



# Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

## Área Académica de Ingeniería

**Licenciatura en Ingeniería Industrial**

**Estudio del Trabajo**

**Tema: Balanceo de línea**

**Profesor(es): M. en C. Mary Carmen Reyna Amador**

**Periodo de elaboración: Noviembre/2017**

**Periodo de actualización: Noviembre/2019**



Tema:

## **BALANCEO DE LÍNEA**

Resumen:

Con en este material el alumno explicará las características de los sistemas de producción en línea, y resolverá el problema de balanceo de línea de producción, situación que se presenta en sistemas de fabricación orientados al producto.

Palabras Clave: Balanceo de línea, proceso en línea, sistemas orientados al producto



Tema:  
**LINE BALANCING**

Abstract:

With this material, the student will be able to explain the characteristics of line production systems, as well as, to solve the line balancing, situation that appears in manufacturing process faced to the product.

Keywords: Line balancing, line process and manufacturing, systems faced to the product.



# Contenido

1. Sistemas de fabricación orientados al producto
2. Características de los procesos en línea
3. El problema de balanceo de línea
4. Planteamiento del problema
5. Formulación matemática
6. Objetivos del balanceo de línea
7. Dificultades del balanceo de línea
8. Definición de diagrama de precedencia
9. Pasos para resolver un balanceo de línea
10. Heurísticas (Ejemplos)



# 1. Sistemas de fabricación orientados al producto

En los sistemas orientados al producto las máquinas o estaciones de trabajo se agrupan de acuerdo a la secuencia de fabricación del producto.

Lo que se conoce como procesos en línea



# Líneas de producción

- Línea de fabricación
- Línea de ensamble



## 2. Características de los procesos en línea

Se encuentra entre los procesos por lote y continuos.

- Los volúmenes de producción son altos y los productos están estandarizados, lo que permite organizar alrededor de productos específicos.
- Existe una diferencia mínima en el proceso o flujo de líneas.
- Poco inventario entre los pasos del proceso.



# Características de los procesos en línea

- Cada paso realiza el mismo proceso una y otra vez, con poca variabilidad en los productos manufacturados.
- El equipo de producción y manejo de materiales es especializado.
- Ejemplos: Componentes, automóviles electrodomésticos y juguetes.



# Producción por línea

## Actividades Simultáneas

Operaciones  
Consecutivas



Adyacentes

Flujo continuo



Ritmo uniforme



Operaciones equilibradas



# 3. El problema de balanceo de línea

- Consiste en distribuir físicamente las tareas en estaciones de trabajo con el objeto de balancear la carga de trabajo y disminuir el tiempo ocioso.



## 4. Planteamiento del problema

- Hay un conjunto de  $n$  tareas diferentes que deben terminarse para cada artículo.
- El tiempo requerido para terminarse la tarea  $i$  es una constante  $t_i$ .
- El objetivo es organizar las tareas en grupos, ejecutándose cada grupo en una sola estación de trabajo.
- En la mayoría de los casos, la cantidad de tiempo asignada a cada estación de trabajo se conoce con antelación. Basándose en la tasa deseada de producción de la línea de ensamble.
- Se conoce como tiempo de ciclo y se denota como  $C$ .



## 5. Formulación matemática

- Sea  $t_1, t_2, \dots, t_n$  el tiempo requerido para terminar las respectivas tareas. El contenido total de trabajo asociado con la producción de un artículo, por ejemplo  $T$ , está dado por

$$T = \sum_{i=1}^n t_i$$



# Formulación matemática

- Para un tiempo de ciclo de  $C$ , el número mínimo posible de estaciones de trabajo es  $[T/C]$  donde los paréntesis rectangulares indican que el valor de  $T/C$  debe redondearse al siguiente entero.



## 6. Objetivos del balanceo de línea

- Igualar la carga de trabajo de las estaciones.
- Identificar la operación que constituya el cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea.



# Objetivos del balanceo de línea

- Determinar el número de estaciones de manufactura.
- Calcular el costo de la mano de obra de ensamblado y empaque.
- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.



## 7. Dificultades en el problema de balanceo

- Restricciones de precedencia: algunas tareas deben terminarse según ciertas secuencia.
- Algunas tareas no pueden ejecutarse en la misma estación de trabajo. (restricción de zonificación).



