



# Teoría de las Restricciones

PS-4162 GESTION DE LA PRODUCCION - DECISIONES TACTICAS  
Universidad Simón Bolívar - Departamento de Procesos y Sistemas

Profesor Pedro Celis Caraballo  
Ph.D. ♦ SAFe 5 Agilist ♦ CSPO ♦ SMPC ♦ KanBan Design

*Dirigido a Estudiantes de Ingeniería de Producción*



[pbcelis@usb.ve](mailto:pbcelis@usb.ve)



[pedrobcelis](#)



[@pbcelis](#)



[@gestion.inteligente](#)



# Agenda

## Cadena de Suministro

- ▶ **Manufactura Sincronizada**
- ▶ **Características de la manufactura sincronizada**
- ▶ **Reglas de la manufactura sincronizada**
- ▶ **Teoría de las Restricciones**
- ▶ **Capacidad y Flujo de Materiales**
- ▶ **Manufactura Sincronizada**



## Manufactura sincronizada

Originalmente, la manera de servir mejor a una demanda incierta de los clientes era la construcción de inventarios y exceso de capacidad de producción. MRP II sofisticó los esquemas, generando mejoras operativas

Sin embargo, la necesidad extrema de flexibilidad y servicio al cliente nos exige nuevos procesos que muevan los materiales fluidamente por los procesos de manufactura mientras reducimos el desperdicio generado por ese mismo proceso de manera continua



# Manufactura sincronizada

## Objetivos

En este sentido, la manufactura sincronizada establece tres objetivos fundamentales:

- ❑ Maximizar el “throughput” (rata a la que el sistema genera dinero proveniente de las ventas)
- ❑ Mientras minimizamos los inventarios (todo el dinero atado a los materiales que el proceso pretende vender); y
- ❑ Minimizamos los gastos operativos (el dinero que se gasta en convertir el inventario en “throughput” o ventas)



