

IIMPI – DPI – IP

Administración de Operaciones

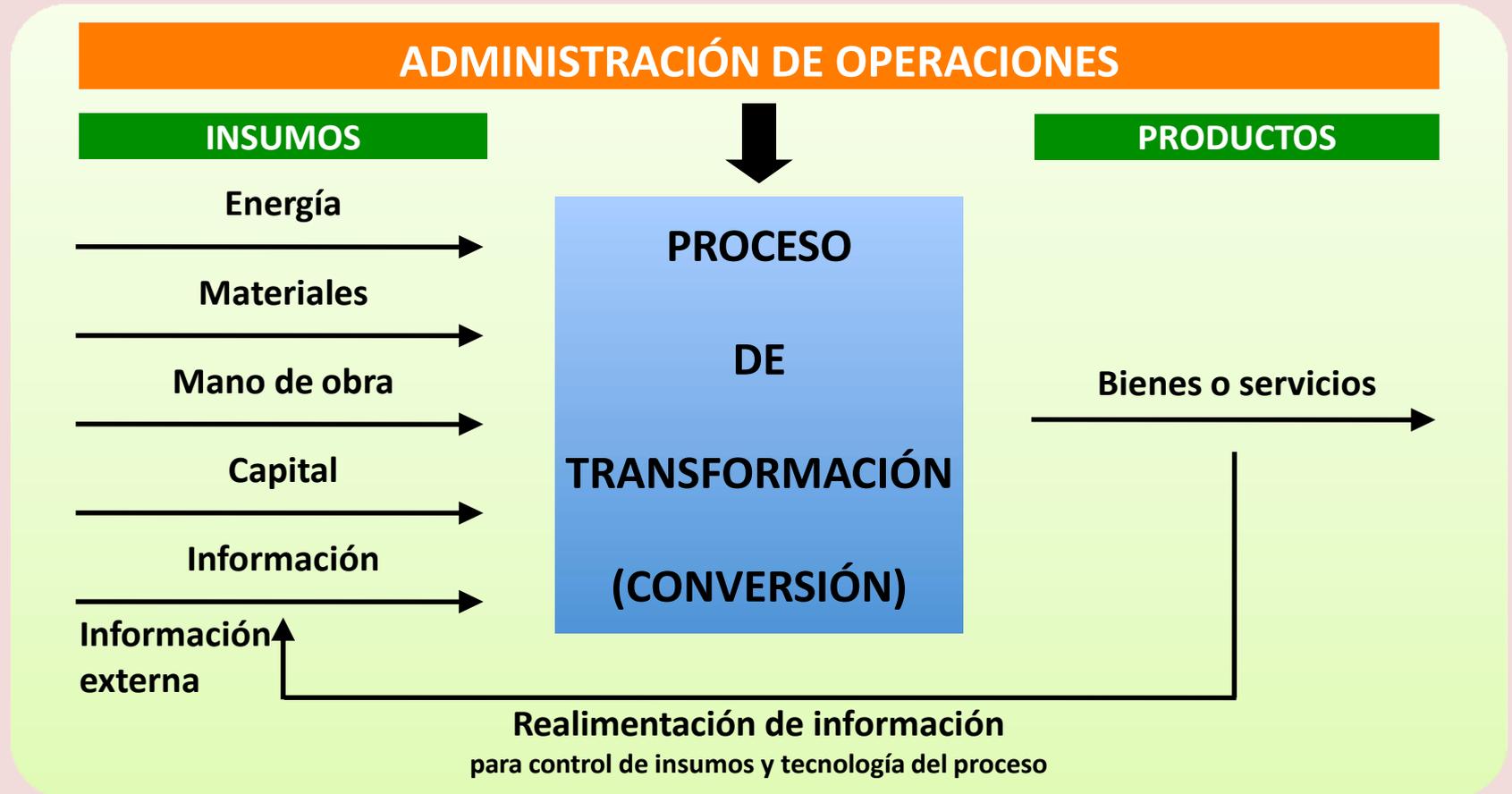
Programación de operaciones

Cap. 13 – Schroeder – Administración de Operaciones – Ed. 5

Objetivos

- Introducción (1)
- Programación (2)
- Programación por Lotes (3)
 - Gantt (5)
 - Capacidad Finita (5)
 - Teoría de las Restricciones (4)
 - Despacho de Órdenes (5)
- Sistemas (1)

Introducción



Programación

Programación de operaciones →

Asignación de capacidad o recursos disponibles (equipo, MO, espacio) para cada trabajo, actividad, tarea o cliente durante cada tiempo

Recursos disponibles

Output (Instalaciones, Planeación Agregada) → Input (Programación)

Planeación Agregada → determina recursos necesarios durante 6 m a 2 a

Programación

Decisión última y más restringida

Entregable $f(t)$ → Programa de actividades | 4 preguntas clave

Qué hacer

Cuándo hacerlo

Quién es responsable

Con qué equipamiento

Recursos **optimizados** $f(\text{Planeación Agregada})$ para período breve (m, sem, h)