# Dificultades en el problema de balanceo

- Ciertas tareas podrían terminarse en la misma estación de trabajo y otras podrían requerir más de un trabajador.
- Es un problema combinatorio.



# Ejemplo uno (comprensión del problema)

- Una línea de ensamble requiere de 10 tareas para un determinado producto. Las tareas, sus tiempos y precedencias son las siguientes:

TAREA	TIEMPO (SEG.)	TAREA SUCESORA
1	40	2,3
2	30	4,5
3	50	6,7
4	36	8
5	20	8
6	25	9
7	19	9
8	10	10
9	14	10
10	30	



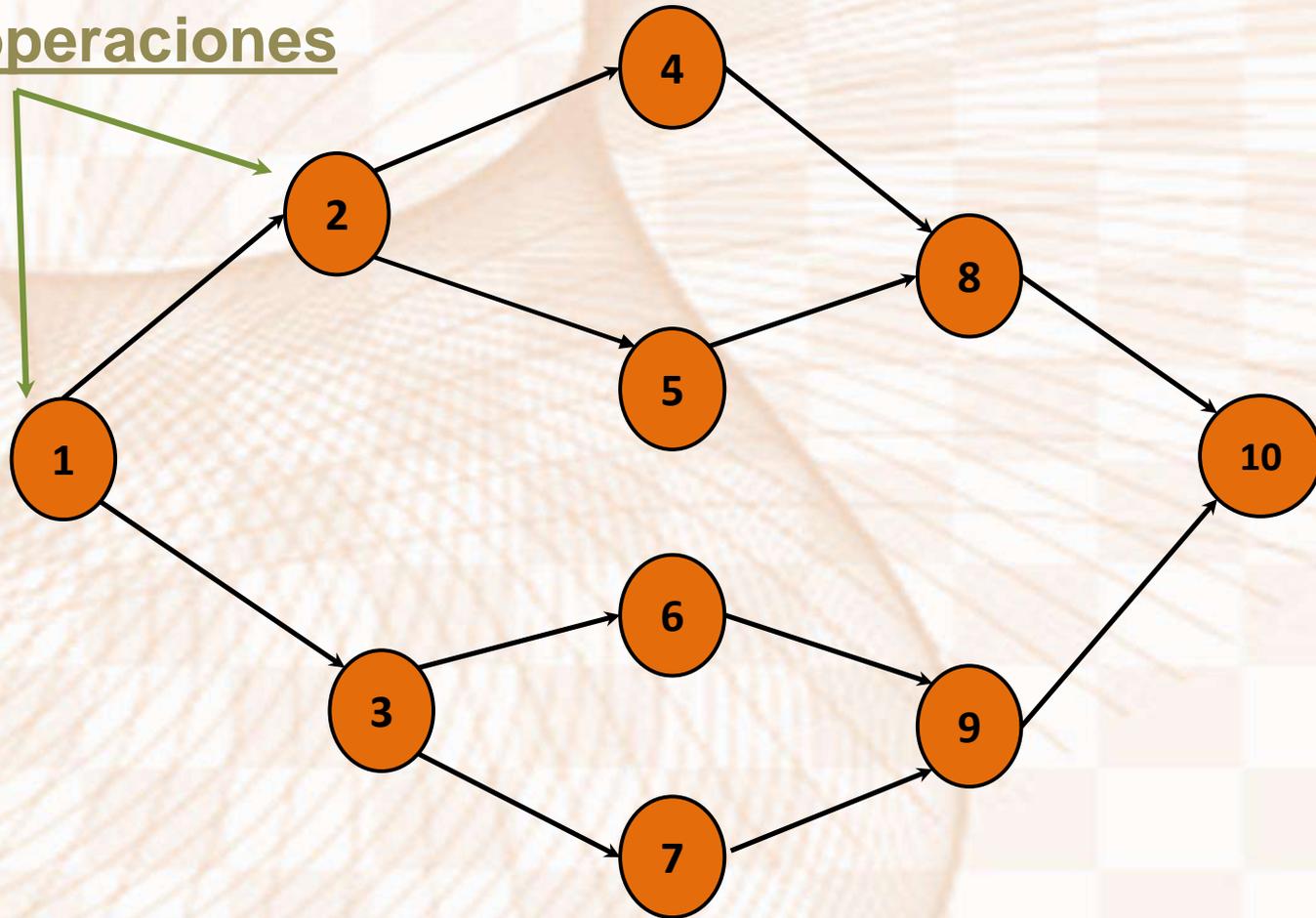
## 8. Definición de diagrama de precedencia

