



**INTI**

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de  
**Industria**

Presidencia de la Nación



## **Módulo 4: Producción**

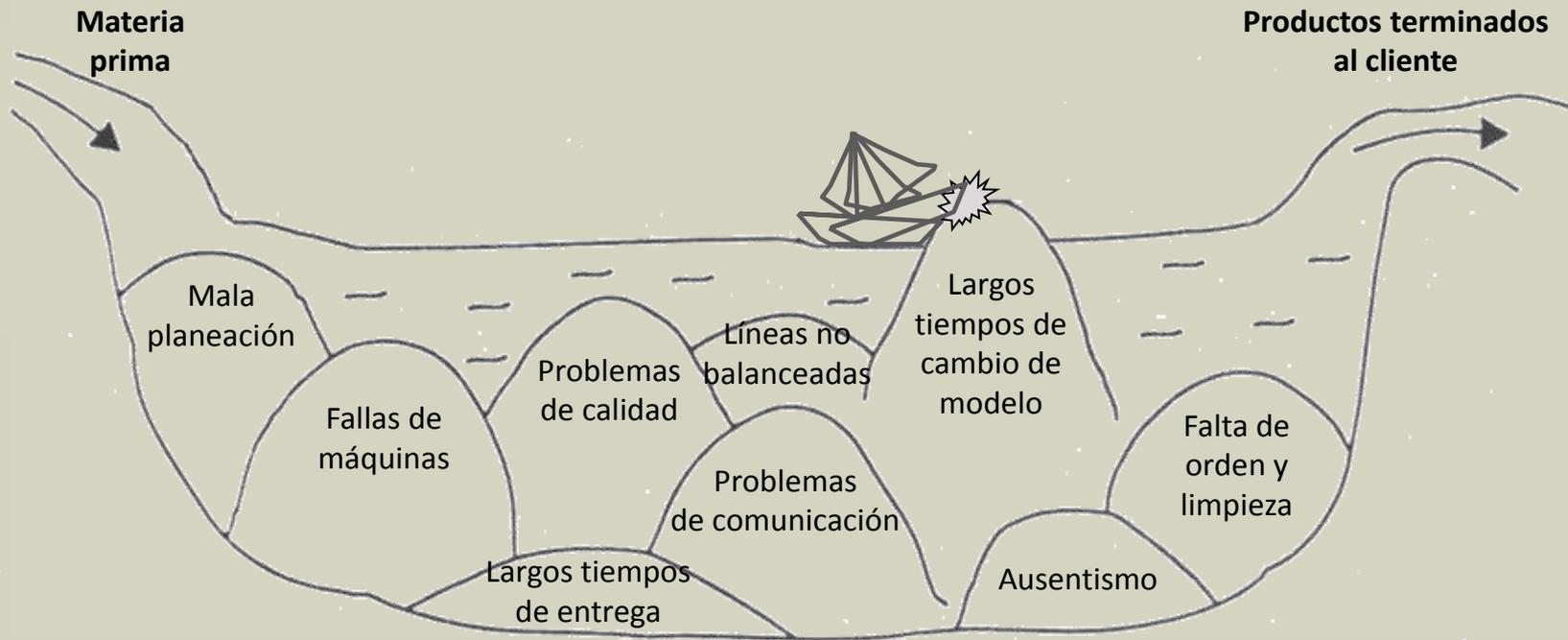
Disertante:

**Ing. Guillermo Wyngaard**

INTI Mar del Plata

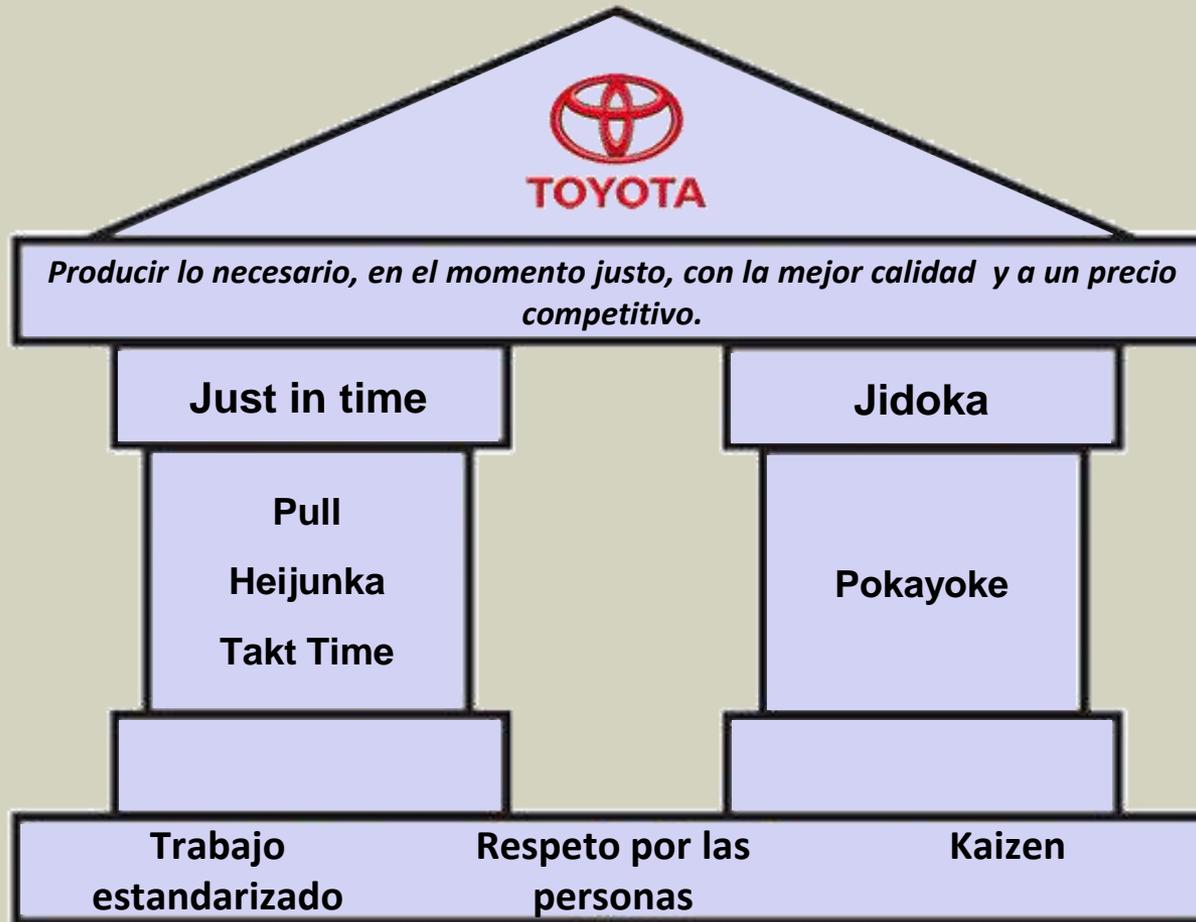
- 1 • *Estrategias para afrontar la demanda*
- 2 • *TPS - Just in time*
- 3 • *Reducción del tamaño de lote*
- 4 • *SMED*
- 5 • *Nivelación de la producción*
- 7 • *Variación de la demanda*
- 8 • *Tiempo de ciclo de producción*
- 9 • *Cuellos de botella*
- 10 • *Teoría de las restricciones*

- Acumular stock para cubrir las variaciones en los pedidos y satisfacer las necesidades de los clientes.
- Ajustarse a la demanda del cliente mediante la producción de lo que requiere el cliente, en la cantidad y en el momento que lo necesita (flexibilidad).