Programación

Garantía

Lograr objetivos del Plan

alta eficiencia | inventarios bajos | buen servicio al cliente

Eficiencia: Programar alta utilización de recursos (MO, equipamiento, espacio)

Conflicto: Mantener bajos inventarios

→ baja eficiencia (quiebre de stock, tiempo para preparación de máquinas)

→ negociación eficiencia vs inventarios

Programación de operaciones

Actividad a corto plazo



Negociación inter-funcional de objetivos en conflicto

Clases de programación de operaciones

Línea | Lotes | Proyecto

Programación por Lotes

Lote

Trabajo asociado a cada cliente, paciente, documento, entidad que “fluye” en el proceso (“*work flow*”)

Centro de trabajo

Cubículo, oficina, instalaciones, sala, centros de procesamiento

Problema administrativo de programación por lotes

Cada lote que fluye a través de un proceso de lotes se desplaza a lo largo de puntos de inicio y de detención (*batch*) **no uniforme**

Flujo irregular en base a distribución física del proceso de los lotes en los centros de trabajo (grupo de máquinas, habilidades del personal)

Cada lote espera en cola a medida que cada lote se transfiere de un centro de trabajo al siguiente

Programación por Lotes

Inventario de producción en proceso (WIP, *work-in-process*)

Problema de programación por lotes → Administración de Red de Colas

Colas WIP interconectadas mediante red de flujos de materiales o clientes en proceso en centro de trabajo, en espera acorde a disponibilidad de instalaciones

Operación por lotes

Trabajos o Clientes pasan mayoría del tiempo esperando en cola

Tiempo = f(carga de trabajo)

Sobrecarga de trabajo → hasta 95% tiempo producción en espera → tiempo total de producción hasta 20 veces el tiempo de procesamiento

Clave

Desarrollar procedimientos de programación de operaciones para administrar flujo eficiente de trabajos, clientes y actividades (POE | SOP)

Programación por Lotes

Programación de operaciones en lotes



Planeación de necesidades de materiales
MRP (*Materials Requirements Planning*)

Gantt

Capacidad finita

Teoría de las restricciones

Reglas de Despacho

Gantt

Métodos de programación de Henry Gantt (1917)

Ya lo presentamos en el capítulo sobre Administración de Proyectos

Gráfico de Gantt es una tabla de doble entrada:

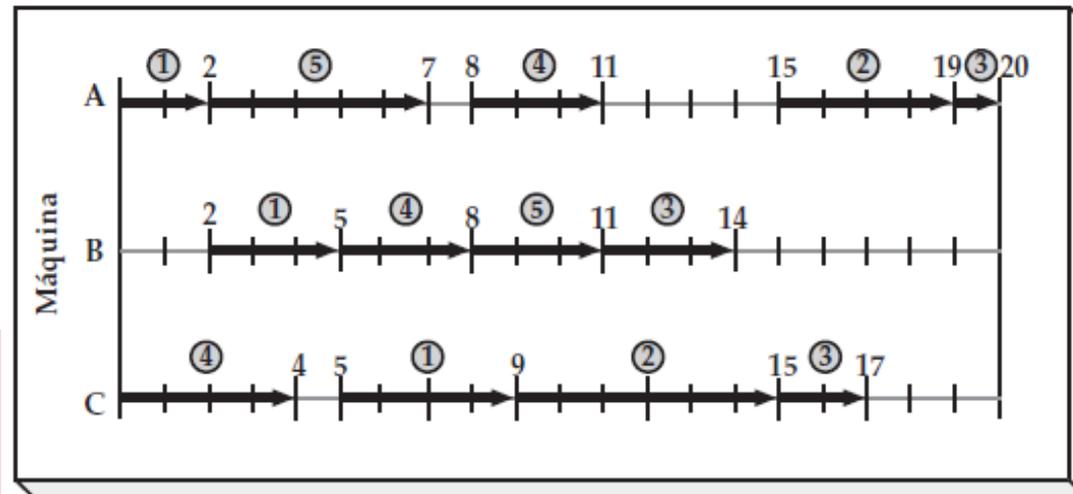
- Tiempo (t) en el eje horizontal, generalmente en la parte superior
- Recurso escaso (equipamiento, RRHH, horas-máquina) en el eje vertical

Trabajo	Centro de trabajo/ horas máquina	Fecha de terminación
---------	-------------------------------------	-------------------------