- Es una representación gráfica de la secuencia de los elementos del trabajo, los cuales están definidos por las restricciones de precedencia.
- Las restricciones tecnológicas de precedencia de los elementos del trabajo se refieren al orden en el que deben ser integrados dichos elementos.



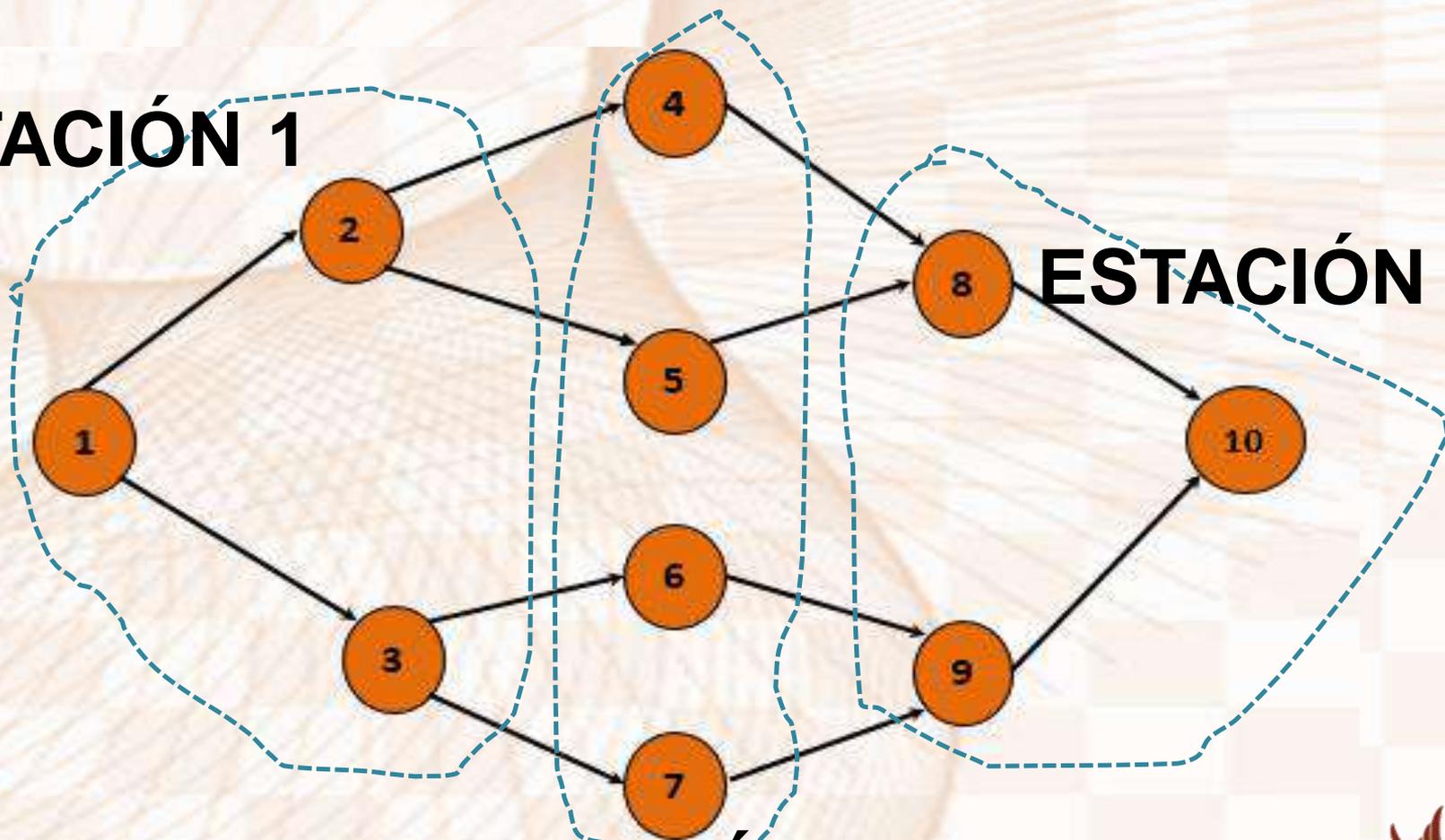
# Diagrama de precedencia

Tareas u operaciones



# Distribución posible

**ESTACIÓN 1**



**ESTACIÓN 3**

**ESTACIÓN 2**



# Distribución de trabajo con tres estaciones

ESTACIONES DE TRABAJO				
Conceptos	E1	E2	E3	TOTAL
Tiempo de procesamiento por estación de trabajo	120	100	54	274
Tiempo de ciclo de la estación más lenta	120	120	120	360
Tiempo Muerto o inactivo por estación	0	20	66	86



¿Cuál es la eficiencia de la propuesta?



# Observaciones de propuesta con tres estaciones

- La velocidad de la línea se fija con respecto a la estación de trabajo más lenta.