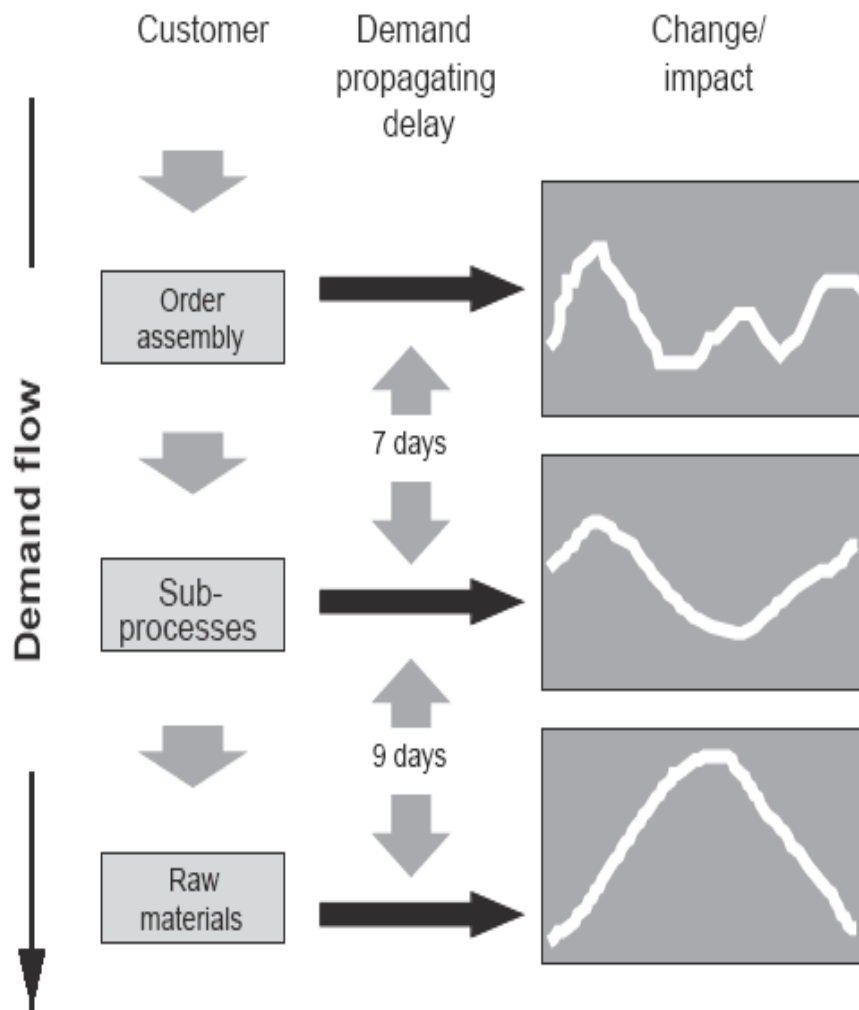
# Manufactura sincronizada

## Características

**Sincronizado.** Implica que la manufactura es accionada directamente por la demanda del consumidor final

La clave esta en el manejo adecuado de las restricciones y de los cuellos de botella, ya sea por materiales, costos, equipos o recursos humanos

Pequeños problemas pueden tener consecuencias inmensas en el flujo y en el servicio al cliente





# Manufactura sincronizada

## Características

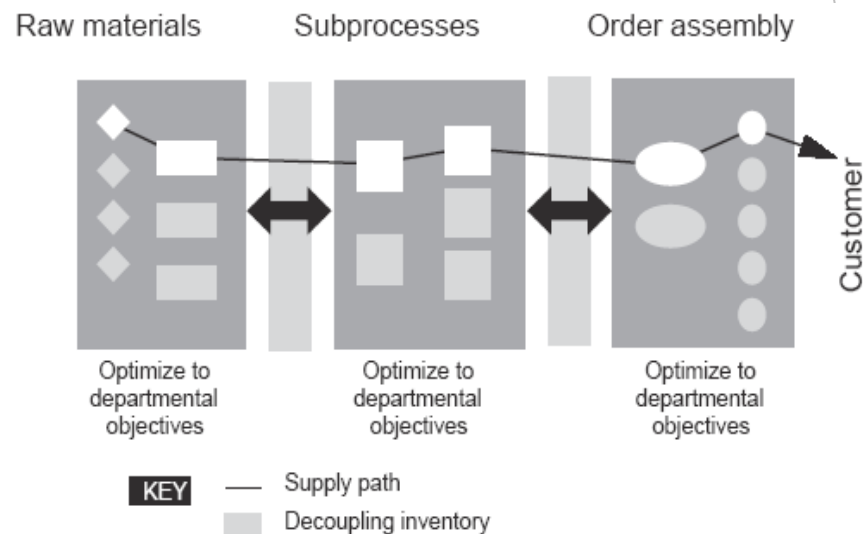
La forma tradicional de resolver estos problemas era la de dividir y vencer

Planificaciones separadas e independientes para el corto, mediano y largo plazo

Planificación independiente de los materiales y de los recursos

Programación separada de las actividades

Cualquier excepción requería volver a comenzar otra vez





# Manufactura Sincronizada

## Desperdicios

### Movimiento

- ❑ Un operador tiene que caminar mucho en busca de partes, materiales o herramientas, generalmente causado por un “Layout” pobre y ausencia de ergonomía

### Espera

- ❑ Una línea no balanceada será una situación en la que un operador es asignado a un trabajo que todavía debe ser completado por una operación precedente

### Ritmo mas rápido que lo necesario

- ❑ Si los operadores de dos estaciones de trabajo adyacentes trabajan a ritmos diferentes, entonces el área de almacenamiento temporal entre ellas debe adecuarse a este ritmo diferente.



# Manufactura Sincronizada

## Desperdicios

### Correcciones

- ❑ El área de retrabajo, el ciclo de retrabajo o el departamento encargado del retrabajo

### Sobre procesamiento

- ❑ Trabajo extra en una operación innecesaria para cumplir con expectativas del cliente, pero que, por falta de estándares de trabajo, los operadores añaden al proceso

### Sobre producción

- ❑ Largos tiempos de entrega y altos inventarios tendrán el efecto de mantener trabajos andando a fin de utilizar las máquinas con el resultado de exceso de inventarios





# Manufactura Sincronizada

## Desperdicios

Cintas Transportadoras; Elevadores; etc.