1	A/2, B/3, C/4	3
2	C/6, A/4	2
3	B/3, C/2, A/1	4
4	C/4, B/3, A/3	4
5	A/5, B/3	2

Datos de los trabajos para la programación

Gantt – Secuencia de trabajos 1, 4, 5, 2, 3

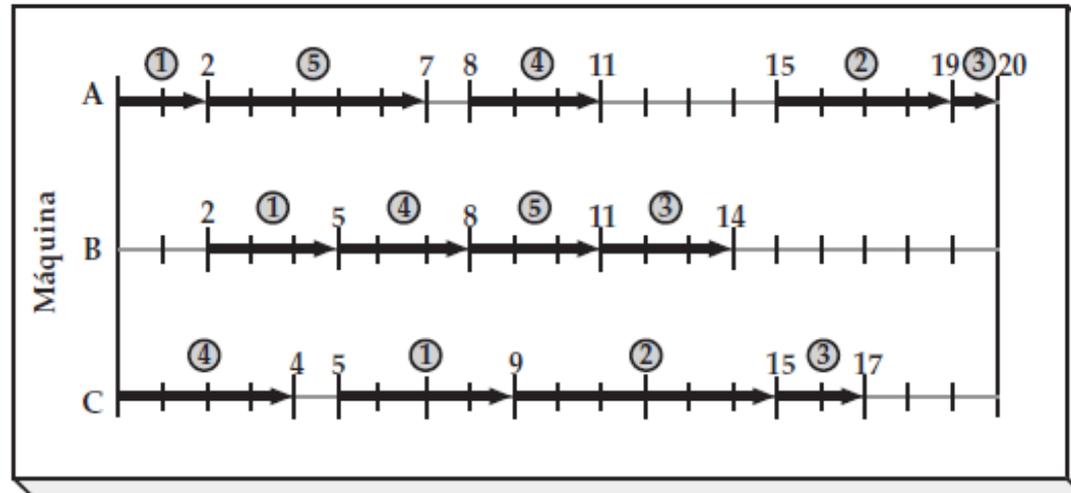


Gantt

Trabajo	Centro de trabajo/ horas máquina	Fecha de terminación
---------	-------------------------------------	-------------------------

1	A/2, B/3, C/4	3
2	C/6, A/4	2
3	B/3, C/2, A/1	4
4	C/4, B/3, A/3	4
5	A/5, B/3	2

Gantt – Secuencia de trabajos 1, 4, 5, 2, 3



Datos de los trabajos para la programación

Máquina inactiva
(horas)

A	5
B	8
C	4
	<hr/>
	17

Intervalo de
fabricación = 20 horas

Tiempo de espera
de trabajo
(horas)

Trabajo	Tiempo de espera de trabajo (horas)	Tiempo para la entrega (horas)
1	0	9
2	9	19
3	14	20
4	1	11
5	3	11

Gantt

Gantt → Evaluar desempeño del trabajo y máquina

Desempeño de maquinaria

Intervalo de fabricación vs tiempo demandado para todo el trabajo

En el ejemplo 20 h (para completar 5 trabajos)

Utilización de maquinaria

$\sum(t \text{ maquinaria inactiva}) = 17 \text{ h}$

Porcentaje de utilización = $43/60 = 71,7\%$

Porcentaje inactivo = $17/60 = 28,3\%$

Utilización = f(Intervalo de fabricación)

Trabajo	Tiempo de espera de trabajo (horas)	Tiempo para la entrega (horas)
1	0	9
2	9	19
3	14	20
4	1	11
5	3	11

Máquina inactiva (horas)	
A	5
B	8
C	4
	<hr/>
	17
Intervalo de fabricación = 20 horas	

Gantt

Gantt → Evaluar desempeño del trabajo y máquina

43 h de procesamiento constante

Independiente del programa

3 máquinas

Intervalo de fabricación 20 h disponible c/máquina

Tiempo inactivo = $3 * (\text{Intervalo de fabricación}) - 43$

(Ecuación lineal)

Minimizar intervalo de fabricación

Minimiza tiempo inactivo de la máquina

Minimizar tiempo de espera de trabajo

Minimiza tiempo de entrega de cada trabajo

Tiempo de entrega, tiempo de espera = $f(\text{secuencia})$

Programa 5 trabajos → $5! = 120$ secuencias posibles

¡Algoritmos!

Trabajo	Tiempo de espera de trabajo (horas)	Tiempo para la entrega (horas)
1	0	9
2	9	19
3	14	20
4	1	11
5	3	11

Máquina inactiva (horas)	
A	5
B	8
C	4
	<hr/>
	17
Intervalo de fabricación = 20 horas	

Gantt

Gantt → Conclusiones

1. El desempeño de la programación (intervalo de fabricación, tiempos de espera de los trabajos, tiempos de entrega de los trabajos, utilización de máquina y nivel del inventario) depende de la secuencia de programación
2. El tiempo de espera de un trabajo depende de la interferencia del trabajo que se encuentre en el programa y de la capacidad disponible de las máquinas
3. La obtención del programa óptimo requiere cálculos complejos; en caso de aplicaciones industriales típicas requiere uso de software específico (tamaño); existe un conjunto de procedimientos heurísticos eficaces y programas informáticos que permite aproximación al **programa óptimo**