***El stock excesivo oculta los verdaderos problemas***

# Sistema de Producción Toyota (TPS)



***JUST IN TIME**, significa producir sólo lo necesario, en el momento justo, y en la cantidad necesaria.*

- *Tiempo de entrega*
- *Calidad*
- *Costo*
- *Eficiencia*
- *Flexibilidad*

*Para ello, se programa una secuencia de producción balanceada y se minimizan los stocks.*

- ✓ Muchos modelos
- ✓ Periodos cortos de tiempo
- ✓ Pequeños lotes

La variedad de productos dificulta la fabricación de los mismos, porque muchos necesitan pasar por las mismas operaciones (que involucran las mismas máquinas).

Por esto muchas empresas agrupan ordenes de ventas de similares productos para elaborar los mismos en gran cantidad y reducir los trastornos en la producción.

**¿Esto es lo mejor?**

**¿Producción en lote grande o chico?**

## Ventajas

- ✓ Comprar por cantidad.
- ✓ Reducir los problemas de la planificación.
- ✓ Preparar la maquina para un producto en particular pocas veces al mes.

## Desventajas

- ✘ Mala respuesta al cliente. Atrasos en las entregas.
- ✘ Necesidad de grandes niveles de inventarios.
- ✘ Capital inmovilizado.
- ✘ Ocultar los problemas.

# Reducción del tamaño de lote

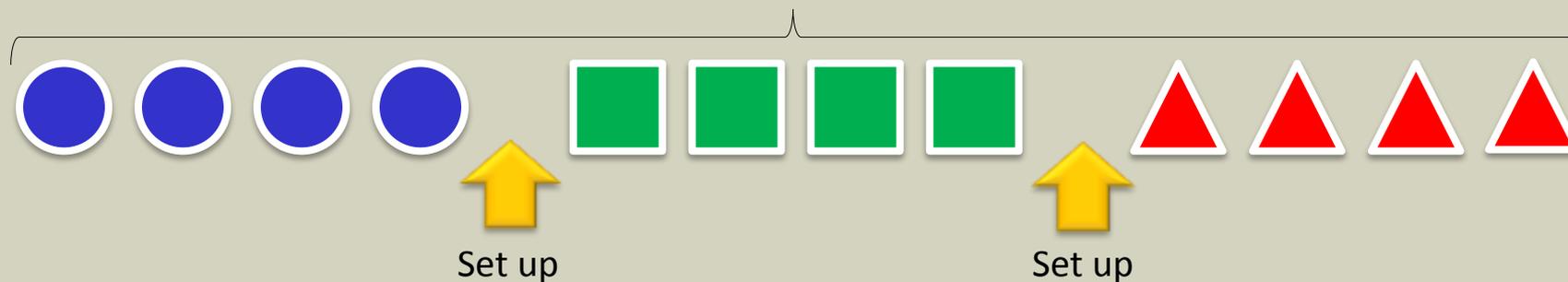


# Reducción del tamaño de lote

Demanda:   

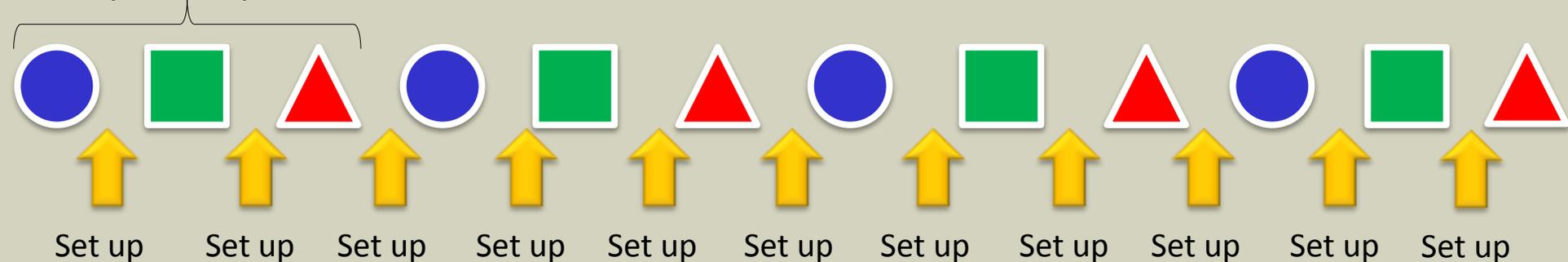
## Producción en lotes grandes

Tiempo de respuesta



## Producción en lotes pequeños

Tiempo de respuesta



## SMED

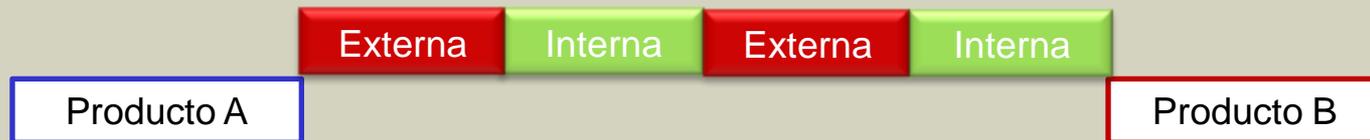
**SMED** (Single Minute Exchange of Die): cambio de herramienta en (pocos) minutos

- *Método desarrollado por Shigeo Shingo*
- *Reduce los tiempos de cambio de herramientas y puesta a punto.*



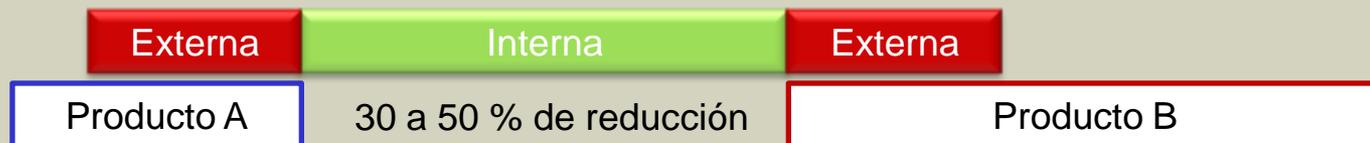
## SMED

### 0 Fase Mixta



### 1 Fase División

Separación interna/externa



### 2 Fase Traspaso

Transferencia Interna -  
Externa



### 3 Fase Mejora

Minimización de preparación  
interna y externa



# Reducción del tiempo de set up

SMED



# Reducción del tiempo de set up

SMED



# Reducción del tiempo de set up

SMED



## SMED

El objetivo de aplicar SMED no es utilizar el tiempo ganado para aumentar la producción, sino para realizar más cambios y así lograr mayor flexibilidad

El principal objetivo de la nivelación de la producción es hacer coincidir de forma eficiente la producción con la demanda del cliente

- ➡ Ritmo de la demanda
- ➡ Velocidad de producción

## Ritmo de la demanda

Se mide mediante el Takt Time: ritmo al que el cliente está demandando y al cual se requiere producir con el fin de satisfacerlo

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ total\ requerida}$$

## Velocidad de Producción

Se mide mediante el Tiempo de Ciclo: tiempo que requiere generar una unidad de producto.