- ❑ Pobres “Layouts” e integración requerirá partes movibles (“conveyors”) entre operaciones, entre departamentos y entre plantas

Inventario

- ❑ Consecuencias de otros desperdicios y prácticas inadecuadas



## Reglas de la Manufactura Sincronizada

- ❑ Balancear el flujo mas no la capacidad
- ❑ El nivel de utilización de los recursos que no son cuello de botella depende de aquellos recursos que si lo son
- ❑ Utilización y activación de un recurso no son sinónimos. Utilización implica uso, activación implica capacidad
- ❑ Una hora perdida en el cuello de botella es una hora perdida en el sistema entero
- ❑ Una hora ahorrada en un no cuello de botella es un espejismo



## Reglas de la Manufactura Sincronizada

- ❑ Los cuellos de botella gobiernan tanto los inventarios como las ventas
- ❑ El lote de transferencia no necesariamente debe ser igual al lote de procesamiento
- ❑ El lote de procesamiento debe ser variable, nunca fijo o estático
- ❑ La programación debe ser determinada viendo todas las restricciones al mismo tiempo. Los tiempos de procesamiento (lead times) son variables y dependen de la programación



# Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints - TOC)

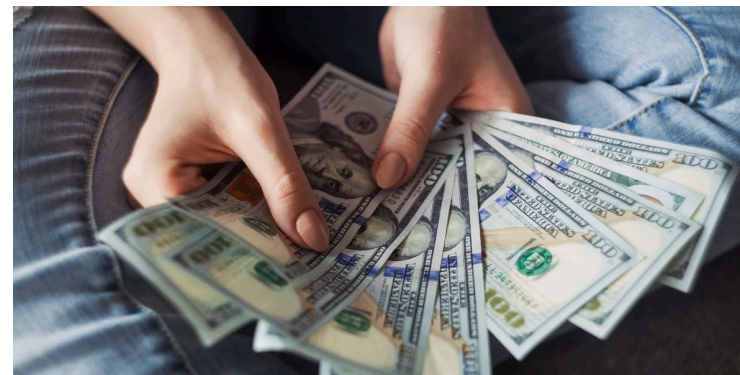
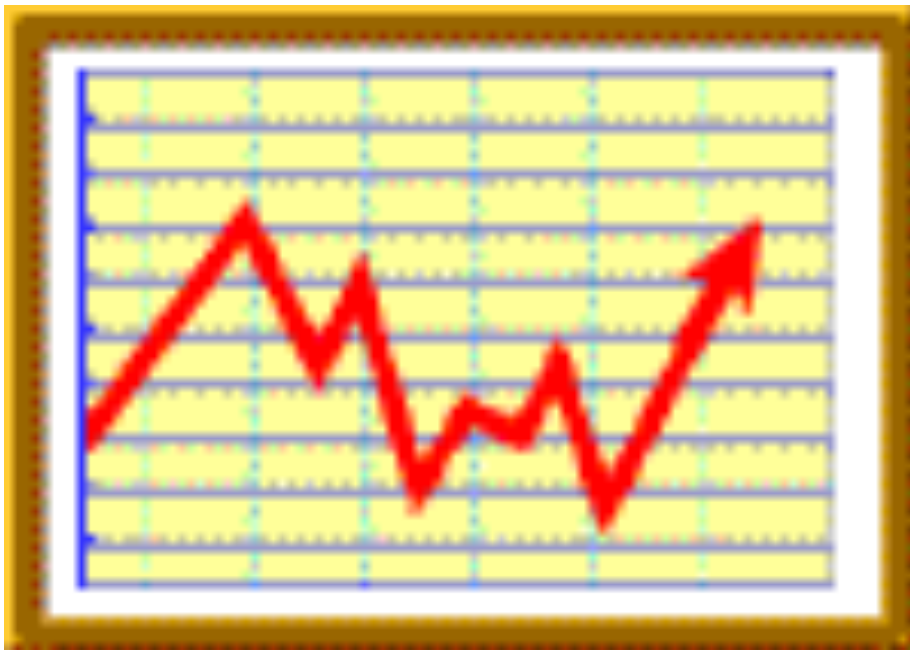
1. Identificar las restricciones del sistema
2. Decidir como explotar las restricciones del sistema
3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior
4. Elevar la restricción
5. Si, en los pasos anteriores, la restricción ha sido rota o eliminada, regresar al paso 1, pero nunca dejar que la “inercia” se convierta en la restricción del sistema