Capacidad Finita

FCS (*Finite Capacity Scheduling*)

Extensión del razonamiento de Gantt

Supuestos

Trabajos se programan a través de centros de trabajo (c/u con 1+ máquinas)

Trabajos pueden intercambiarse entre sí

Secuencia de trabajos puede modificarse a medida que son procesados, según su prioridad

Un trabajo puede fraccionarse para facilitar la programación

Se puede disponer de rutas opcionales de un trabajo en diferentes centros de trabajo

Programación de la Capacidad Finita presta atención a los recursos escasos

- facilita el flujo del trabajo
- mejora el desempeño del taller

Capacidad Finita

FCS (*Finite Capacity Scheduling*)

Gantt para un centro de trabajo

Secuencia 1, 4, 5, 2, 3

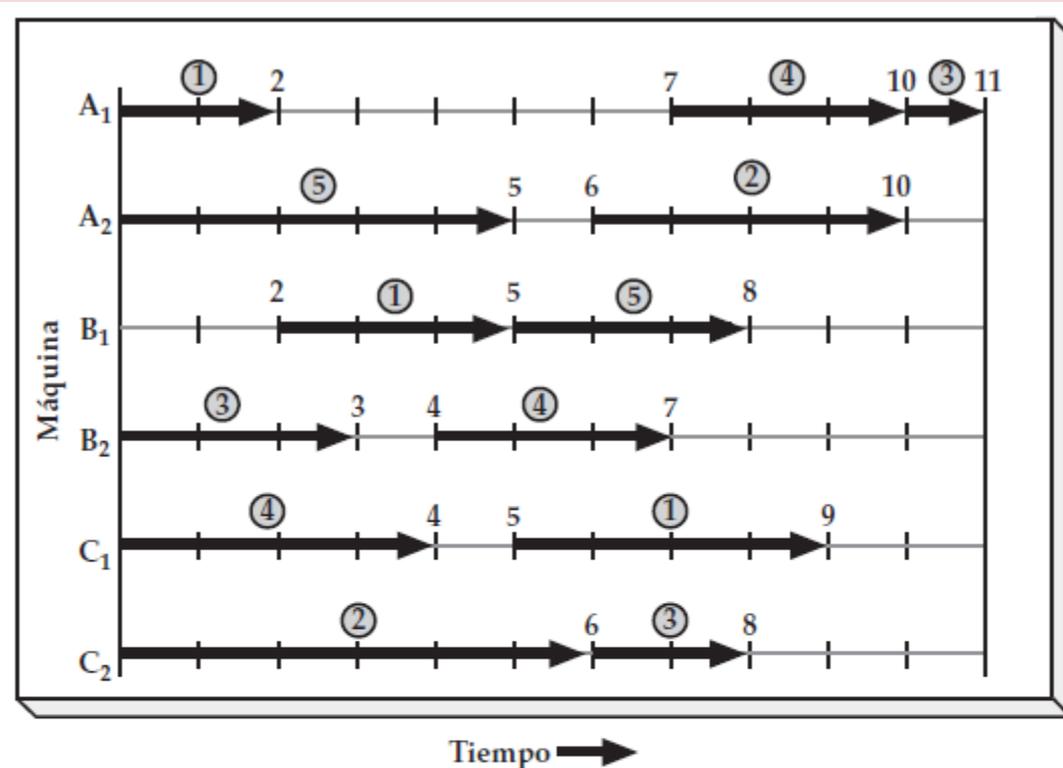
2 máquinas (A, B, C) en cada centro de trabajo

Aumento de capacidad

Mejora fechas de terminación de los trabajos

Reduce sus tiempos de espera

Intervalo de fabricación se reduce de 20 a 11



Centro de máquina	inactivo (h)
A	7
B	10
C	6
	<hr/>
	23
Intervalo de fabricación = 11 horas	

Trabajo	Tiempo de espera del trabajo (h)	Tiempo de entrega (h)
1	0	9
2	0	10
3	5	11
4	0	10
5	0	8

Capacidad Finita

FCS (*Finite Capacity Scheduling*)

