



Innovación con propósito de vida.

# Análisis de sistemas de manufactura

## Líneas de ensamble

- Las líneas de ensamble están basadas en dos principios del trabajo,
- El primero es la división del trabajo, aplicado por Adam Smith (1723 – 1790)
- El segundo principio de trabajo en el cual se basan las líneas de ensamble es el principio de Intercambiabilidad de partes, basado en los esfuerzos de El Whitney (1765 – 1825)
- El origen de las líneas modernas de ensamble puede ser atribuido a la industria de la comida de carnes en Chicago, Illinois y Cincinnati, Ohio.
- La industria automotriz de la época, en especial Henry Ford observo el sistema de corte y empaque de carnes y en 1913 Ford y sus colegas ingenieros diseñaron una línea de ensamble en Highland Park, Michigan para la fabricación de volantes

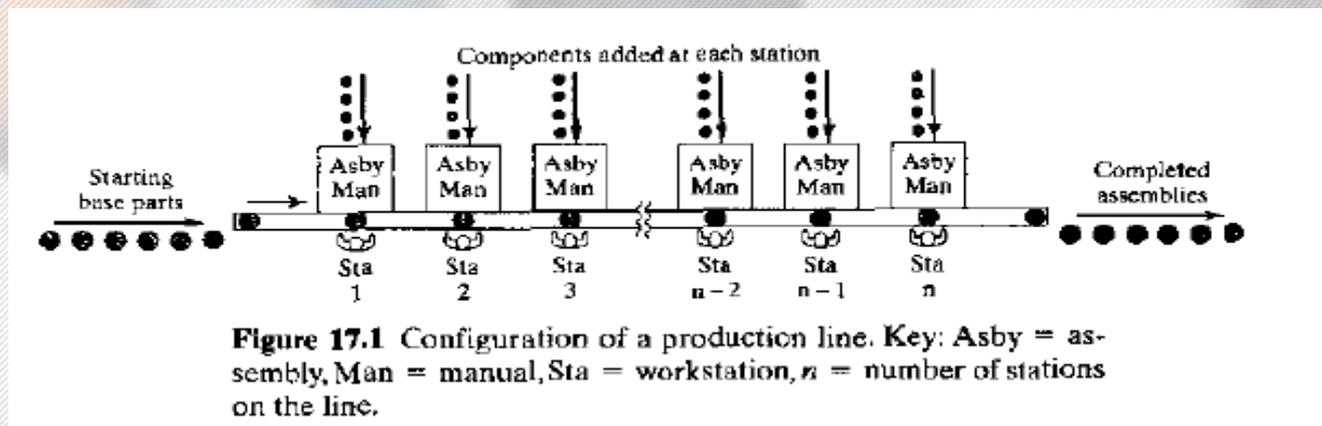
La mayoría de los productos consisten de múltiples partes unidas por procesos de ensamble, las ventajas de unir estas partes en una línea de ensamble manual son las siguientes:

- Se requieren volúmenes medios a altos de producción.
- Los productos ensamblados son idénticos o similares
- La carga total de trabajo para ensamblar el producto, puede ser dividida en pequeños elementos de trabajo.
- Son utilizadas cuando técnicamente o económicamente es imposible automatizar las operaciones.

Existen varias razones del porque las líneas de ensamble manuales son más productivas en comparación con procesos de fabricación alternativos, por ejemplo:

- Especialización del trabajo o división del trabajo.
- Intercambiabilidad de partes.
- Principio de Flujo de trabajo.
- Ritmo de trabajo.

Una línea de ensamble manual consiste en estaciones de trabajo con una secuencia definida, donde los trabajadores desarrollan tareas como se ilustra en la siguiente figura.



Una estación de ensamble es una locación designada para desempeñar un cierto tipo de trabajo, comúnmente el trabajador lleva a cabo una o varias tareas, estas tareas representan una pequeña parte del trabajo total, y generalmente se estas tareas son los elementos de trabajo mas indivisibles de las operaciones de ensamble.

El balanceo de una línea de ensamble consiste en asignar cargas de trabajo iguales a cada estación de trabajo, de esta forma tendremos tiempos de ciclo uniformes en cada estación de trabajo..