# Teoría de las Restricciones

## La Meta según Goldratt

**La Meta de una Corporación  
es hacer Dinero**





# Teoría de las Restricciones

## Desempeño Financiero

### Utilidad Neta

- Una medida absoluta en dolares

### Retorno sobre la inversión

- Una medida relativa con base en la inversión

### Flujo de Caja

- Una medida de supervivencia



# Teoría de las Restricciones

## Desempeño Operacional

### “Throughput”

- ❑ La rata a la que el sistema genera dinero mediante las ventas

### Inventario

- ❑ Todo el dinero que el sistema ha invertido en comprar aquellas cosas que pretende vender

### Gastos operativos

- ❑ Todo el dinero que el sistema gasta para convertir el Inventario en “throughput”



# Teoría de las Restricciones

## Desempeño en Productividad

Productividad no es garantía de Utilidad...

Para lograr la Meta de hacer dinero debemos lograr...

- ❑ Incrementar el “throughput”
- ❑ Disminuir el inventario
- ❑ Disminuir el gasto operativo





# Capacidad y Flujo de Materiales

En Gestión de la Producción I estudiamos el balanceo de líneas...

- ❑ La meta de ese entonces era un ciclo de tiempo constante a lo largo de todas las estaciones de trabajo

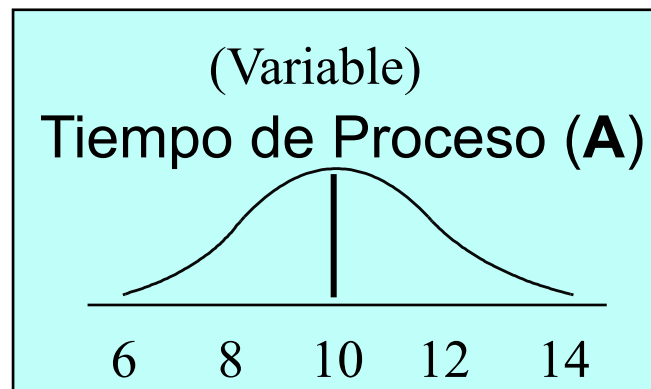
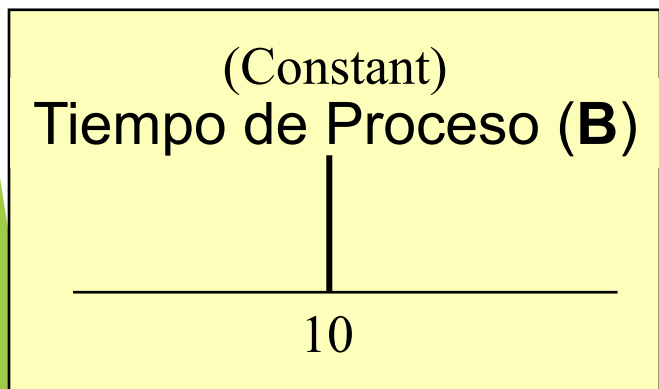
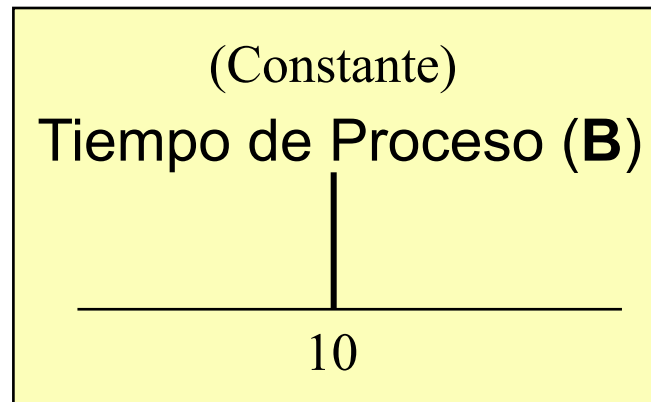
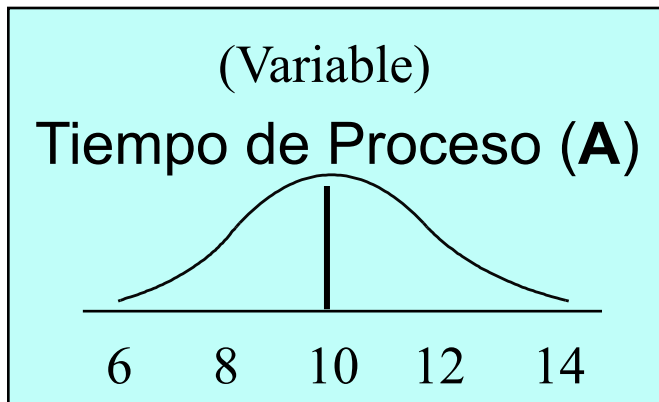
La manufactura sincronizada ve esta meta como una mala decisión...



