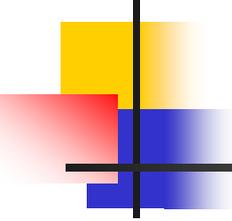


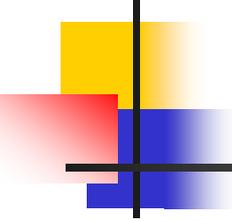
Gestión de Operaciones

Capítulo 10: Programación de Operaciones



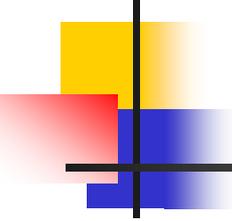
Introducción

- Características generales:
 - Corresponden a las decisiones concretas.
 - Son decisiones detalladas, complejas y con muchas alternativas.
 - Deben ser consistentes con el nivel táctico.
- Objetivos:
 - Lograr que la capacidad disponible se use en forma efectiva y eficiente.
 - Distribuir equipos y personal entre distintos trabajos y actividades.



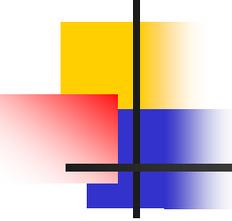
Introducción

- Resultados esperados:
 - Buena utilización de equipos y personal.
 - Bajo nivel de inventarios.
 - Buen servicio.
 - Minimización de costos.
- Ejemplos:
 - Programación semanal en fábrica.
 - Asignaciones médicas en hospital.
 - Programación de camiones.



Procesos en Línea

- **Pregunta:**
 - Si se tienen diversos productos, ¿qué se produce en cada momento?
- **Punto clave:**
 - **Tiempos de preparación:**
 - En producción clásica los altos tiempos de preparación determinan mayores lotes de producción.
 - En los sistemas de manufactura flexible (FMS) los menores tiempos de preparación se traducen en lotes más chicos.

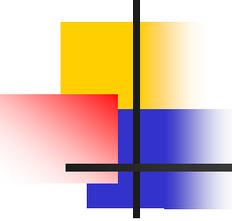


Procesos en Línea

- ¿Cómo secuenciar producciones?
 - Por medio del tiempo de agotamiento (r_i):

$$r_i = \frac{\text{Inventario producto } i}{\text{Demanda producto } i} = \frac{I_i}{d_i}$$

- Se programan primero los productos con menor tiempo de agotamiento (menor r_i).



Distribución de Procesos en Línea

- **Balanceo de la Línea:**

- **Notación:**

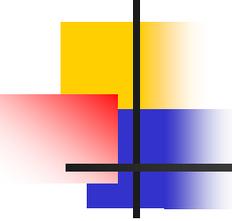
N = número de estaciones de trabajo.

C = tiempo de ciclo (tiempo entre la producción de dos unidades sucesivas).
= tiempo de la estación más lenta.

t_i = tiempo de estación i .

- **Indicadores:**

$$\text{Tiempo total de trabajo} = \sum_i t_i$$



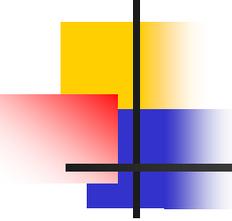
Distribución de Procesos en Línea

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum_i t_i}{NC}$$

$$\text{Mínimo de estaciones} = \left\lceil \frac{\sum_i t_i}{C} \right\rceil$$

$$\text{Retraso del balance} = 1 - \text{Eficiencia}$$

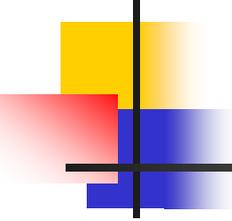
$$\text{Max}[t_i] \leq \text{tiempo de ciclo} \leq \sum_i t_i$$



Distribución de Procesos en Línea

- **Objetivo:**
 - Se busca balancear la línea, es decir, que todos los tiempos de trabajo (t_i) sean similares.

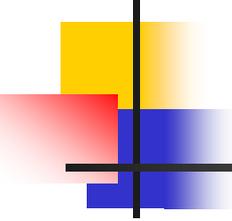
- **Consideraciones:**
 - 1.- Variabilidad de los tiempos de operación.
 - 2.- Múltiples productos.
 - 3.- Limitaciones espaciales u otros:
 - Motivos para juntar tareas por otros motivos: localización, habilidad, etc.



Distribución de Procesos en Línea

- 4.- Factores de comportamiento:
 - Ciclos cortos son aburridos.
 - Buscar otra forma de organizarse, con mayor variedad.
 - Generalmente se usan métodos manuales.

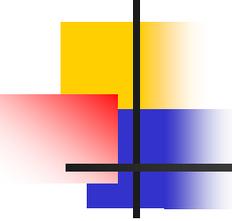
- Reglas Típicas:
 - 1.- Asignar primero tareas con mayor número de seguidoras.
 - 2.- Armar estaciones de trabajo con tareas compatibles, buscando acercarse al tiempo de ciclo en cada estación.
 - 3.- Ver eficiencia y reordenar si conviene.



