

# Enfoques en la Administración de inventarios



<http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez/cursos-dictados-2>



# BRAIN LOGISTICS

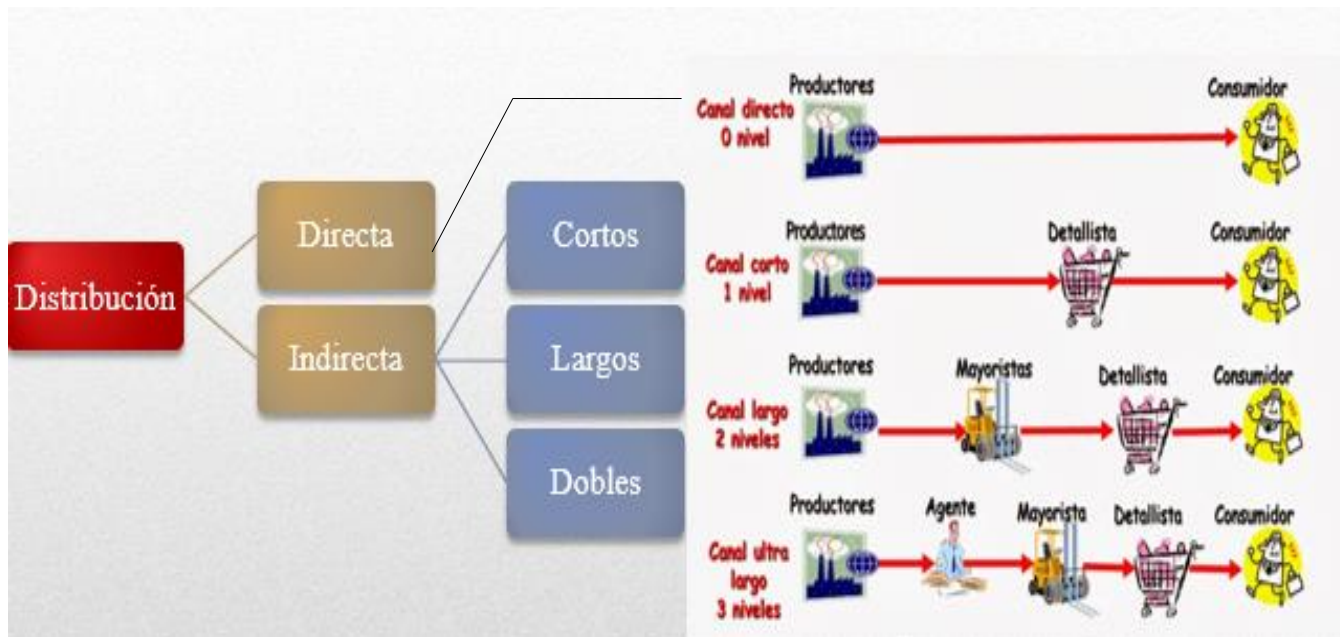




# Introducción

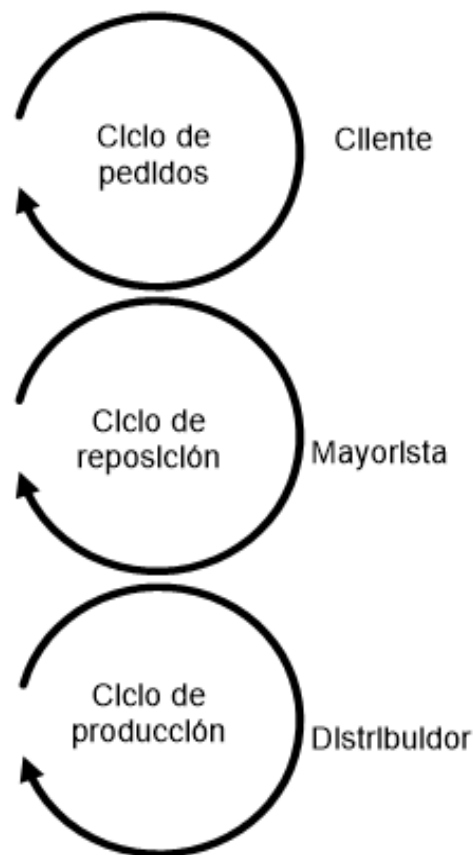


- Toda cadena de suministros tiene básicamente los mismos componentes: Fuente – almacenes - consumidor final.
- Existen dos tipos de cadenas:
  - La cadena directa, donde el producto o servicio viaja directamente al usuario final, sin intermediarios.
  - Las cadenas indirectas, donde existen nodos de trasbordo, o intermediarios, que hacen que el bien o servicio pase por diferentes etapas intermedias antes de llegar al consumidor final



# Enfoques:

- La cadena de suministros dividida en una serie de ciclos, cada uno ejecutado en la interfase entre dos etapas sucesivas de la cadena de suministros.



# Enfoques:

- La cadena de suministros dividida en dos categorías, dependiendo si esta está en función a las órdenes o en anticipación a las órdenes.
- Los procesos “pull” o de jalonamiento, son iniciados por los consumidores y sus órdenes, mientras que los procesos “push” son iniciados en anticipación a la demanda.