- Cada 120 segundos termina un producto de ser ensamblado.
- Los sub-ensambles pasan de una estación a otro en función al tiempo de ciclo establecido de 120 segundos.



## 9. Pasos para realizar un balanceo de línea

- 1. Determina la lista de tareas (operaciones) con sus tiempos respectivos
- 2. Determinar la secuencia de las tareas (operaciones)
- 3. Dibujar el diagrama de precedencia
- 4. Calcular el tiempo de ciclo
- 5. Calcular el número de estaciones de trabajo
- 6. Asignar las tareas a estaciones
- 7. Calcular la eficiencia
- 8. Determinar el retraso en el balance



# Ejemplo dos Balanceo de línea

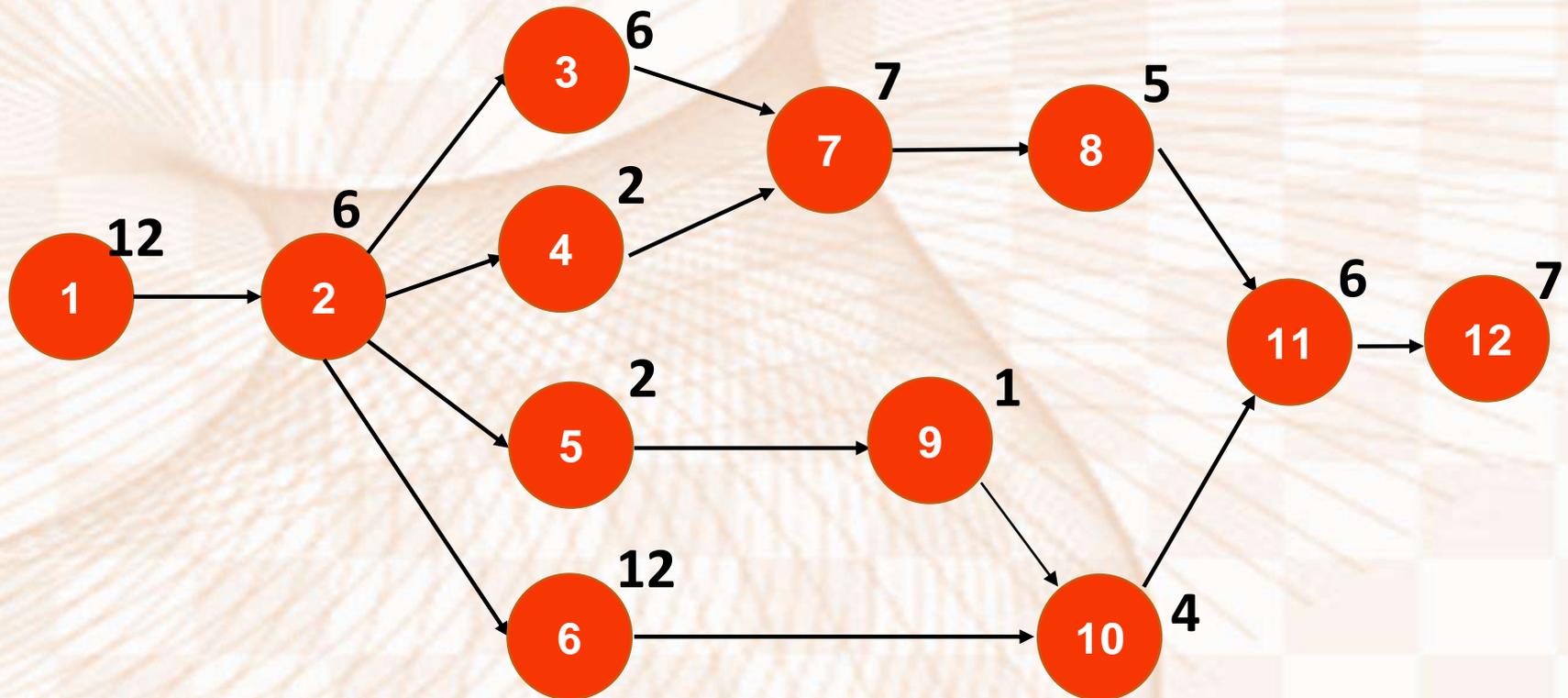
- Paso 1 y 2. El ensamble final de las computadoras personales sin marca, un clon genérico de PC que se ordena por correo, requiere un total de 12 tareas. El ensamble se hace en la planta de Lubbock; Texas. Las tareas requeridas para las operaciones de ensamble son:



Operación	Predecesor	Tiempo (min)
1. Taladrar orificios en el gabinete de metal y montar las ménsulas para sostener las unidades de disco.	----	12
2. Fijar la tarjeta madre al gabinete	1	6
3. Montar la fuente de poder y unirla con la tarjeta madre	2	6
4. Colocar el procesador principal y los chips de memoria en la tarjeta madre	2	2
5. Enchufar la tarjeta de gráficos	2	2
6. Montar las unidades de disco flexible. Unir el controlador de la unidad de disco flexible y la fuente de poder a la unidades de disco	2	12
7. Montar las unidades del disco duro. Unir el controlador del disco y la fuente de poder al disco duro	3,4	7
8. Se hacen las conexiones apropiadas en la tarjeta madre para la configuración específica del sistema	7	5
9. Unir el monitor a la tarjeta de gráficos antes de correr el diagnóstico del sistema.	5	1
10. Correr el diagnostico del sistema	9,6	4
11. Sellar el gabinete	8,10	6
12. Adherir el logo de la compañía y empacar el sistema para su	11	7

08/11/2017

# Paso 3. Diagrama de precedencia



## Paso 4. Calculo del tiempo de ciclo

- Se requieren 32 computadoras por jornada de trabajo de 8 horas.
- El tiempo de ciclo  $C$  es el tiempo que cada pieza o producto permanece en cada estación de la línea.

$$C = \frac{\textit{Tiempode producción por día}}{\textit{Producción por día}}$$

$$C = \frac{60\textit{minutos} * 8\textit{ horas}}{32} = \frac{480}{32} = 15\textit{ minutos}$$



## Paso 5. Calculo del número de estaciones mínimas teóricas

Para calcular el número de estaciones mínimas teóricas se divide la duración total de las tareas entre el tiempo de ciclo.

$$N_t = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$N_t = \frac{70}{15} = 4.6$$

\*El número de estaciones de trabajo debe ser un número entero por lo tanto el resultado es de **5** estaciones mínimas teóricas.



## Paso 6. Asignación de tareas a estaciones

- Heurísticas:
- Peso posicional: Elegir la tarea cuya suma de las tareas siguientes tenga mayor peso.
- Mayor número de tareas sucesoras: Se asigna la tarea que tenga más tareas siguientes.
- Tiempo de tarea más largo: Se elige la tarea que tenga el tiempo más largo.
- Tiempo de tarea más corto: Se elige la tarea que tenga el tiempo más corto.



## Paso 6. Solución por peso posicional

- Para la asignación de tareas se emplea el criterio de asignación del peso posicional de cada tarea.
- El peso posicional de la tarea  $i$  se define como el tiempo requerido para ejecutar la tarea  $i$  más los tiempos requeridos para ejecutar todas las tareas que tengan a la tarea  $i$  como su predecesor.