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Eventos dependientes

En vez de balancear las capacidades, debemos balancear el flujo de productos a lo largo del sistema



**Cuando un proceso toma mas que el promedio, el tiempo perdido no puede ser recuperado**



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Terminología

- ❑ Capacidad es el tiempo disponible para producir
- ❑ Cuello-de-Botella es lo que pasa cuando la capacidad es menor a la demanda sobre un recurso
- ❑ No-Cuello-de-Botella es lo que pasa cuando la capacidad es mayor que la demanda sobre un recurso
- ❑ Recurso de Capacidad Restringida (Capacity-constrained resource - CCR) es un recurso en el que la capacidad esta cercana a la demanda sobre ese recurso



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Situación 1

Hay alguna producción ociosa en este arreglo.  
¿Cuanto es?

### Caso A

X → Y → Mercado

25% en Y

	X	Y
	Cuello de Botella	No Cuello de Botella
Demanda / mes	200 unidades	200 unidades
Tiempo Proceso / unidad	1 hora	45 min.
Tiempo Disponible / mes	200 horas	200 horas



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Situación 2

Va a haber una acumulación innecesaria de producción en Y?

### Caso B

Y → X → Mercado

Si, 25% en Y

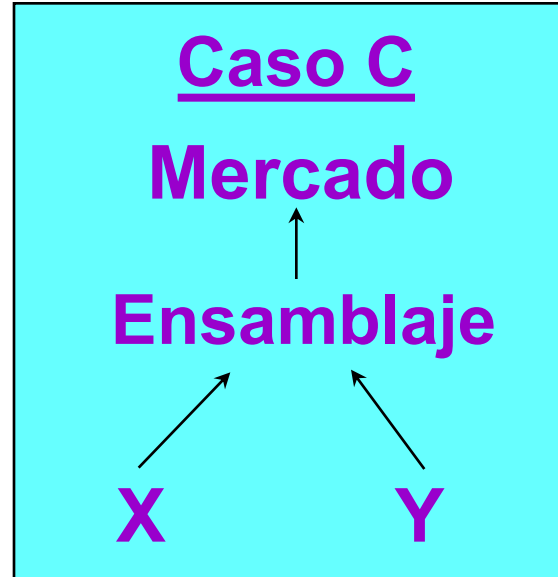
	X	Y
	Cuello de Botella	No Cuello de Botella
Demanda / mes	200 unidades	200 unidades
Tiempo Proceso / unidad	1 hora	45 min.
Tiempo Disponible / mes	200 horas	200 horas



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Situación 3

Va a haber una acumulación innecesaria de producción en Y?



Si, 25% en Y

	X	Y
	Cuello de Botella	No Cuello de Botella
<b>Demanda / mes</b>	200 unidades	200 unidades
<b>Tiempo Proceso / unidad</b>	1 hora	45 min.
<b>Tiempo Disponible / mes</b>	200 horas	200 horas



# Capacidad y Flujo de Materiales

## Situación 4

Si corremos ambos X y Y por el mismo tiempo, generaremos alguna producción innecesaria?