# Sistemas Push vs. Pull

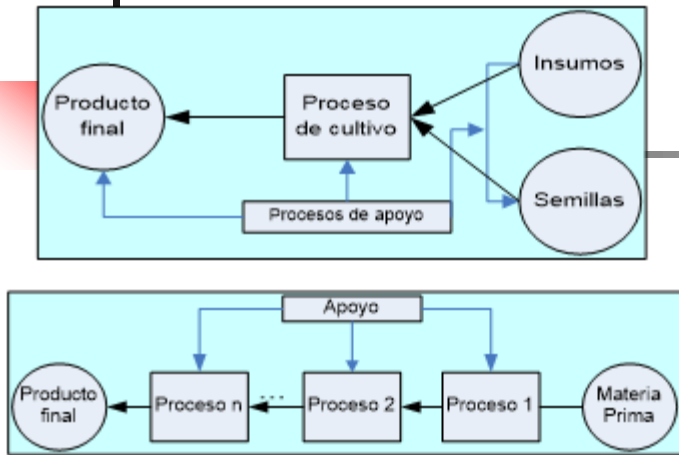


- El sistema push engloba a todos aquellos productos de los que se sabe que ya hay demanda suficiente, productos genéricos que se sabe que sí o sí van a salir del almacén.
- También se puede dar en el caso de productos cuyo proceso de fabricación es largo y complejo, por lo que se precisa de una fabricación anterior para poder atender la demanda.
- Los sistemas "push" inician con el abastecimiento en función a estimados de demanda hechos por la empresa y bajo esta estrategia, la variabilidad entre el punto de demanda y el punto de oferta puede ser grande y generar comportamientos tipo Efecto Látigo
- En los sistemas "pull", los procesos de producción y su planificación serán función de los pedidos de los clientes, más que de la demanda pronosticada por la empresa.
- Los sistemas pull requieren una gran coordinación entre los diferentes puntos de la cadena a fin de mantener siempre la información actualizada que permita hacer planes de las cantidades que se necesitan para satisfacer los pedidos