Gantt para un centro de trabajo

Secuencia 1, 4, 5, 2, 3

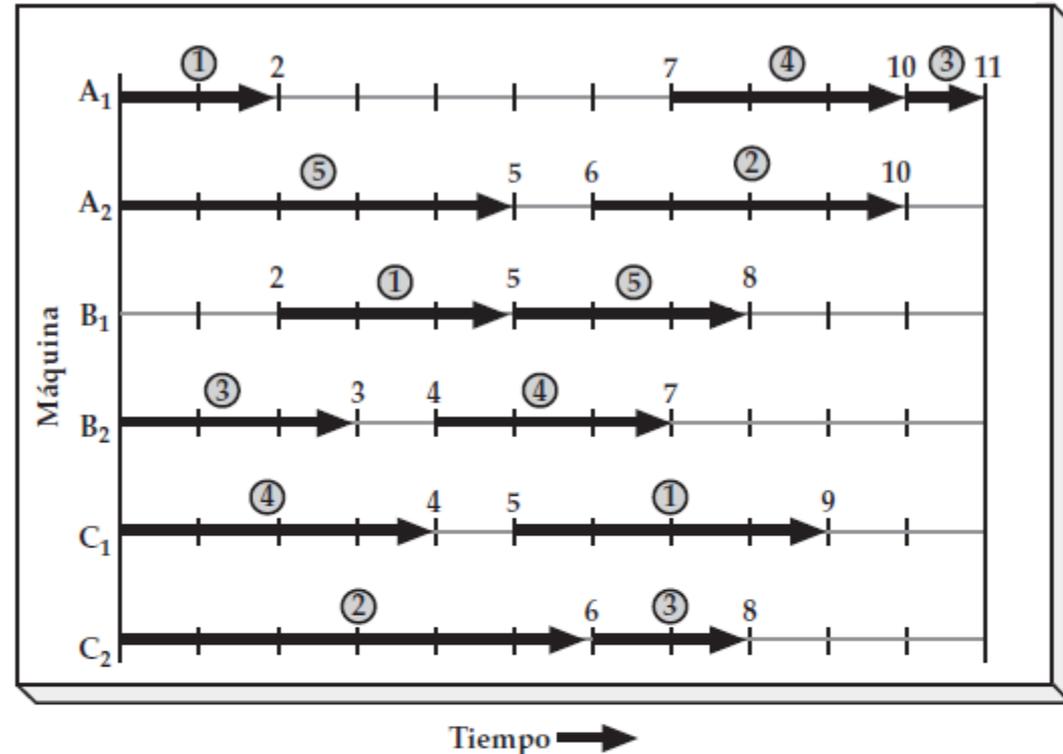
2 máquinas (A, B, C) en cada centro de trabajo

Cuello de botella

Centro de trabajo con capacidad < demanda propia y de los demás recursos

Cuello de botella C para $t = 3..6$
C totalmente utilizado; trabajo 3 en espera

Cuello de botella A para $t = 8..10$



Centro de máquina inactivo (h)	
A	7
B	10
C	6
	<hr/>
	23
Intervalo de fabricación = 11 horas	

Trabajo	Tiempo de espera del trabajo (h)	Tiempo de entrega (h)
1	0	9
2	0	10
3	5	11
4	0	10
5	0	8

Capacidad Finita

FCS (*Finite Capacity Scheduling*)

Gantt para un centro de trabajo

Secuencia 1, 4, 5, 2, 3

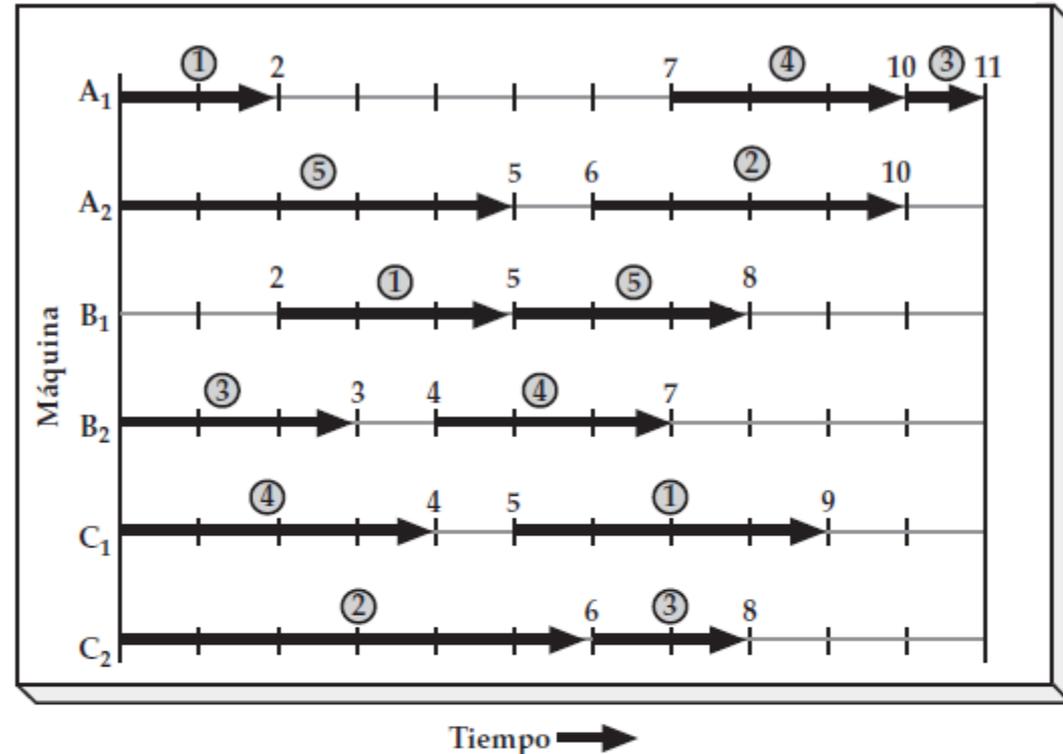
2 máquinas (A, B, C) en cada centro de trabajo