Distribución de Procesos en Línea

- Para proyectos específicos Layout es especial:
 - Caso: Construcciones.
- Ejemplo: Balanceo de la línea de ensamblaje del wagon modelo J.
 - Producción diaria de 500 vagones.
 - Tiempo de producción de 420 minutos.
 - Tiempo de ciclo:

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Producción diaria}} = \frac{60 \times 420}{500} = 50,4 \frac{\text{seg.}}{\text{wagon}}$$

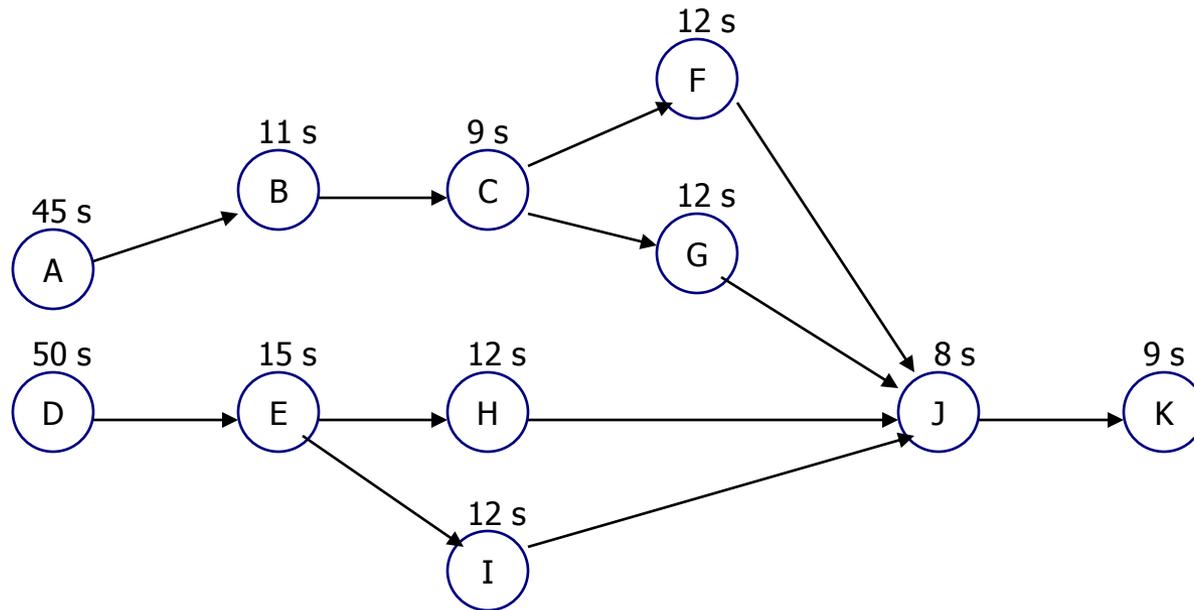


Distribución de Procesos en Línea

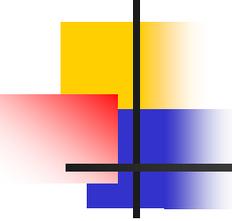
Pasos y tiempos de ensamblaje para el wagon modelo J:

Tarea	Tiempo de la tarea (en segundos)	Descripción
A	45	Colocar el apoyo del eje trasero y sujetar manualmente cuatro tornillos a las tuercas.
B	11	Insertar el eje trasero.
C	9	Apretar los tornillos de apoyo del eje trasero en las tuercas.
D	50	Colocar el ensamblaje del eje delantero y sujetar manualmente con cuatro tornillos en las tuercas.
E	15	Apretar los tornillos de ensamblaje del eje delantero.
F	12	Colocar rueda trasera No. 1 y sujetar eje.
G	12	Colocar rueda trasera No. 2 y sujetar eje.
H	12	Colocar rueda delantera No. 1 y sujetar eje.
I	12	Colocar rueda delantera No. 2 y sujetar eje.
J	8	Colocar el asta de agarre del wagon sobre el ensamblaje del eje delantero y sujetar manualmente perno y tuerca.
K	9	Apretar perno y tuerca.

Distribución de Procesos en Línea



Gráfica de precedencia para el wagon de modelo J.



Distribución de Procesos en Línea

Número mínimo de estaciones:

$$N_{min} = \left\lceil \frac{T}{C} \right\rceil = \left\lceil \frac{\sum_i t_i}{C} \right\rceil = \left\lceil \frac{195}{50.4} \right\rceil = 4$$