- A partir del Tiempo de Ciclo, podemos establecer la capacidad de producción, correspondiente a la **máxima cantidad que un proceso, una máquina o un sistema puede producir.**
  - Capacidad Teórica o Nominal
  - Capacidad de Cálculo
  - Capacidad Real

## Relación entre Takt Time y Tiempo de Ciclo

- ✘ Tiempo de Ciclo  $<$  Takt Time
- ✘ Tiempo de Ciclo  $>$  Takt Time
- ✓ Tiempo de Ciclo = Takt Time

La herramienta que permite transmitir el concepto del Takt Time al sistema de producción es la **Nivelación de la producción o Heijunka.**

## Requisitos previos

- ✓ 5S
- ✓ SMED
- ✓ Agilizar la logística
- ✓ Control autónomo de defectos
- ✓ Estandarización de las tareas
- ✓ Polivalencia de los operarios
- ✓ Programación fija durante un periodo de tiempo

## Características

- ✓ Los productos no se fabrican de acuerdo al flujo real de pedidos, ya que éste es fluctuante.
- ✓ Se toma el total de los pedidos en un período de tiempo.
- ✓ Estos se nivelan de modo tal que el mismo mix y las mismas cantidades se fabrican diariamente.

# Nivelación de la producción

## ¿Cómo nivelar? – Programa mensual



Producto	Cantidad	Semana			
		1	2	3	4
X 	480	■			
Y 	240			■	
Z 	120				■

# Nivelación de la producción (Heijunka)

¿Cómo nivelar? – Programa diario

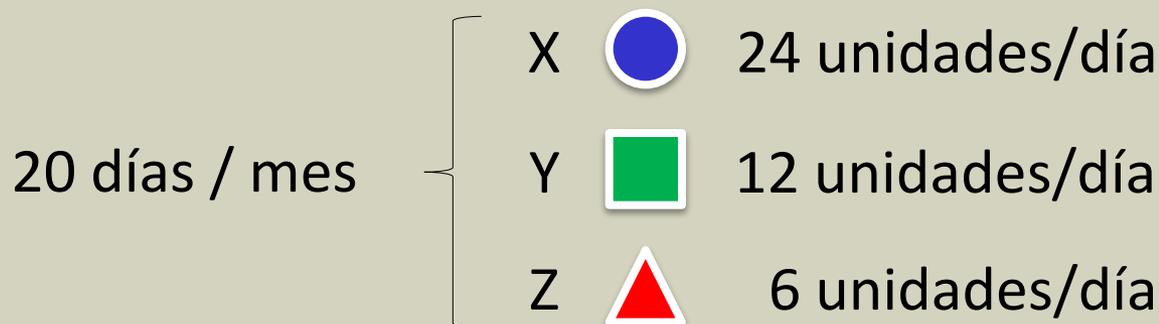
20 días / mes

- X  24 unidades/día
- Y  12 unidades/día
- Z  6 unidades/día

Producto	Cantidad	Día	
		Mañana	Tarde
X 	24	[Blue bar spanning the entire day]	
Y 	12		[Green bar in the afternoon]
Z 	6		[Red bar in the late afternoon]

# Nivelación de la producción (Heijunka)

## ¿Cómo nivelar? – Programación nivelada



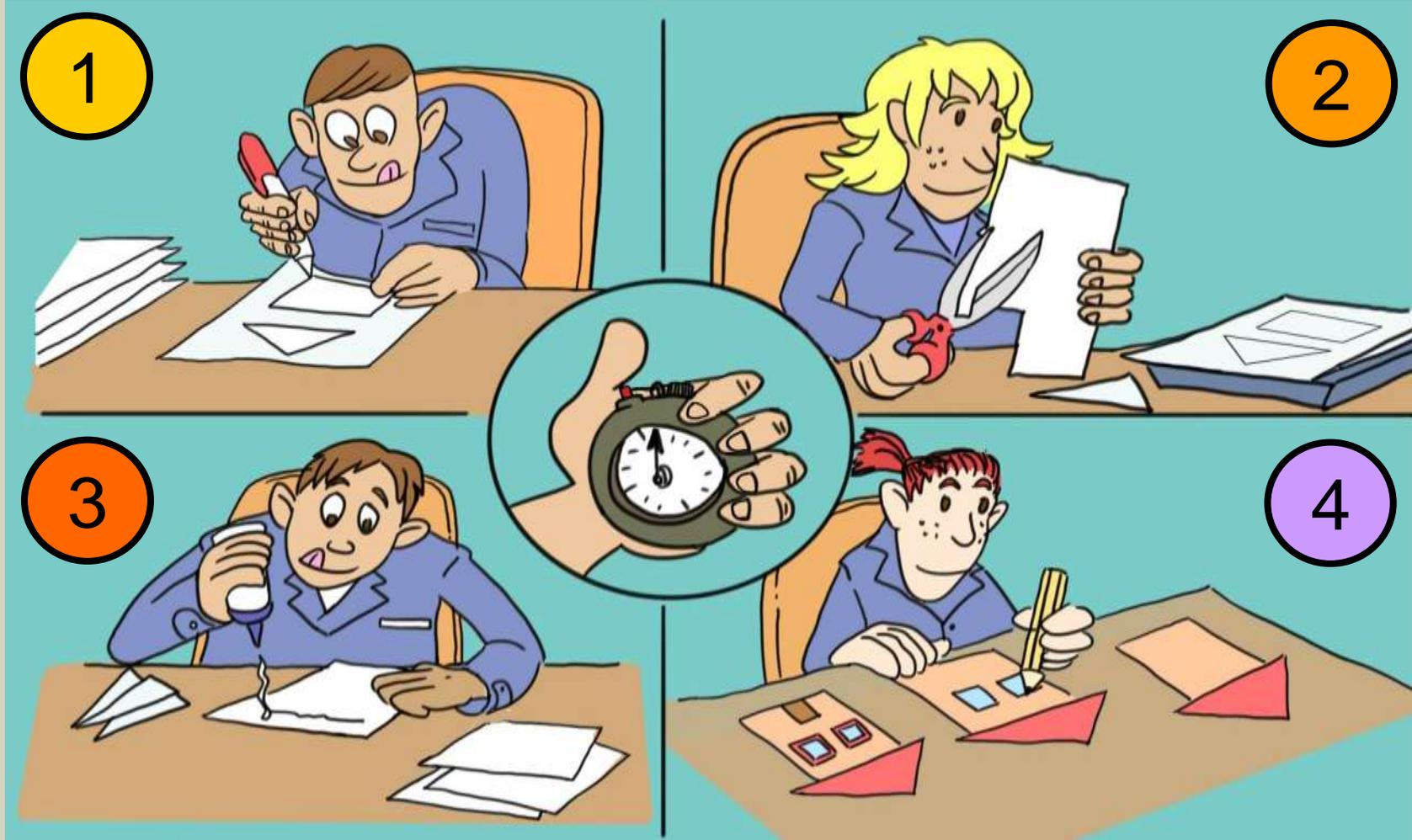
Considerando 6 horas de trabajo diario (360 minutos):