Cuello de botella

No constante: cambia de un centro de trabajo a otro

TOC

Administrar programación de operaciones añadiendo capacidad a un cuello de botella



Centro de máquina inactivo (h)	
A	7
B	10
C	6
	<hr/>
	23
Intervalo de fabricación = 11 horas	

Trabajo	Tiempo de espera del trabajo (h)	Tiempo de entrega (h)
1	0	9
2	0	10
3	5	11
4	0	10
5	0	8

Capacidad Finita

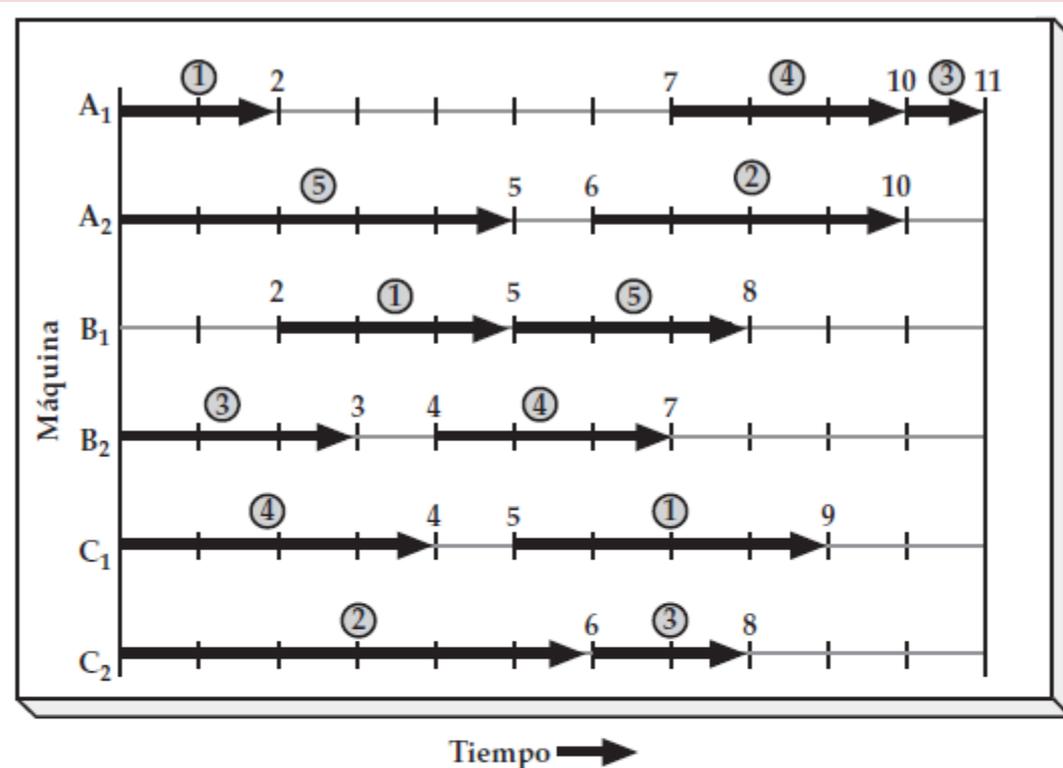
FCS (*Finite Capacity Scheduling*)

Gantt para un centro de trabajo

Secuencia 1, 4, 5, 2, 3

2 máquinas (A, B, C) en cada centro de trabajo

Si se agrega capacidad a cuello de botella de trabajo, el intervalo de fabricación podría reducirse de 11 h a 10 h
 10 h intervalo de fabricación mínimo (trabajo 2, 10 h de tiempo de procesamiento)



Adición de capacidad

Estrategias de administración de oferta o suministro

Centro de máquina inactivo (h)	
A	7
B	10
C	6
	<hr/>
	23
Intervalo de fabricación = 11 horas	

Trabajo	Tiempo de espera del trabajo (h)	Tiempo de entrega (h)
1	0	9
2	0	10
3	5	11
4	0	10
5	0	8

Teoría de las Restricciones

Eliyahu Goldratt

TOC (*Theory of Constraints*) La Meta (1979)

Todo sistema productivo tiene al menos un cuello de botella (eslabón más débil de la cadena); su identificación es crucial para actuar: el cuello de botella marca el ritmo productivo de la sistema

Una mejora en cualquier otro eslabón de la cadena no producirá mejora en el conjunto