Las heurísticas son procedimientos no exactos que nos acercan a la solución óptima de un problema. La solución que da un método heurístico nos asegura hacer un buen trabajo con alta probabilidad de éxito, pero nos expone al riesgo de que un competidor la pueda hacer un poco mejor.

Se conoce como cota inferior al número mínimo teórico de estaciones de trabajo que necesitamos en una línea de ensamble para fabricar un producto

Número mínimo de estaciones requeridas para ensamblar un producto se calcula con la suma de los tiempos de ciclo de cada tarea ( $T_i$ ) y el tiempo de ciclo calculado para cumplir con la demanda ( $C$ ).

$$K^{\circ} = T_i / C$$

**Ejemplo:**

Se tiene un proceso de ensamble que requiere de 5 tareas, que sumadas dan un tiempo total de 202 segundos, entonces

**$T_i$  = Suma de los tiempos de cada tarea: 202**

Si para cumplir con la demanda de producción se requiere fabricar un producto cada 70 segundos, entonces

**$C$  = Tiempo de ciclo: 70**

Por lo tanto, la cota inferior se calcula de la siguiente manera:

$$K^{\circ} = 202 / 70 = 2.88 = 3 \text{ Estaciones de trabajo mínimas teóricas}$$

- La heurística de **COMSOAL** (**Computer Method for Sequencing Operations on Assembly Lines**) fue propuesta por Arcus en 1966 como un método fácil de implementar para balancear líneas de ensamble, bajo la primicia de seleccionar aleatoriamente las tareas que no presentaran problemas de precedencia.

## Pasos para desarrollar la Heurística de COMSOAL.

Paso 1. Definir tareas e identificar precedencias

Paso 2. Realizar el diagrama de precedencias.

Paso 3. Calcular la cota inferior.

$$K^{\circ} = T_i / C$$

Dónde:

$K^{\circ}$  = Cota mínima inferior

$T_i$  = Suma de ciclo de todas las tareas

$C$  = Tiempo de ciclo en segundos necesarios para cumplir con la demanda  
(Tasa de producción)

#### **Paso 4. Abrir estaciones y asignar tareas acorde a la siguiente heurística**

Se abre la estación N

I.- Se identifican todas las tareas sin asignar

$$A = \{a, b, c, \dots, n, \}$$

II.- Se identifican las tareas de A sin problemas de precedencia.

$$B = \{a, b, \dots, n\}$$

III.- Del paso B se identifican las tareas que no excedan el tiempo de ciclo remanente en la estación N, en caso de tener varias tareas, seleccionando una al azar.

$$C = \{a\}$$

IV.- Se resta el tiempo de ciclo de paso C al tiempo de ciclo de remanente de la estación N

$$100 - 40 = 60 \text{ Segundos.}$$

V.- Se continúan las interacciones I a IV hasta que se consume el tiempo de disponible de la estación N. Cuando se consume el tiempo disponible de la estación N, se procede a abrir una nueva estación N+1.

### Paso 5. Realizar el cuadro resumen

Se proceden a realizar dos cuadros resumen, el primero debe incluir las estaciones reales y las tareas asignadas a cada estación de trabajo.

El segundo cuadro resumen, debe incluir los tiempos de ciclo de cada estación de trabajo y los tiempos de ocio.

### Paso 6. Calcular la eficiencia de la línea de ensamble.

Se procede a calcular la eficiencia de la línea bajo la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia} = 100 \left( \frac{\sum T_i}{k \cdot C} \right)$$

Donde:

$T_i$  = Sumatoria total de los tiempos de ciclo de cada estación de trabajo.

$K$  = Cota real (estaciones de trabajo reales)

$C$  = Tiempo de ciclo (Tasa de producción)