Producto	Cantidad	Takt time
X 	24	1 unidad cada <b>15 minutos</b>
Y 	12	1 unidad cada <b>30 minutos</b>
Z 	6	1 unidad cada <b>60 minutos</b>

1 unidad cada  
8,5 minutos



## Nivelación de la producción



## Nivelación de la producción

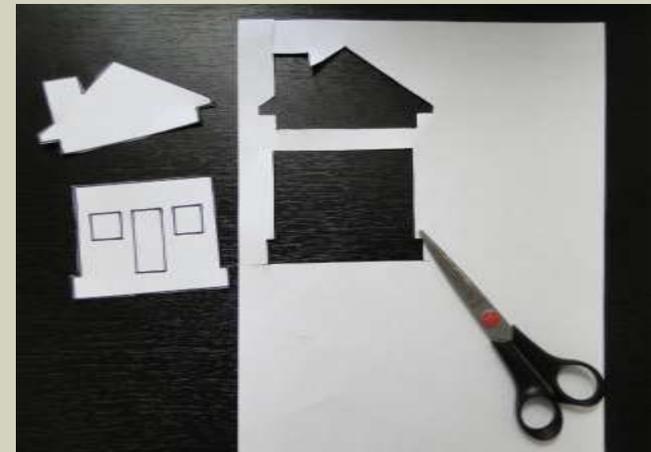
### Puesto 1 – Marcado

- ➡ Con las plantillas de las casas (techo y base) debe dibujar sobre las hojas blancas.



### Puesto 2– Corte

- ➡ Recorta las figuras marcadas por el puesto anterior.



## Nivelación de la producción

### Puesto 3 – Pegado

➡ Une los dos recortes.



### Puesto 4– Pintura

➡ Pinta las ventanas y la puerta.



## Nivelación de la producción

### Puesto 5– Toma de tiempos.

- ▶ Toma y registra el tiempo que se demora en realizar la tarea.



## Nivelación de la producción

Fabricaremos 1 producto.



**Cantidad a producir: 10 casas.**

## Nivelación de la producción

### Caso 1: Producción en lote grande

- ➡ Fabricar 10 casas en lotes de 10.
- ➡ El primer puesto marca 10 techos y 10 bases y recién después los pasa a la siguiente operación.
- ➡ Los restantes puestos, proceden de la misma manera.

## Nivelación de la producción

### Caso 2: Producción en lote pequeño

- ➡ Fabricar 10 casas en lotes de 1.
- ➡ El primer puesto marca 1 techo y 1 base y los pasa a la siguiente operación.
- ➡ Los restantes puestos, proceden de la misma manera.

## Nivelación de la producción

- ➡ Cada 1 minuto luego de iniciada la producción, el clientes arriba en busca de 1 producto.
- ➡ Una persona hará de vendedor y otra de comprador.
- ➡ El vendedor entregará los pedidos cumplidos y anotará tanto las ventas concretadas como las perdidas.
- ➡ Una vez alcanzada la producción de las 10 casas finaliza el ejercicio.
- ➡ **Ningún puesto deja de producir hasta que las 10 casas estén finalizadas.**

## Nivelación de la producción

Completar según los resultados.

Indicadores	Lotes grandes	Lotes chicos
Ventas realizadas		
Ventas perdidas		
Stock de producto en proceso		
Distancia recorrida (de los lotes, distancia entre procesos 5 m)		
Personal		
Tiempo de respuesta (hasta que se obtiene la primera casa)		
Tamaño de lote	10	1
Stock de producto terminado (no vendido) al finalizar la producción		

## Nivelación de la producción



**¿Qué ventajas y desventajas observa a medida que se achica el lote de producción?**

**¿Cómo redistribuiría las operaciones para disminuir el tiempo de respuesta?**

**¿Qué conclusiones podría sacar del análisis de la tabla?**

## Ventajas de la producción nivelada

- ✓ Mayor flexibilidad
- ✓ Mayor velocidad de respuesta
- ✓ Menor nivel de stock
- ✓ Menores costos
- ✓ Mejor calidad

Toyota, enfrenta esta situación de la siguiente forma:

**Cuando varía la demanda, se hace variar  
la capacidad de producción.**

## Aumento de la demanda

- Variación por largo tiempo y con posible anticipación (estacionalidad).
- Variación por corto tiempo.
  - Aumentar cantidad de operarios (empleo temporario).
  - Agregar turnos
  - Horas extra

## Disminución de la demanda

Pensar que la demanda aumentará en el futuro o que debe utilizarse todo el tiempo disponible de los operarios, dará como resultado **producción en exceso y pérdidas por stock.**

Para Toyota, el exceso de capacidad de MO y equipamiento es mucho más barato que llevar un inventario excesivo.

## Disminución de la demanda

Algunas alternativas son:

- Aumentar el número de máquinas atendidas por cada operario.
- Aumentar el tiempo del ciclo de cada operario disminuyendo el número total de ellos.