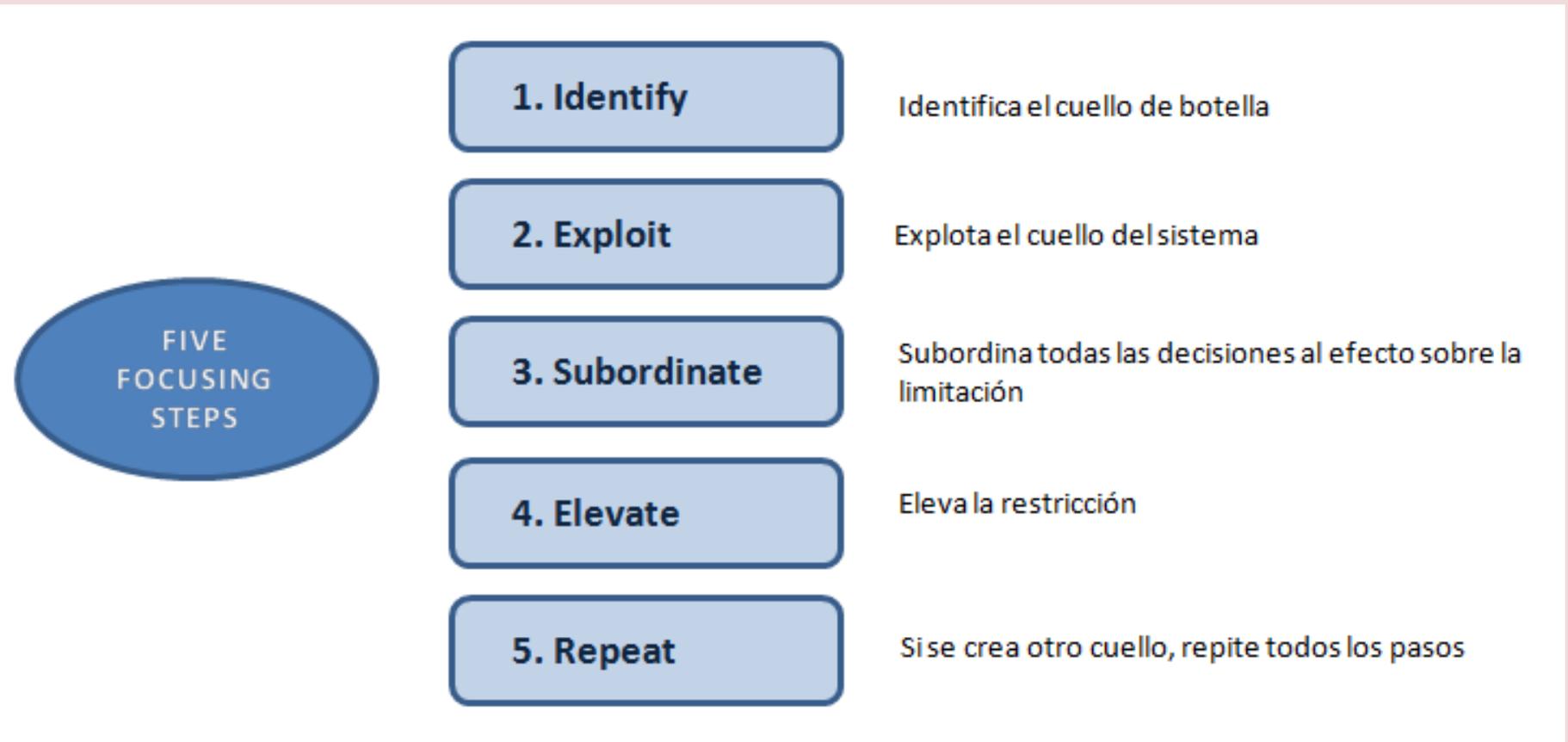
TOC se basa en detectar el cuello de botella y actuar sobre él

Mejora sobre el cuello de botella → Mejora del ritmo global

Teoría de las Restricciones

Metodología

Proceso de **Mejora Continua** *Five Focusing Steps* (5FS)



Teoría de las Restricciones

Metodología

Proceso de **Mejora Continua** *Five Focusing Steps* (5FS)

1. Determinar restricciones del sistema

- Si el proceso de producción tiene varias secciones, cada sección tendrá un cuello de botella

2. Decidir qué hacer con las restricciones

- Decisión = $f(\text{Inversión})$
- Económico: actuar para tener el puesto a máxima producción (mantenimiento preventivo, gestionar tiempos de producción)

3. Subordinar resto de las decisiones a la restricción identificada

4. Elevar la restricción

- Ejemplo: Ampliación de capacidad del centro de trabajo (comprar maquinaria, agregar un segundo centro, etc.) para generar más producción

5. Repetir

- Analizar si el centro de trabajo sigue siendo restricción
- Si ya no es la restricción → otro centro es cuello de botella
- Reiniciar el ciclo con el nuevo cuello de botella

Teoría de las Restricciones

TOC: Toma de Decisiones

Gestión de costos sistémica: **flujo monetario global de la empresa** vs contabilidad específica de línea de producto o departamento