Si, 25% en Y

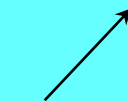
### Caso D

Mercado



X

Mercado



Y

	X	Y
	Cuello de Botella	No Cuello de Botella
Demanda / mes	200 unidades	200 unidades
Tiempo Proceso / unidad	1 hora	45 min.
Tiempo Disponible / mes	200 horas	200 horas



# Manufactura Sincronizada

## Componentes de tiempo

- ❑ Tiempo de Preparación (“Setup time”) es el tiempo que una parte utiliza esperando mientras un recurso es preparado para trabajar sobre esa parte
- ❑ Tiempo de Proceso (Process time) es el tiempo que una parte es procesada por un recurso
- ❑ Tiempo en Cola (Queue time) es el tiempo que una parte espera por un recurso mientras el recurso esta ocupado trabajando en alguna otra cosa





# Manufactura Sincronizada

## Componentes de tiempo

- ❑ Tiempo de Espera (Wait time) es el tiempo que una parte espera, no por un recurso, sino por otra parte, de manera de que puedan ser ensambladas
- ❑ Tiempo Ocioso (Idle time) es el tiempo no utilizado que representa el tiempo de ciclo menos la suma de los tiempos de preparación, procesamiento, cola y espera

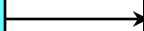


# Manufactura Sincronizada

## Tiempo Ahorrado

Cuales son las consecuencias de ahorrar tiempo en cada proceso?

**Cuello de Botella**



**No Cuello de Botella**

**Regla: Cuellos de Botella gobiernan ambos “throughput” e inventario en el sistema**

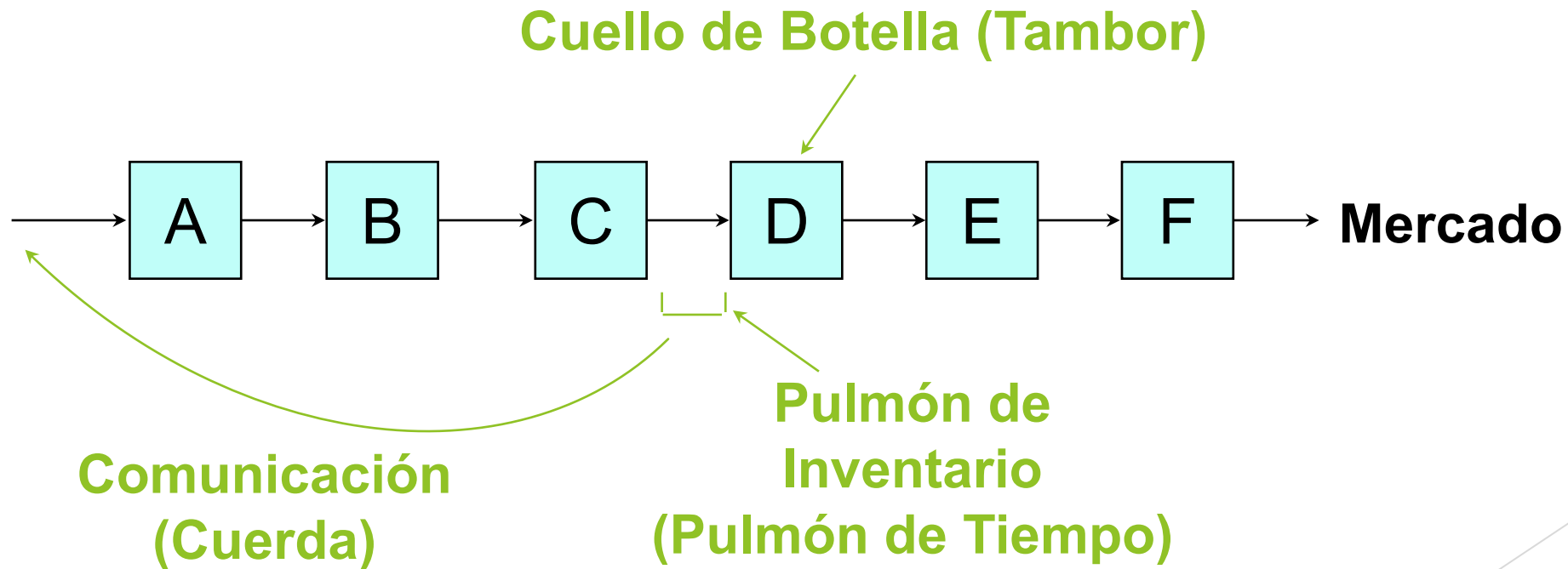
**Regla: Una hora perdida en el Cuello de Botella es una hora perdida para todo el sistema**