Distribución de Procesos en Línea

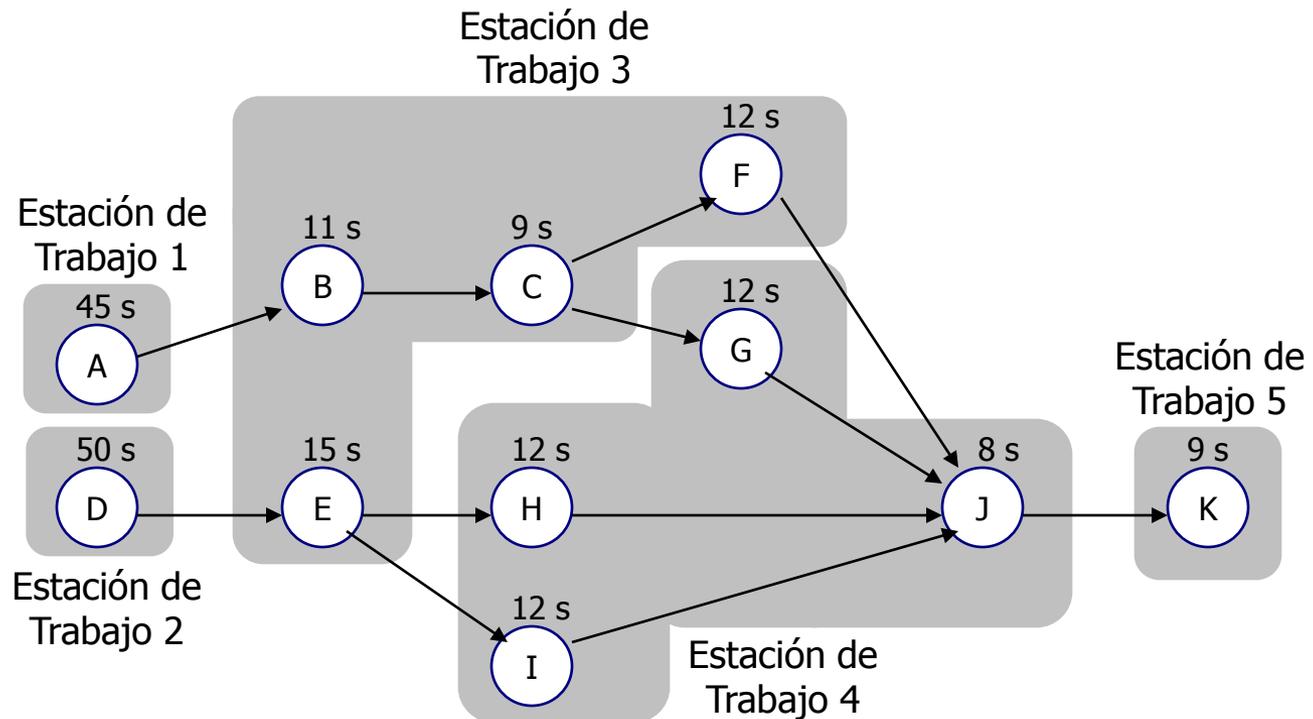
Balanceo logrado con la regla del número más grande de tareas que siguen ($C=50.4$):

	Tarea	Tiempo de la tarea (segundos)	Tiempo restante no asignado (segundos)	Tareas restantes factibles	Tareas con más ayudantes	Tarea con el tpo de operación más largo
Estación 1	A	45	5,4 inactivo	Ninguna		
Estación 2	D	50	0,4 inactivo	Ninguna		
Estación 3	B	11	39,4	C, E	C, E	E
	E	15	24,4	C, H, I	C, E	
	C	9	15,4	F, G, H, I	F, G, H, I	F, G, H, I
	F*	12	3,4 inactivo	Ninguna		
Estación 4	G	12	38,4	H, I	H, I	H, I
	H*	12	26,4	I		
	I	1	14,4	J		
	J	8	6,4 inactivo	Ninguna		
Estación 5	K	9	41,4 inactivo	Ninguna		

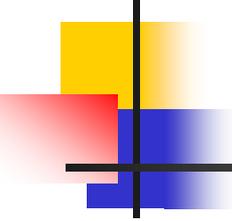
* Denota una tarea seleccionada de manera arbitraria cuando existe un nexo entre los tiempos de operación más largos.

Nota: La holgura en la última tarea de cada estación da el tiempo inactivo.

Distribución de Procesos en Línea



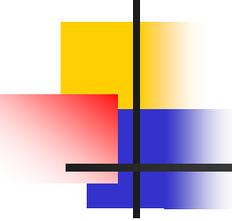
Gráfica de precedencia para el wagon modelo J.



Distribución de Procesos en Línea

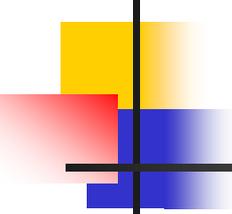
- Eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{T}{NC} = \frac{195}{(5)(50.4)} = .77 \text{ o } 77\%$$



Procesos Intermitentes

- Características:
 - Abarca talleres, imprentas, garages....
 - Los proyectos o clientes esperan en una línea conforme cada unidad se transfiere de un centro de trabajo hasta el siguiente.
 - Se forma una cola de inventario de producto en proceso en cada centro de trabajo existiendo tiempos de espera para conseguir la disponibilidad de las instalaciones.
 - Por lo tanto, puede pensarse en el problema de programación intermitente como una red de colas.



Análisis para un buen secuenciamiento

1. Patrón de llegadas de trabajos, clientes.
2. Número y variedad de máquinas o estaciones de trabajo
3. Número de trabajadores
4. Patrones de flujo de los trabajos
5. Objetivos:
 - Minimizar el tiempo total de trabajos
 - Cumplir con tiempos de entrega prometidos.
 - Buena utilización de las máquinas.
 - Minimizar costos.