## Disminución de la demanda

*¿Cómo utilizar el tiempo de los trabajadores excedentes?  
Se les debe asignar otras tareas en lugar de hacerlos producir sólo  
para stock*

Hay trabajos útiles, tales como:

- Mantenimiento y reparación de máquinas e instalaciones.
- Entrenamiento para puesta a punto rápida y otros.
- Fabricación de herramientas y dispositivos para mejorar métodos de trabajo.
- Incorporación en fábrica procesos tercerizados.
- Actividades de 5S

## Factores que lo afectan

- Tiempos de proceso
- Coordinación de las actividades
- Tamaño de lote
- Características del producto
- Materias primas
- Problemas de calidad
- Paradas de máquina
- Layout
- Condiciones de orden y limpieza

## Componentes

- Tiempo de procesamiento
- Tiempo de preparación
- Tiempo de transporte
- Tiempo en la fila de espera
- Tiempo de espera

## Causas del tiempo de espera y en la fila de espera

- ✘ Variación de la capacidad entre procesos
- ✘ Largo tiempo de puesta a punto
- ✘ Productos fallados
- ✘ Detenciones imprevistas de máquinas
- ✘ Ausentismo elevado
- ✘ Inspecciones

## Posibles causas de generación de stock

$$\textit{Stock} = \textit{Espera}$$

- Producción en exceso.
- Producción en lote grande.
- Falta de sincronización y operaciones desbalanceadas.
- Stock para cubrir paradas por causas diversas.
- Fallas en la Programación de la Producción.

## Reducción del tiempo de espera

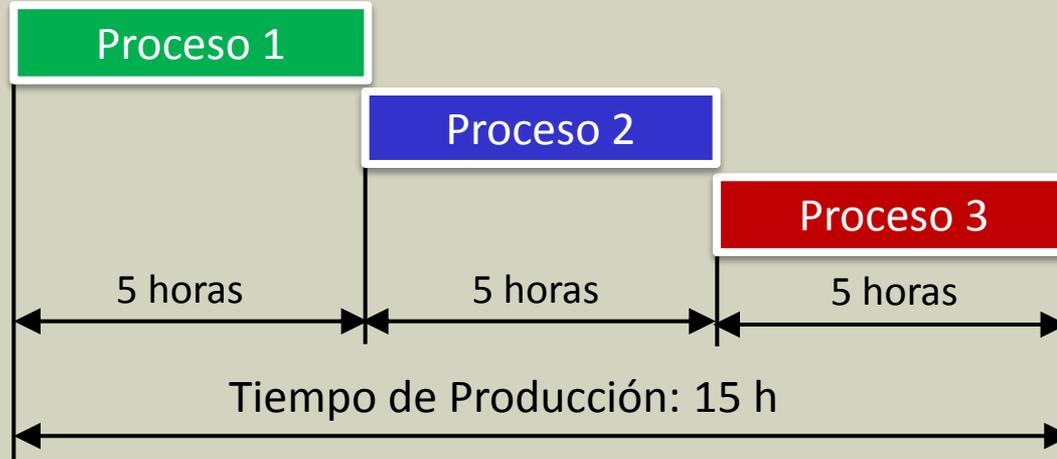
### Ejemplo:

Tamaño del Lote	300 piezas
Etapas del proceso	3
Tiempo de operación en c/proceso	1 minuto/pieza
Tiempo de Producción del Lote	5 horas
Tiempo Producción Total del Lote	15 horas