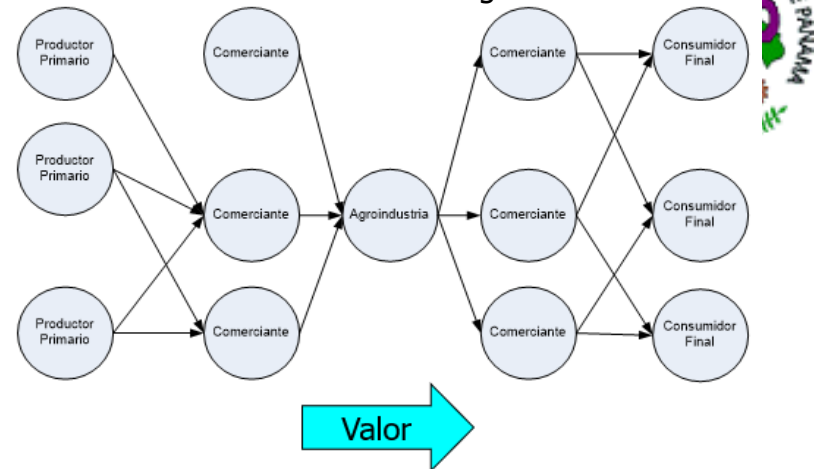


# Cadena del producto vs. Cadena del negocio

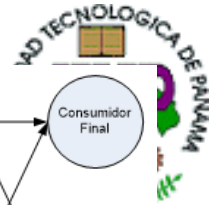
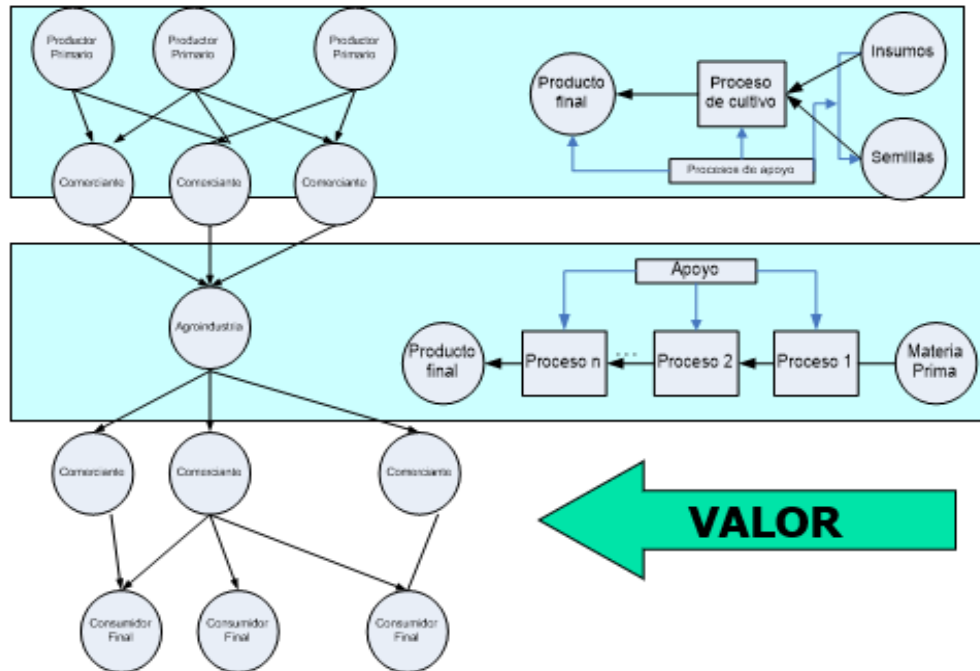
Cadena del producto