# Resultado del balanceo por peso posicional

Tarea	Peso posicional
1	$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} = 70$
2	$t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} = 58$
3	31
4	27
5	20
6	29
7	25
8	18
9	18
10	17
11	13
12	7

Estación	Tareas	Tiempo muerto
1	1	3
2	2,3,4	1
3	5,6,9	0
4	7,8	3
5	10,11	5
6	12	8

**C=15 minutos**

**Orden: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.**



## 7. Determinar la eficiencia

- La eficiencia del balanceo de línea es el porcentaje real de utilización de la mano de obra en la línea, también se le conoce como tasa de utilización (Utilization rate).

- $$E = \frac{T}{N_t \times C} \times 100 = \frac{\text{Suma de tiempos de la tarea}}{\text{Número de estaciones} \times \text{el tiempo de ciclo}}$$

- $$E = \frac{70}{6 \times 15} \times 100 = 78\%$$



## 8. El retraso de balance

- Se define como el porcentaje de la mano de obra ociosa.

- $$I = \frac{TM}{N_t \times C} \times 100 = \frac{\text{Suma de tiempos muertos}}{\text{Número de estaciones} \times \text{el tiempo de ciclo}}$$

- $$I = \frac{20}{6 \times 15} \times 100 = 22\%$$



## 10.Ejemplo tres: Solución por Mayor número de tareas sucesoras.

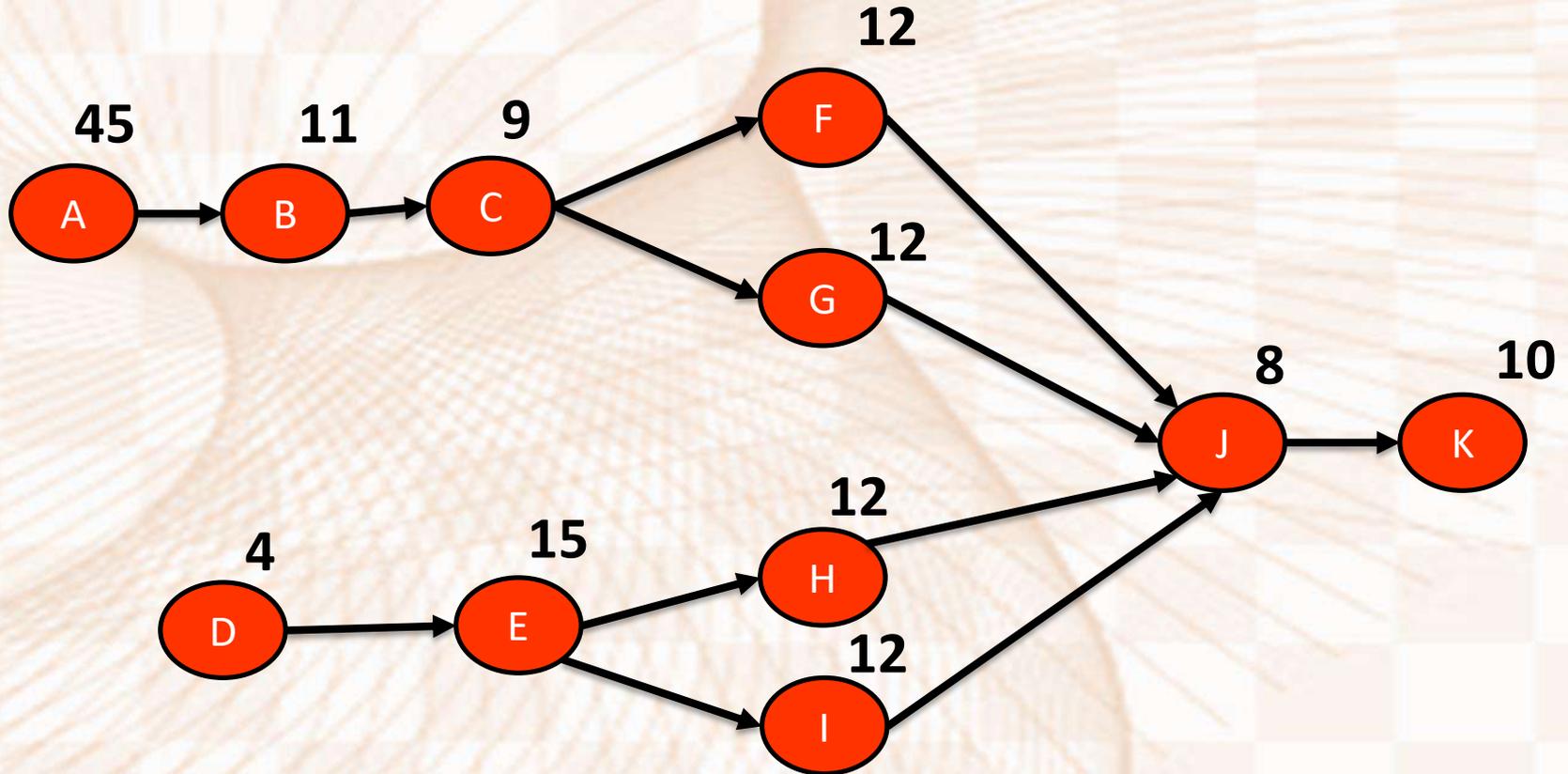
La camioneta Modelo J será armada utilizando una banda transportadora. Se requiere 500 camionetas por día. El tiempo de producción por día es de 420 minutos. Encuentre la condición de balanceo que minimice el número de estaciones necesarias.

