por otro lado se agrega la siguiente restricción:

$$Y_{mt} \leq max_{mt} * w_{mt} \quad \forall m, t$$

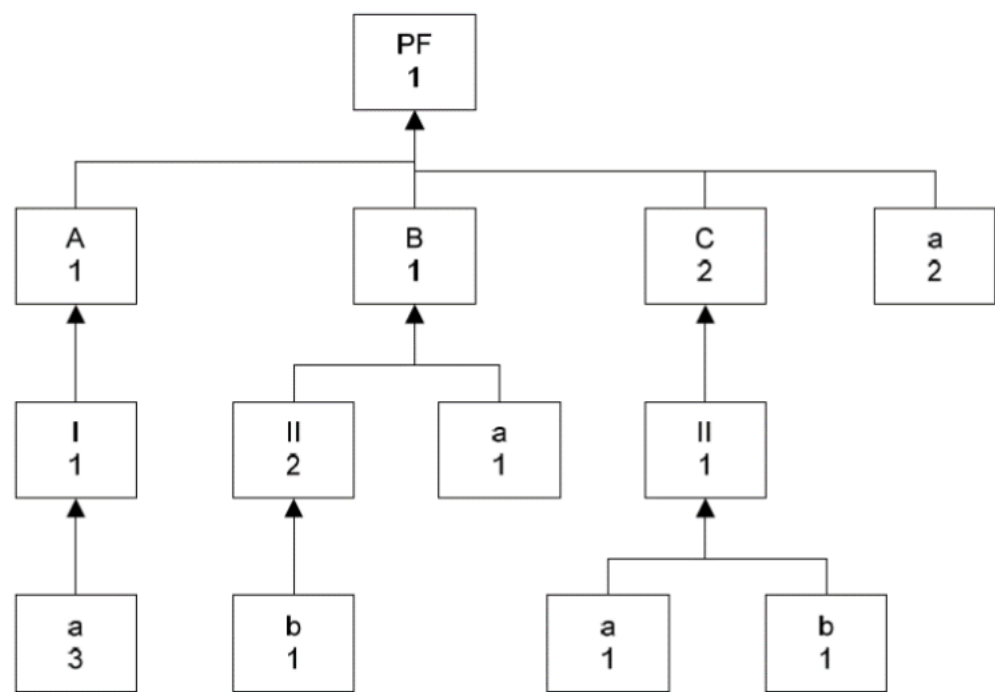
d) Sea T la etapa final. Esto se puede representar como:

$$I_{n,T} = q_n * \frac{\sum_t d_{nt}}{card(T)} \quad \forall n$$



**Problema 10 : Guia 2014-1**

A continuacion se detalla el BOM (Bill of materials) de un producto PF cuya elaboracion debe planificar. Los nombres de las piezas se especifican con letras, y su cantidad con numeros:



Se indican tambien el inventario disponible de cada pieza e insumo (OH) y el tiempo requerido para su produccion L (semanas):

Pieza	Inventario disponible (OH) unidades	Tiempo de producción o recepción (semanas)
PF	10	1
Pieza A	11	1
Pieza B	15	2
Pieza C	20	1
Pieza I	13	3
Pieza II	10	4
Insumo a	10	3
Insumo b	15	3

Si la demanda es la siguiente (se indica en que semana se requiere el producto PF terminado):

Semana	10	11	12
PF	20	0	40

a) Desarrolle las tablas MRP para cumplir con las ventas.

b) Si usted tiene una capacidad limitada de producción semanal para cada pieza, dada por:

Pieza	Capacidad productiva (unidades/semana)
PF	20
Pieza A	20
Pieza B	30
Pieza C	50
Pieza I	30
Pieza II	30

Indique lo más temprano que podría terminar de producir el pedido establecido en a). Para ello usted debe establecer las tablas MRP y determinar la fecha más temprano que puede dar respuesta a los requerimientos de su cliente. Nota: si requiere más plazo de producción, genere más columnas en las tablas.

### Problema 10 .1. Solucion

a) Las tablas MRP son las siguientes:

Pieza PF		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR											20		40		
OH		10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
POR										10		40			

Pieza A		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR										10		40			
OH		11	11	11	11	11	11	11	11	1	1	0			
POR										39					

Pieza B		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR										10		40			
OH		15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	0			
POR										35					



		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PF A B C I II a b										10		40			
											39				
										35					
								26		80					
					60	80									
		50	80	78		55		80							
		105	160												

b) En este caso tenemos lo siguiente:

#### Insumo a

		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR					50	50	58	60	15	40	40	40			
OH		10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0			
POR		40	50	58	60	15	40	40	40						

#### Insumo b

		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR					100	100	80								
OH		15	15	15	0	0	0								
POR		85	100	80											

#### Pieza II

		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR									30	80	40				
OH		10	10	10	10	10	10	10	30	0	0				
POR					50	50	40								

#### Pieza I

		Semana													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR										19	20				
OH		13	13	13	13	13	13	13	13	0	0	0			
POR						6	20								

**Pieza C**

	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR														
OH	20	20	20	20	20	20	20	20	0	20	40	40		
POR									40	40				

**Pieza B**

	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR														
OH	15	15	15	15	15	15	15	15	10	20	20			
POR								15	5	0	0			

**Pieza A**

	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR														
OH	11	11	11	11	11	11	11	11	10	20	20			
POR									1	0	0	0		

**Pieza PF**

	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GR														
OH	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	20	40		
POR									10	20	20	0		

	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PF									10	20	20			
A									19	20				
B								15	20					
C								40	40					
I					6	20								
II				50	50	40								
a	40	50	58	60	15	40	40	40						
b	85	100	80											

La fecha mas temprana es 12 semanas antes.