Throughput Accounting (Contabilidad del Rendimiento) vs Contabilidad de Costos

En la Contabilidad de Costos, cada eslabón de la cadena se prepara para trabajar al máximo (sub-optimización local) sin importar el óptimo global del proceso

Throughput Accounting (Contabilidad del Rendimiento)

- $\text{Throughput (Rendimiento)} = \text{Ingresos} - \text{Gastos absolutamente variables.}$
- $\text{Beneficio Neto} = \text{Throughput} - \text{Gastos de operación}$
- $\text{Retorno de inversión ROI} = \text{Utilidad neta} / \text{inversión}$

Decisiones de Mejora

- ¿Aumenta el Throughput (Rendimiento)?
- ¿Reduce gastos de operación?
- ¿Aumenta el ROI?

Reglas de Prioridad de Despacho

Despacho de órdenes

Toma de Decisión sobre la prioridad de los trabajos en cualquier centro de trabajo

Un trabajo no se programa a través de una planta con base en una sola prioridad

Prioridad de un trabajo cambiará de un centro de trabajo al siguiente según reglas de despacho elegidas

Regla de despacho especifica qué trabajo deberá seleccionarse como el siguiente para procesarse entre una cola de trabajos, ya sea durante la programación o durante el procesamiento en tiempo real

Programas de operaciones se revisan periódicamente: cambian las condiciones (rotura de máquina, ausentismo, quiebre de stock, etc.)

Cuando un recurso (máquina y/o trabajador) queda disponible, se aplica la regla de despacho y se asigna el siguiente trabajo

Regla de despacho es de carácter dinámico y establece de modo continuo la prioridad sobre la base de condiciones cambiantes

Reglas de Prioridad de Despacho

Despacho de órdenes

Tipos de reglas de prioridad

Servicios

FCFS (*first come, first served*)

Regla “quien llega primero, se atiende primero”

Principio de equidad para las personas que esperan en fila

Manufactura

FCFS no sirve

Genera deficiencias

- Incumplimiento de fechas de terminación
- Aumento del intervalo de fabricación
- Reducción de ganancias

Reglas de Prioridad de Despacho

Despacho de órdenes

Tipos de reglas de prioridad

Manufactura

1. Razón Crítica
2. Tiempo de procesamiento más corto

Razón crítica CR (*critical ratio*) método **preciso**

$CR = t \text{ restante hasta fecha de entrega} / t \text{ procesamiento restante}$

Trabajo con menor CR se programa primero y así sucesivamente

Cálculo de la razón del tiempo de la demanda al tiempo de la oferta

$CR > 1 \rightarrow t \text{ disponible suficiente para completar el trabajo}$

(si se gestiona correctamente t espera)

$CR < 1 \rightarrow \text{trabajo se atrasará salvo que se comprima } t \text{ de procesamiento}$

Reglas de Prioridad de Despacho

Despacho de órdenes

Tipos de reglas de prioridad

Manufactura

1. Razón Crítica
2. Tiempo de procesamiento más corto

Tiempo de procesamiento más corto SPT (*Shortest Processing Time*)

Selecciona el trabajo con menor t procesamiento en máquina (o recurso)

Principio de cascada: cuando un trabajo se termina rápidamente (menor t procesamiento) otras máquinas recibirán trabajo en forma descendente

Se incrementa la tasa de flujo y utilización

Reglas de Prioridad de Despacho

Conclusiones

- SPT muy eficaz (\nearrow eficiencia \nearrow *throughput*)
- SPT deficiente para cumplimiento de las fechas de terminación
- CR mejor para satisfacción de fechas de terminación (explícita en su cálculo)
- Fecha de terminación exigente \rightarrow CR acelerará el trabajo por alta prioridad
- Tiempos de espera puedan administrarse, no es fijo o estadístico
- Operación que satura capacidad instalada \rightarrow t espera promedio \nearrow
- Reglas de despacho para establecer la prioridad de un trabajo durante la programación y/o ejecución en tiempo real durante el procesamiento
- Prioridad de un trabajo puede modificarse durante el procesamiento en fábrica
- Tiempo de espera = f(prioridad, capacidad)

Sistemas de planeación y control

Preguntas clave

1. ¿Qué fecha de entrega prometo?
2. ¿Dónde está el cuello de botella?
3. ¿Cuándo debería empezar cada actividad o tarea en particular?
4. ¿Cómo me aseguro de que el trabajo se complete a tiempo?

Planeación y programación avanzadas (APS, *Advanced Planning and Scheduling*)

Incluye métodos de programación (capacidad finita, cuello de botella basado en TOC y despacho al nivel del piso de la planta)

APS considera ERP (necesidades de materiales) y capacidad de planta para generar nuevos planes y entregan secuencia óptima (*throughput* máximo, inventario mínimo, cumplimiento de fechas de entrega)

[Siemens Preactor](#)

[SchedulePro](#)