**Regla: Una hora ahorrada en un No Cuello de Botella es un espejismo**



# Manufactura Sincronizada

Tambor, Pulmón, Cuerda (Drum, Buffer, Rope)





# Manufactura Sincronizada

## Implicaciones de Calidad

**Mas tolerante que los sistemas Justo a Tiempo (JIT)**

- ❑ **Capacidad en exceso a todo lo largo del sistema**

**Exceptuando el Cuello de Botella**

- ❑ **Control de calidad necesario antes del Cuello de Botella**



# Manufactura Sincronizada

## Tamaños de Lotes

Cual es el tamaño de Lote?

- Uno?
- Infinito?

Debemos diferenciar el tamaño del lote de proceso (idealmente infinito) y el tamaño del lote de transferencia (idealmente 1)



# Manufactura Sincronizada

## Control de Flujo

### Un Cuello de Botella

- (1) sin tiempo de preparación requerido cuando se cambia de un producto a otro
  - ❖ No importa la secuencia. El lote de proceso es igual al de pedido e igual al de transferencia generalmente
- (2) con tiempo de preparación requerido cuando se cambia de un producto a otro
  - ❖ Minimizo los cambios en lo posible. El lote de proceso es grande y el de transferencia es pequeño



# Manufactura Sincronizada

## Control de Flujo

### Un Recurso de Capacidad Restringida (CCR)

- (3) sin tiempo de preparación requerido cuando se cambia de un producto a otro
- (4) con tiempo de preparación requerido cuando se cambia de un producto a otro
  - ❖ Aprovecho la poca holgura para no tener lotes tan grandes



# Manufactura Sincronizada

## Días de Inventario (\$)

Días de Inventario es una medida del valor del inventario y del tiempo que permanece en un área

$$\begin{array}{l} \text{Días de} \\ \text{Inventario} \\ \text{Monetario} \end{array} = \frac{\text{Valor del Inventario}}{\text{Numero de días en un departamento}}$$





# Manufactura Sincronizada

## Días de Inventario (\$)

### Mercadeo

- Alienta la venta del inventario de producto terminado

### Procura

- Alienta las compras justo a tiempo

### Manufactura

- Propicia el flujo acelerado de materiales dentro de la planta



# Manufactura Sincronizada versus MRP

**MRP usa programación hacia atrás (parte de la fecha de entrega)**

**Manufactura sincronizada utiliza la programación hacia adelante**



# Manufactura Sincronizada versus Justo a Tiempo (JIT)

JIT esta limitado a la manufactura repetitiva

JIT requiere de niveles de producción estables

JIT no permite mucha flexibilidad en los productos manufacturados



# Manufactura Sincronizada versus Justo a Tiempo (JIT)

JIT requiere de inventario en proceso cuando se utiliza con el KanBan con el fin de que haya algo que “Halar” o arrastrar

Los proveedores necesitan estar ubicados en las cercanías ya que el sistema depende de entregas frecuentes y pequeñas



# Manufactura Sincronizada

## Otras áreas funcionales

### Influencia de Contabilidad

- ❑ Contabilidad de costos global: (Excelente)
  - ❖ Utilidad neta
  - ❖ Rendimiento de la inversión
  - ❖ Liquidez
- ❑ **Contabilidad de costos local: (Desastrosa)**
  - ❖ **Eficiencias**
  - ❖ **Tasa de Utilización**

### Mercadeo y Producción

- ❑ Evaluación en ventas y mercadeo con base en las ventas (los individuos ganan comisión sobre ventas y están incentivados a vender mucho)
- ❑ Evaluación en producción (costos y utilización)