Cadena del negocio

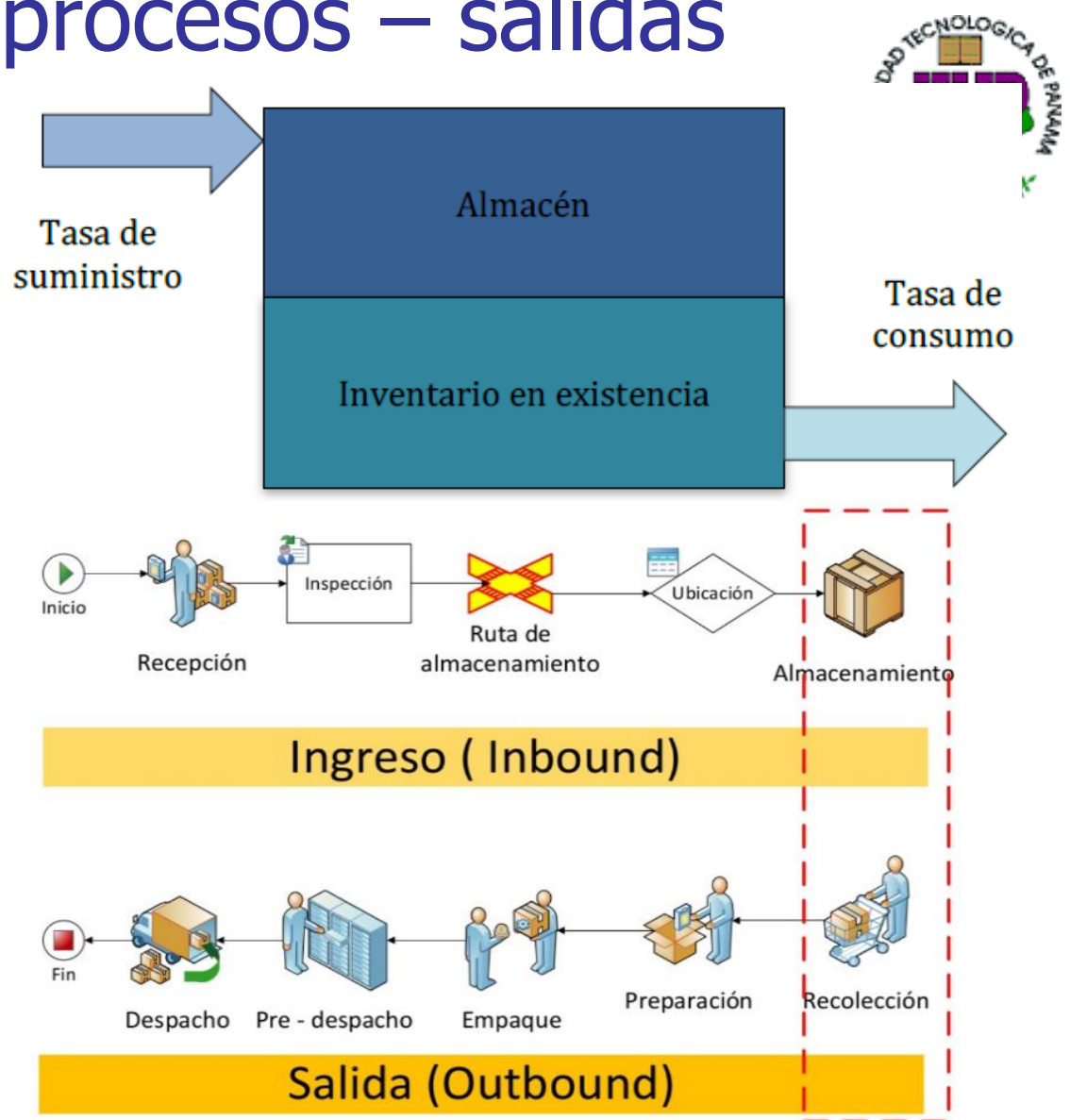


Cadena combinada



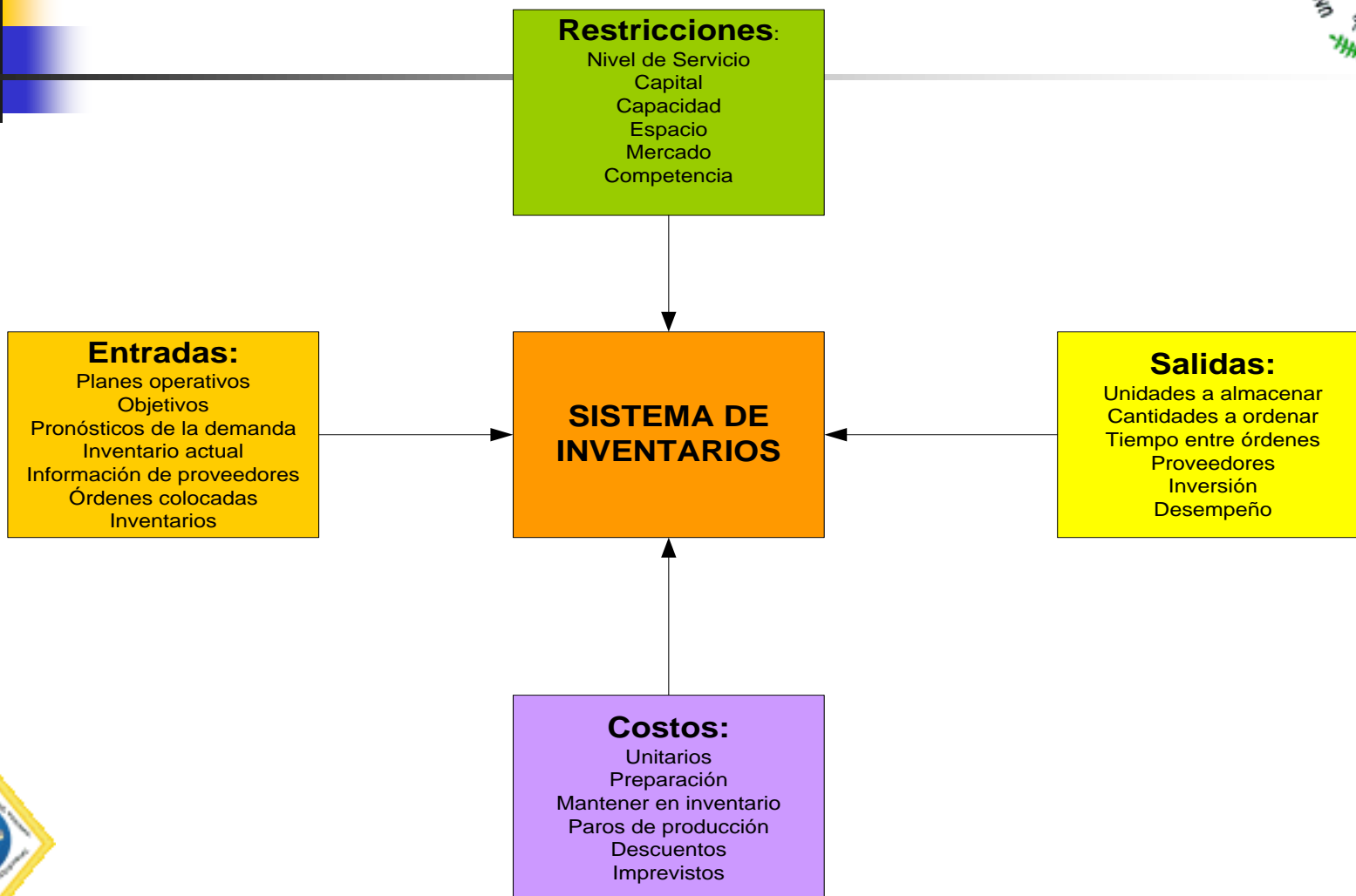
# Entradas – procesos – salidas

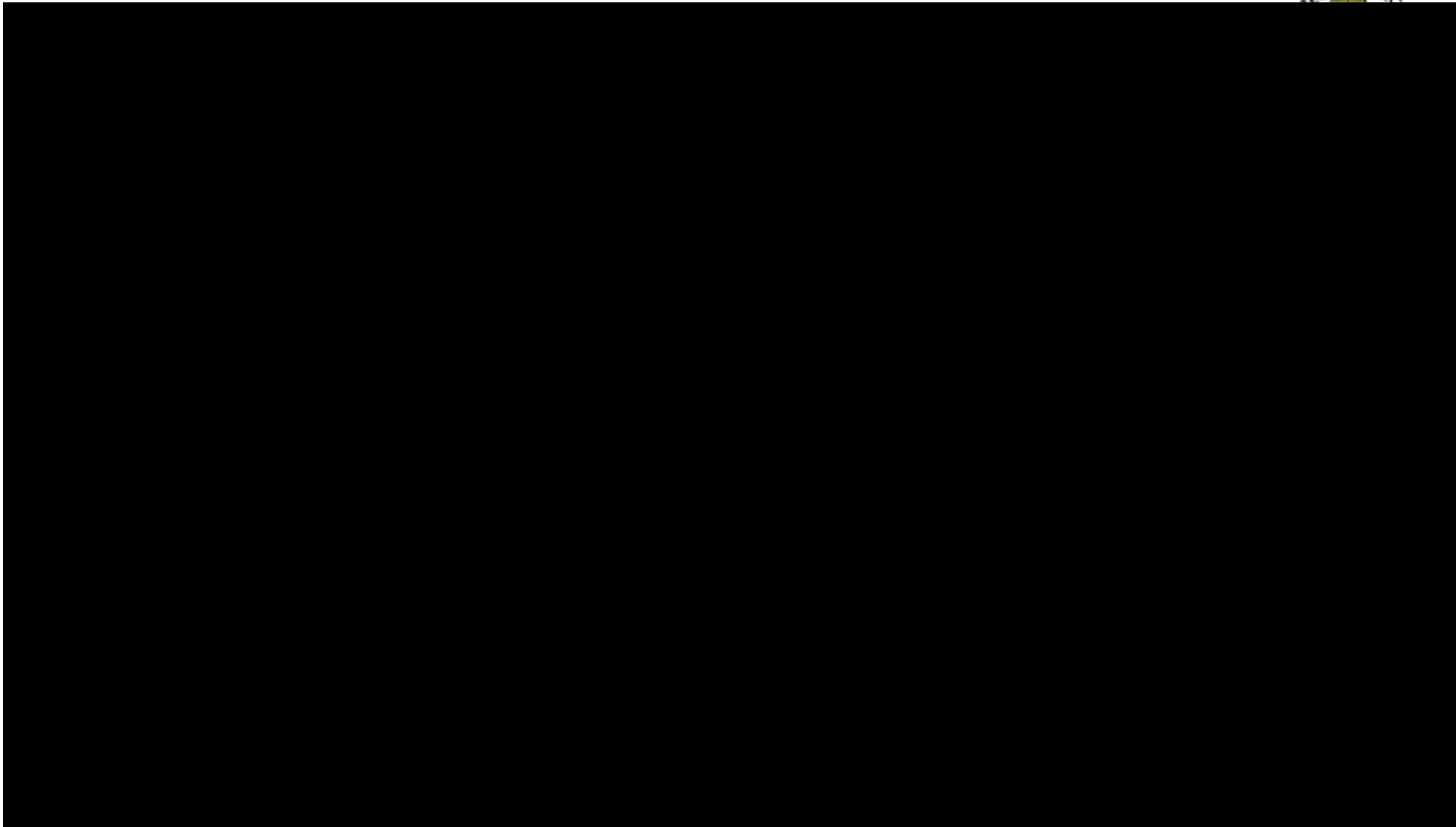
- La administración de inventarios es el proceso continuo de planificar, organizar y controlar el inventario, buscando minimizar la inversión en inventarios mientras se busca balancear la oferta y la demanda.
- Es un proceso de flujo continuo que supervisa el suministro, almacenamiento y accesibilidad de los inventarios con el objetivo de asegurar un suministro adecuado sin exceso de inventarios.