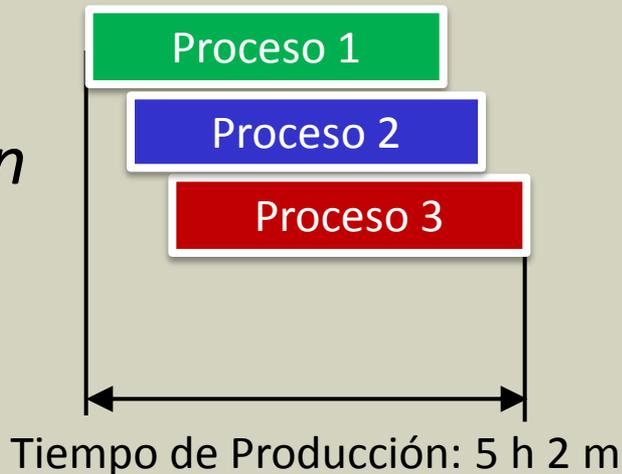
# Tiempo de ciclo de producción

## Reducción del tiempo de espera

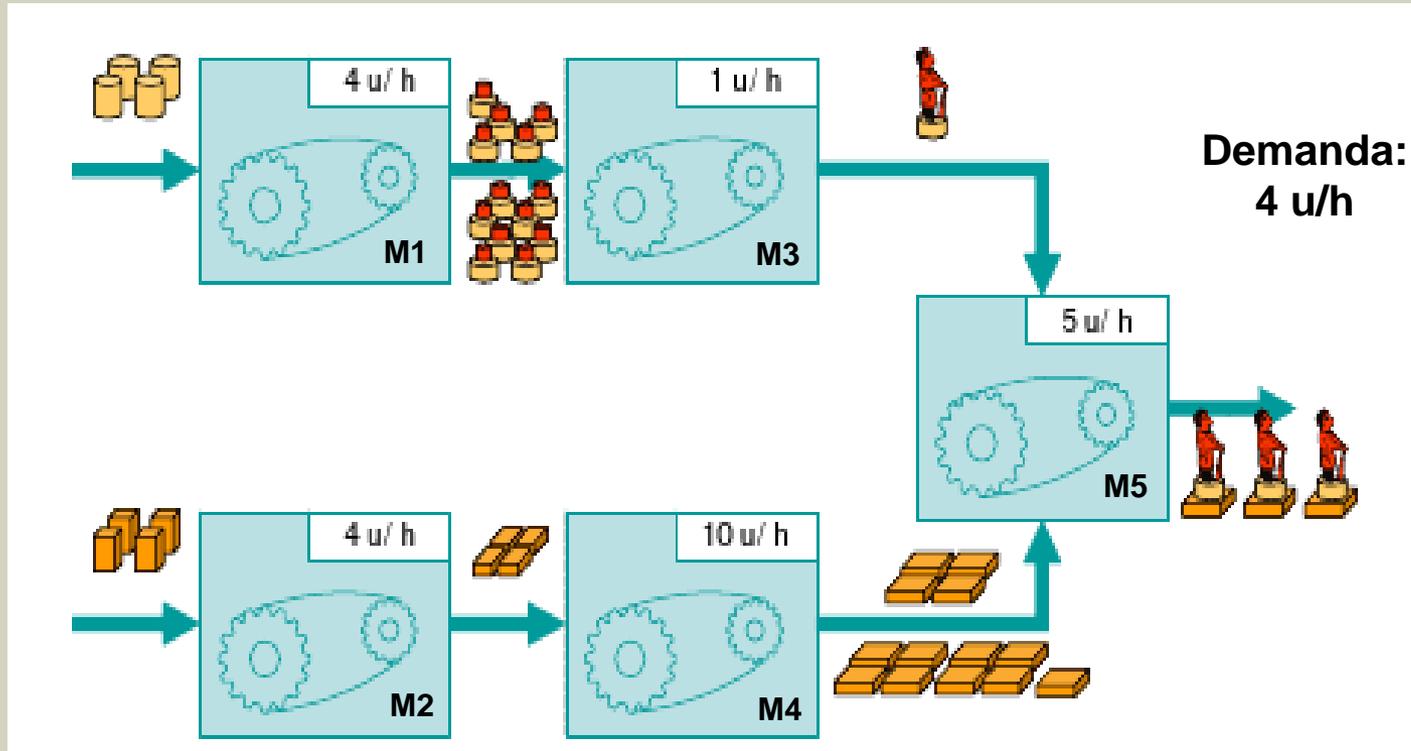
*Operación  
en lote*



*Operación  
en flujo*



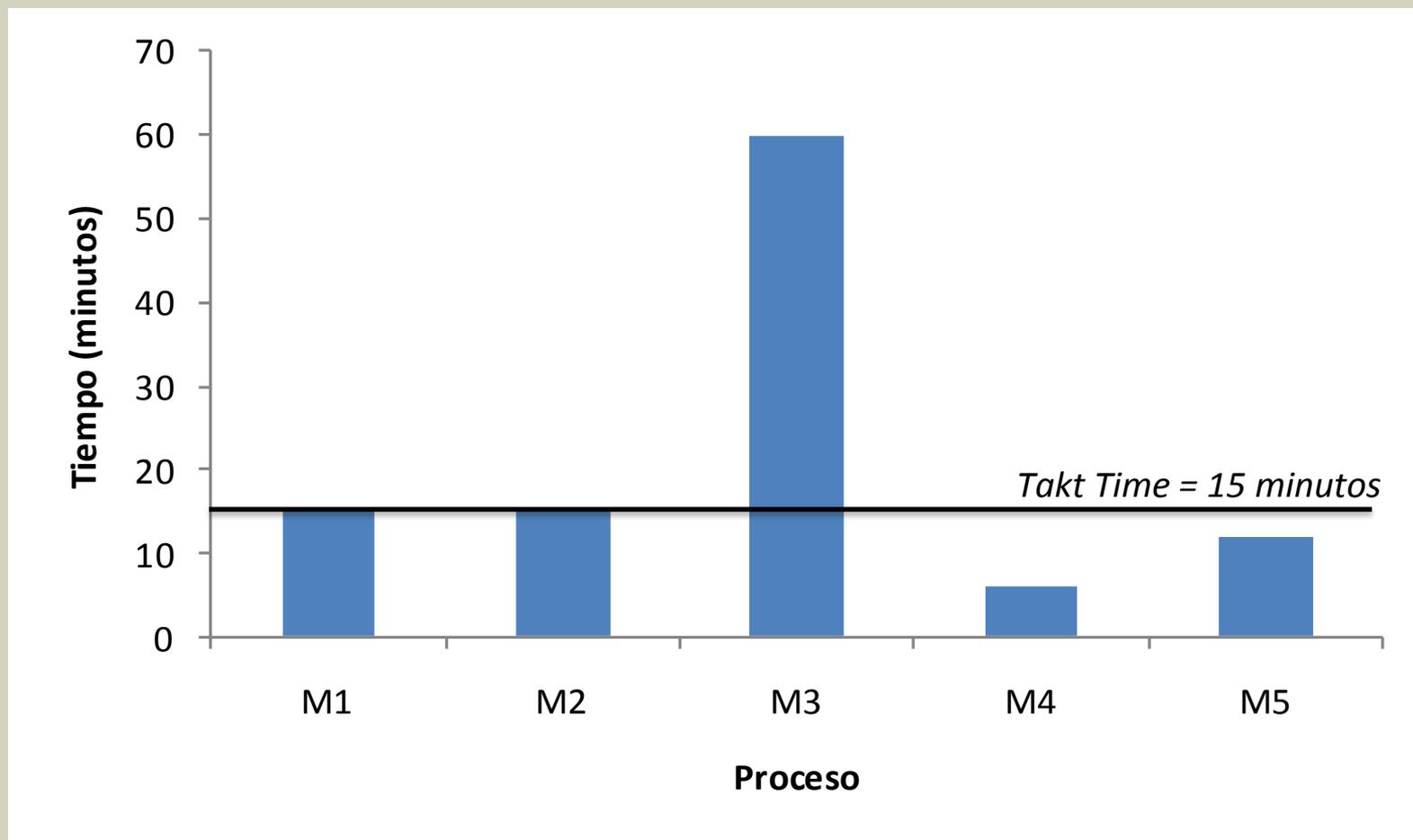
$$\frac{\text{Tiempo de producción en flujo}}{\text{Tiempo de producción en lote}} \approx \frac{1}{3}$$



¿Cuál es el cuello de botella?