# 10.Solución por Mayor número de tareas sucesoras ejemplo tres

TAREAS	TIEMPO SEG.	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS	PRECEDENCIAS
A	45	Colocar un reten al eje trasero, que hay que atornillar a mano 4 tornillo a las tuercas	----
B	11	Introducir eje trasero	A
C	9	Apretar tuercas de los tornillos del reten al eje trasero	B
D	50	Colocar pieza del eje delantero y apretar a mano 4 tornillo a las tuercas	----
E	15	Apretar tornillos al eje delantero	D
F	12	Colocar llanta trasera 1 y apretar tapón	C
G	12	Colocar llanta trasera 2 y apretar tapón	C
H	12	Colocar llanta delantera 1 y apretar tapón	E
I	12	Colocar llanta delantera 2 y apretar tapón	E
J	8	Colocar la palanca de velocidad de la camioneta en la pieza del eje delantero y apretar a mano tuerca y tornillo	F, G, H, I
K	9	Apretar tuerca y tornillo	J



# Diagrama de precedencia



# Resultado del balanceo por mayor número de tareas sucesoras.

Estación	Tarea	Tiempo de la tarea (s)	Tiempo restante no asignado (s)	Tareas restantes por hacer	Tareas con más tareas subsecuentes	* Tareas con tiempo de operación más largo
W1	A	45	5.4	Ninguna		
W2	D	50	0.4	Ninguna		
W3	B	11	39.4	C, E	C,E	E
	E	15	24.4	C, H, i	C	
	C	9	15.4	F,G,H,I	F,G,H,I	F,G,H,I
	F	12	3.4	Ninguna		
W4	G	12	38.4	H,I	H,I	H,I
	H	12	26.4	I		
	I	12	14.4	J		
	J	8	6.4	Ninguna		
W5	k	9	41.4	Ninguna		



# Actividad final

- Determine la eficiencia de la línea del problema anterior.
- Así como el retraso de balance de la línea y por estación.
- Calcule el número de operarios para cada estación.



## Referencias:

Baybars, I. (August, 1986). A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management Science*, 32(8).

Jacobs, R. B. (2014). *Administración de operaciones Producción y cadena de suministros*. México: Mc Graw Hill.

Nahamias, S. (2014). *Análisis de la producción y las operaciones*. México : Mc Graw Hill Education.

Niebel, B. W. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc. Graw Hill.

Stephens, F. E. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson Prentice Hall.



# Por su atención ...

# Gracias

## Contacto

Nombre del contacto: M. en C. Mary Carmen Reyna Amador  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Área Académica de Ingeniería y Arquitectura  
Teléfono: 71 72000  
Correo electrónico: [amerma332@gmail.com](mailto:amerma332@gmail.com)





# Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería Área Académica de Ingeniería

## Material desarrollado en la Academia de Ingeniería Industrial