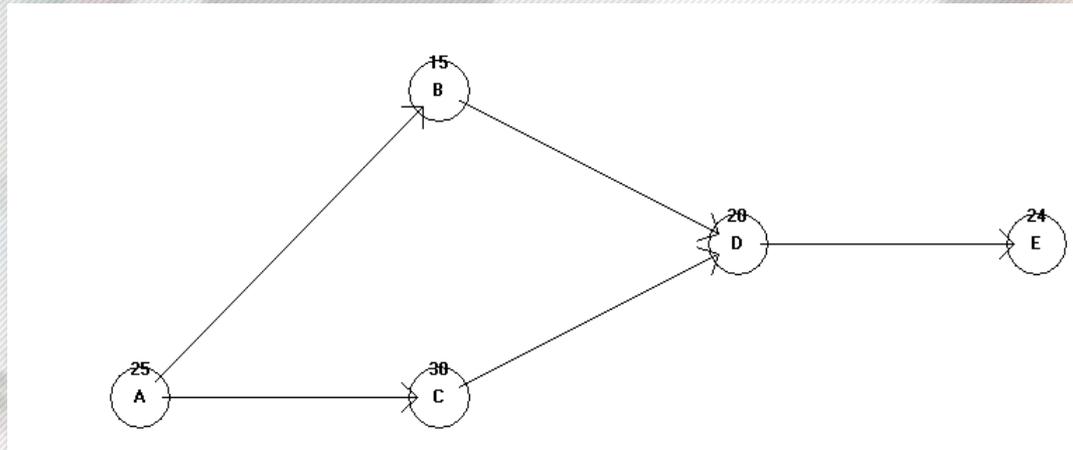
La heurística de peso posicional también conocida como RPW fue introducida por Helgeson and Birnie, en esta heurística se da un valor en peso a cada tarea y se prioridad a la tarea de mayor peso.

RPW toma en cuenta el peso de cada tarea y las restricciones de precedencia de cada tarea.

El peso es calculado específicamente sumando el tiempo de ciclo ( $T_{ek}$ ) de la tarea  $n$ , más los  $T_{ek}$  de las tareas que le siguen acorde al diagrama de precedencia

## Pasos para realizar la Heurística de peso posicional

Paso 1.- Realizar el diagrama de precedencias.



Paso 2. Calcular la cota mínima inferior

**Paso 3** Asignar los pesos y posiciones a cada tarea. Los pesos se asignan sumando el tiempo de ciclo de la tarea n, más los tiempos de ciclo de las tareas n que le siguen respetando el diagrama de precedencias. En el ranking se ordenan las tareas de mayor a menor peso.

Tarea	Tiempo de ciclo	Peso	Ranking
A	25	114	1
B	15	59	3
C	30	74	2
D	20	44	4
E	24	24	5

**Paso 4.** Abrir la primera estación y asignar tareas en base al ranking (mayor a menor), del tiempo disponible de la estación, ir restando el tiempo de ciclo de la tarea que se asignó

### Estación 1

25 - 25 (A) = 25 restantes

25 - 30 (C) = No es posible asignar ya que rebasa el tiempo remanente de la estación 1 por lo que se cierra la estación y se abre la estación 2.

### Estación 2

50 - 30 (C) = 20 restantes.

20 - 15 (B) = 5 restantes

5 - 20(D) = = No es posible asignar ya que rebasa el tiempo remanente de la estación 2 por lo que se cierra la estación y se abre la estación 3

### Estación 3

50 - 20(D) = 30 restantes

30 - 24 (E) = 6 restantes

Universidad Tecmilenio © Todos los Derechos Reservados

No hay más tareas por asignar

**Paso 5.** Se realiza el cuadro resumen con las tareas por estación, el tiempo de ciclo y de ocio.

Estación	1	2	3	Total
Tareas	A	C,B	D,E	
Tiempo de ciclo	25	45	44	114
Tiempo de ocio	25	5	6	36

**Paso 6.** Calcular la eficiencia de la línea

$$\text{Eficiencia (\%)} = 100 \left\{ \frac{\sum T_i}{k \cdot C} \right\} =$$

$$\text{Eficiencia} = 100 \left\{ \frac{114}{(3 \cdot 50)} \right\} = 76 \%$$

- Groover, M. (2008). *Automation Production System and Computer Integrated Manufacturing*. 3ra ed. E.U. Pearson.

## Capítulo 15

- Asking R. (1993). *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*. E.U. Wiley

## Capítulo 2

# Créditos

## Desarrollo de contenido:

Ing. Manuel Gabriel Cabrera López; M.C.

## Coordinación académica de área:

Ing. Rita Lizeth Serna Garza, MEBC

## Producción

Universidad Tecmilenio



Innovación con propósito de vida.