M3 < Demanda  M3 = Cuello de botella

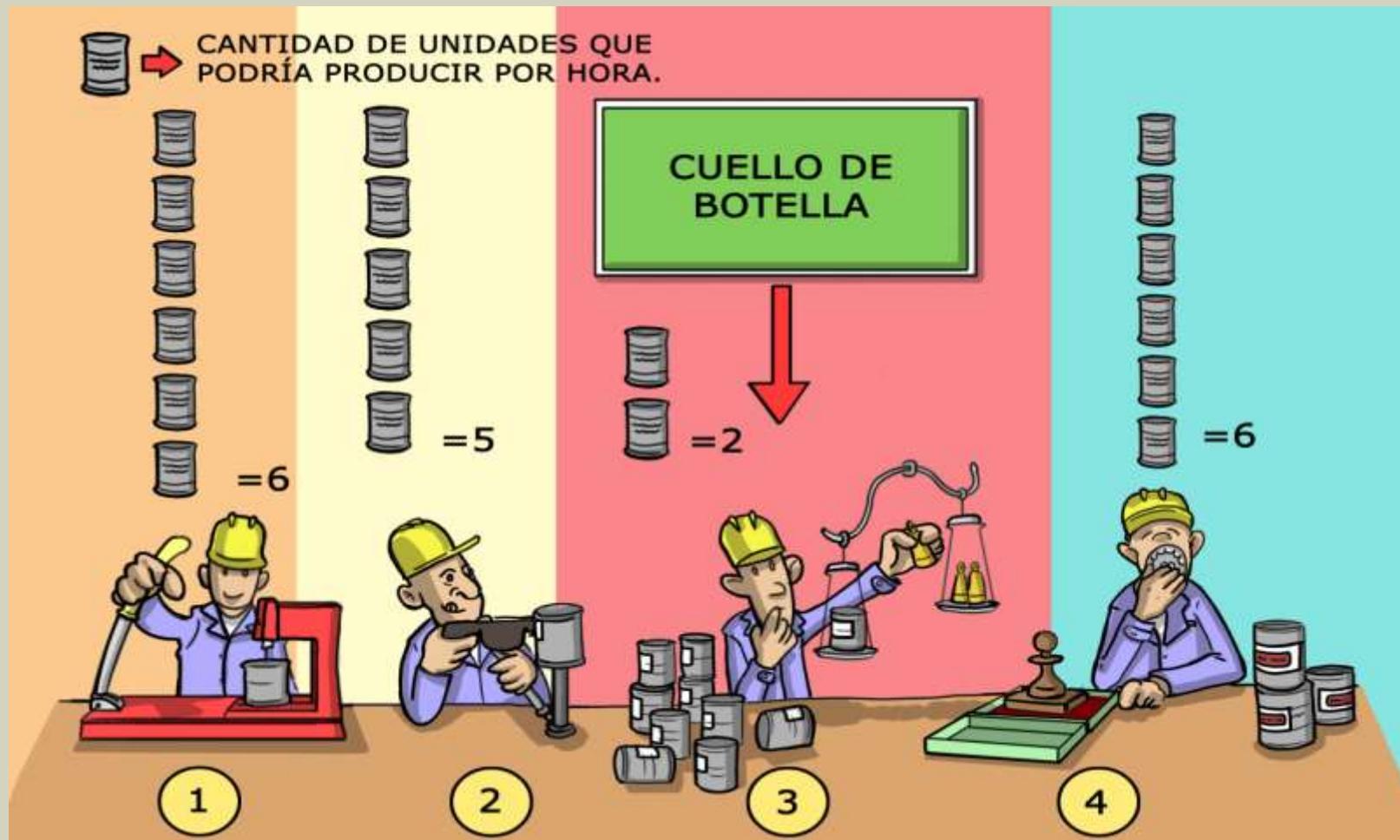
# Tiempo de ciclo de producción



- ➡ El proceso anterior debe fabricar solo la cantidad de producto que el proceso posterior requiere.
- ➡ Así, todos los procesos anteriores tienen que preparar a operarios y equipos para producir “justo a tiempo” sola la cantidad requerida por el proceso posterior.
- ➡ Cuando el proceso posterior requiere productos con gran variación de tiempo y cantidad, el proceso anterior tiene que mantener reserva de trabajadores y equipamiento; o los proveedores tienen que mantener el stock.

- Los procesos están definidos por la velocidad de producción del proceso mas lento, a este proceso se lo denomina **restricción**.
- En todos los procesos existen restricciones.
- Si mejoramos la restricción, pasaremos a tener otra.
- Lo importante es que la restricción en el proceso alcance una capacidad productiva mayor a nuestra demanda, para poder satisfacerla.
- La velocidad del proceso estará determinada por la velocidad de la restricción del sistema productivo.

## ¿Cómo identificar los cuellos de botella?



# ¿Cómo identificar el cuello de botella?

1. En forma teórica, pueden calcularse los tiempos de proceso de cada puesto de trabajo.
2. Observación de los stocks intermedios.
3. Observación del ritmo de trabajo en cada puesto de trabajo.
4. Medición de tiempos de proceso.

- *Cuello de botella: todo recurso que tiene una capacidad inferior a la demanda que se le impone.*
- *Capacidad: tasa de producción máxima de un sistema.*

En la década de 70' el Dr. Eliyahu Goldratt plantea un nuevo enfoque a los problemas de Planeamiento y Control de la Producción a través de su **Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints)**.

- *Es una metodología sistémica de gestión y mejora de una empresa.*



*La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de manera sostenida, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo, sus **restricciones**.*

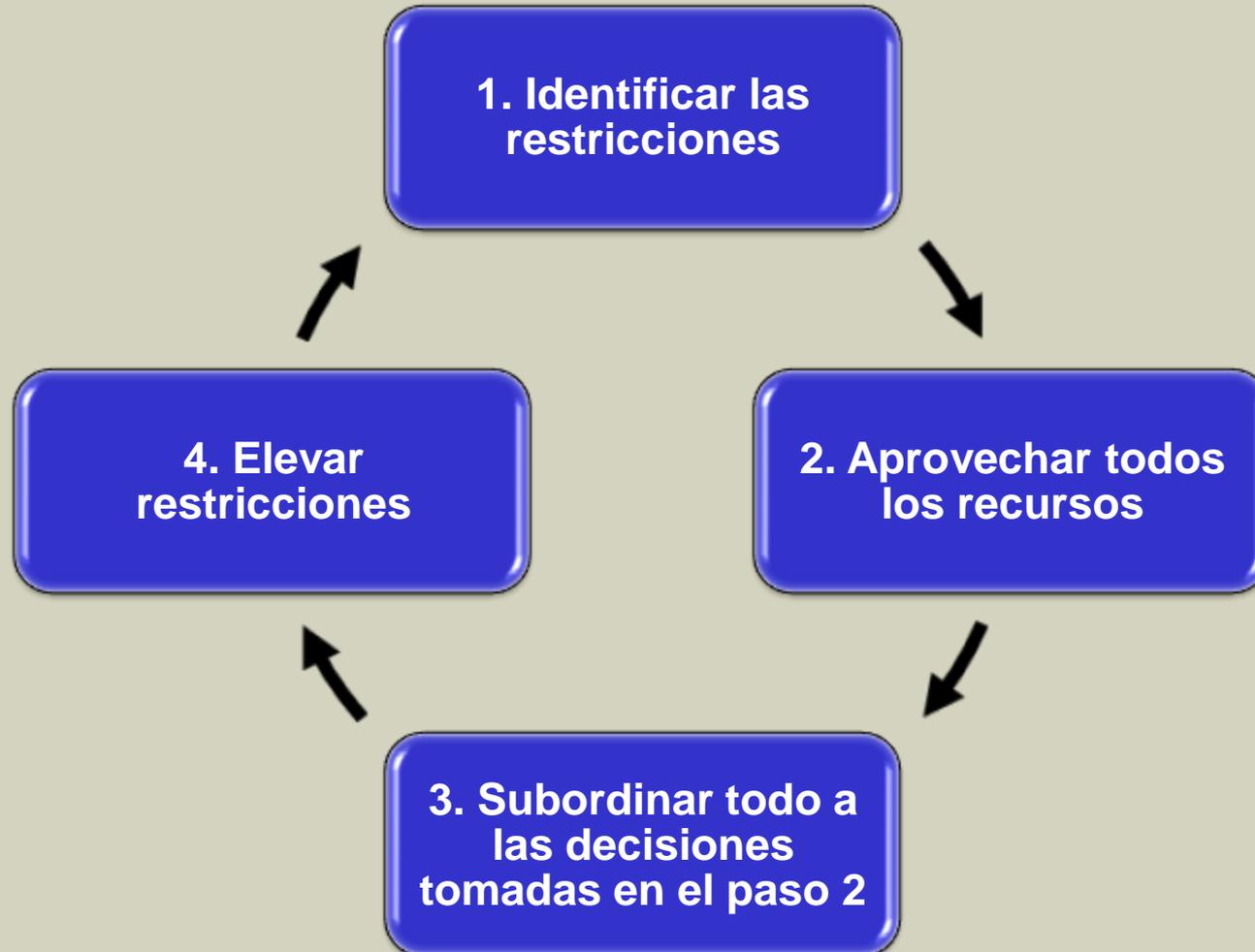
- Los procesos complejos sólo avanzan a la velocidad del paso más lento.
- La optimización del paso más lento beneficia al proceso en su conjunto.
- En toda empresa hay, al menos, una restricción.
- Las restricciones determinarán la cantidad de dinero que generará la empresa, las conozcamos o no, las gerenciamos o no.

➤ ***Físicas***

- ✓ Recursos
- ✓ Materiales
- ✓ Proveedores
- ✓ Etc.

➤ ***Políticas***

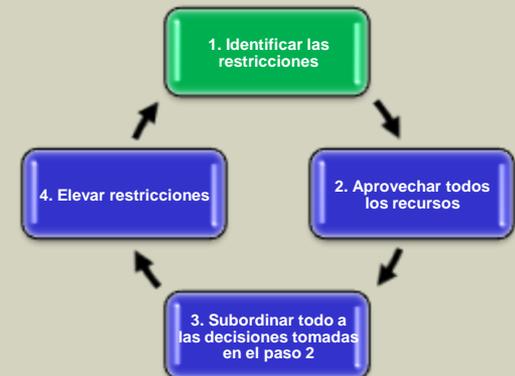
- ✓ Normas
- ✓ Presupuestos
- ✓ Procedimientos
- ✓ Etc.



## VIDEO – LA META

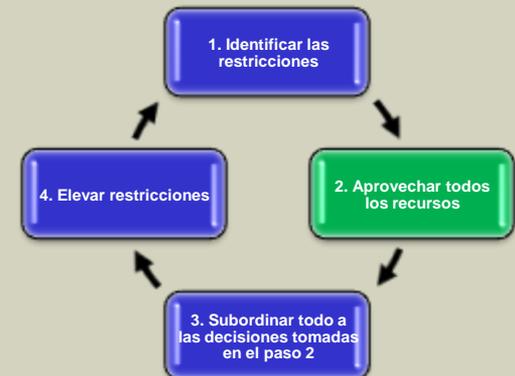
## 1. Identificar las restricciones

- Detectar visualmente (ritmo de trabajo, stocks intermedios).
- Analizar el cociente entre la carga y la capacidad de los recursos.
- Medir la capacidad individual de cada etapa del proceso y comparar con la demandada.
  - Registro de tiempos por proceso
  - Registro de tiempos por lote
  - Medición directa en el puesto de trabajo
- Calcular teóricamente



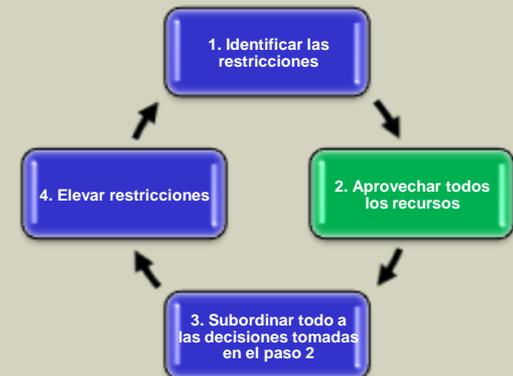
## 2. Aprovechar todos los recursos

- Evitar que el cuello de botella deje de producir.
- Implementar controles de calidad previos.
- Disminuir los tiempos de set up.
- Estudiar métodos y tiempos.
- Minimizar traslados y transportes.



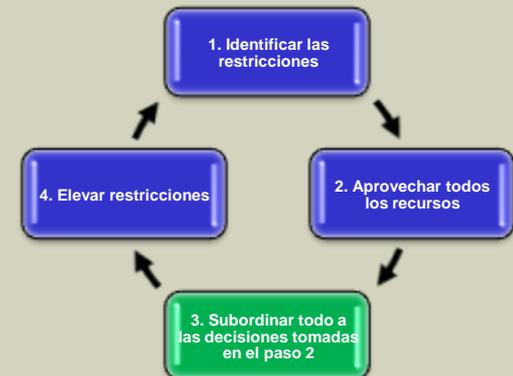
## 2. Aprovechar todos los recursos

- Para Goldratt el producto más beneficioso será aquel que da un mayor beneficio por minuto usado de CDB.
- Hay que hacer la planificación del cuello de botella porque es la más importante de la fábrica.
- Un minuto ganado en un cuello de botella es un minuto ganado en el sistema.



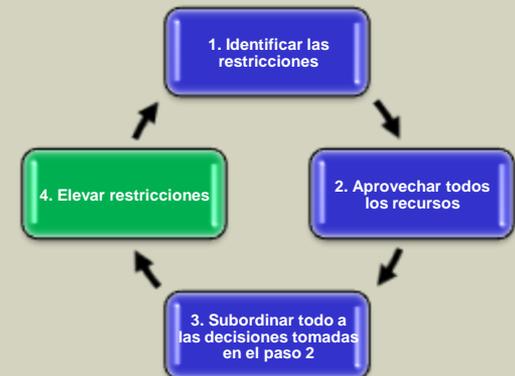
## 3. Subordinar todo a las decisiones tomadas en el paso 2

- No producir más de lo que la restricción puede absorber.
- Evitar que el cuello de botella deje de producir.
- El cuello de botella debe marcar el ritmo de producción.
- Disminuir los tiempos de set up.



## 4. Elevar restricciones

- Buscar otra máquina similar dentro de la fábrica o comprar una nueva
- Reajustar los tamaños de lote
- Subcontratar parte de los pedidos (sólo la operación crítica)
- Comprar, en lugar de producir, algún artículo para aliviar el cuello de botella
- Reasignar tareas
- Estandarizar



- Desventajas de la acumulación de stock
- Reducción del tamaño de lote
- Producción tradicional vs Producción nivelada
- Reducción del tiempo de producción
- Cuellos de Botella - TOC

- Es necesario mantener los equipos sin parar
- Es necesario mantener a los empleados ocupados en producir
- El stock da seguridad
- El stock permite responder rápido a la demanda
- Producir en lotes grandes es más eficiente
- La inflación hace conveniente mantener stock

*Debemos tender a fabricar lo que es necesario...*

*cuando es necesario ...*

*en la cantidad necesaria...*

*y entregarlo cuando es necesario.*

*Lo más importante es adaptar los conceptos a la realidad de cada empresa*

*“El que quiere hacer algo, encontrará un medio; el que no, encontrará una excusa”*



**INTI**

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de  
**Industria**  
Presidencia de la Nación



**Muchas gracias por su atención.**

INTI Mar del Plata  
Marcelo T. de Alvear 1168  
(B7603AAX) Mar del Plata  
Buenos Aires, Argentina  
(0223) 480-2801 Int. 305  
wyngaard@inti.gob.ar

Septiembre de 2012