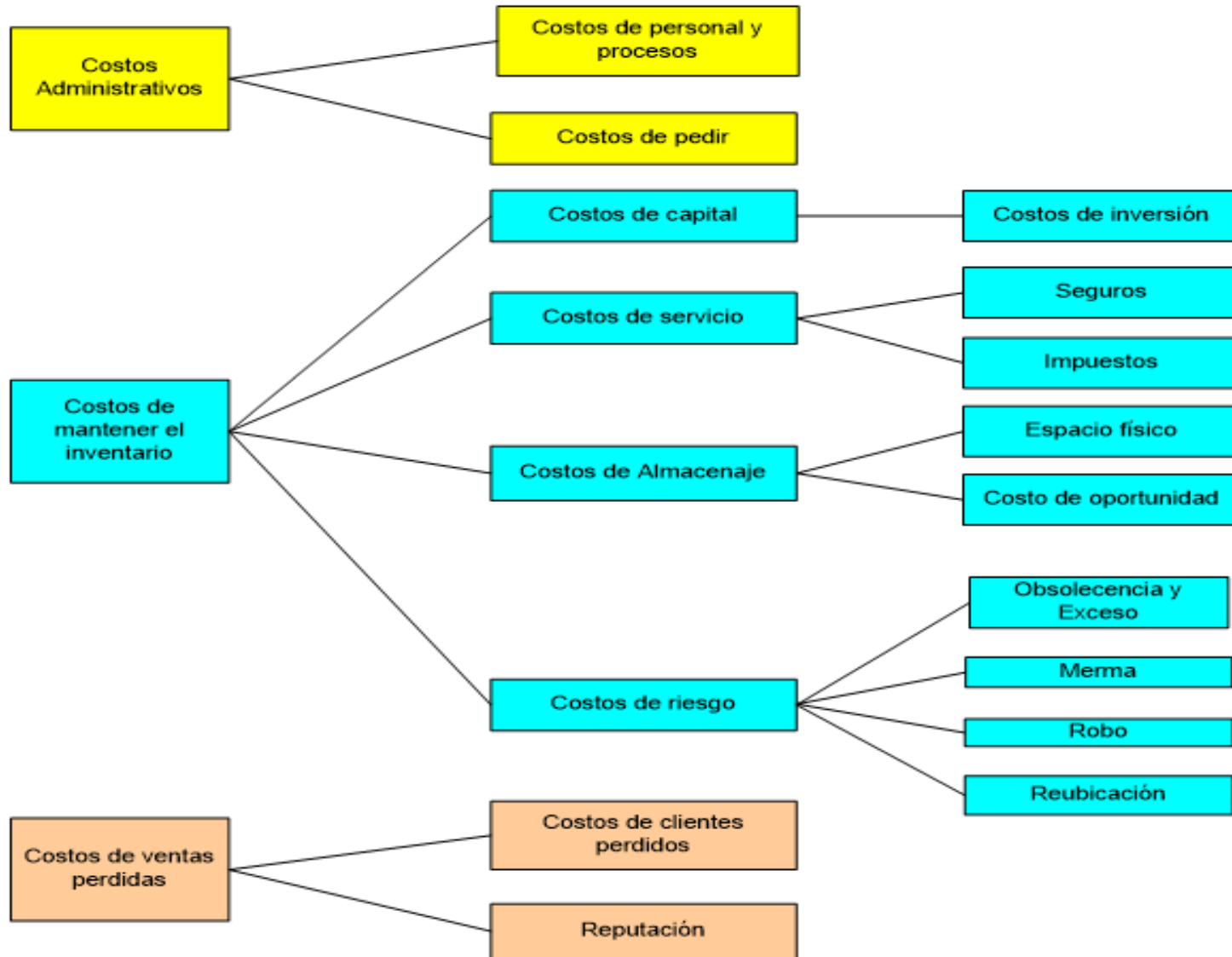


# Componentes de un sistema de administración de inventarios





# Taxonomía de costos



# Costos relacionados

- **Costo de las órdenes de reposición o de ordenar C.** Incluye todos aquellos gastos realizados por la empresa para conseguir el producto. Incluye todos los costos que no varían con el tamaño del pedido o lote, pero en los cuales se incurre cada vez que hay un pedido.
- **Costo de Mantenimiento H.** Hace referencia a todos los gastos asociados a mantener los stocks en la bodega de la organización.
  - Costos de capital, impuestos, seguros, obsolescencia.
  - Costos de almacenamiento, espacio físico, energía eléctrica, personal e infraestructura
- Puede presentarse como un valor unitario, o como un porcentaje h del costo del producto, tal que:

$$H = hC_h$$



## Componentes típicos del costo de mantener los inventarios



Concepto	% Promedio	Rangos
Costo de Capital	10%	4 - 40%
Impuestos	1%	0.5 – 2%
Seguro	0.5%	0 – 2%
Obsolescencia	1.2%	0.5 – 2%
Almacenamiento	2%	0 – 4%
Totales	14.25%	4 – 50%

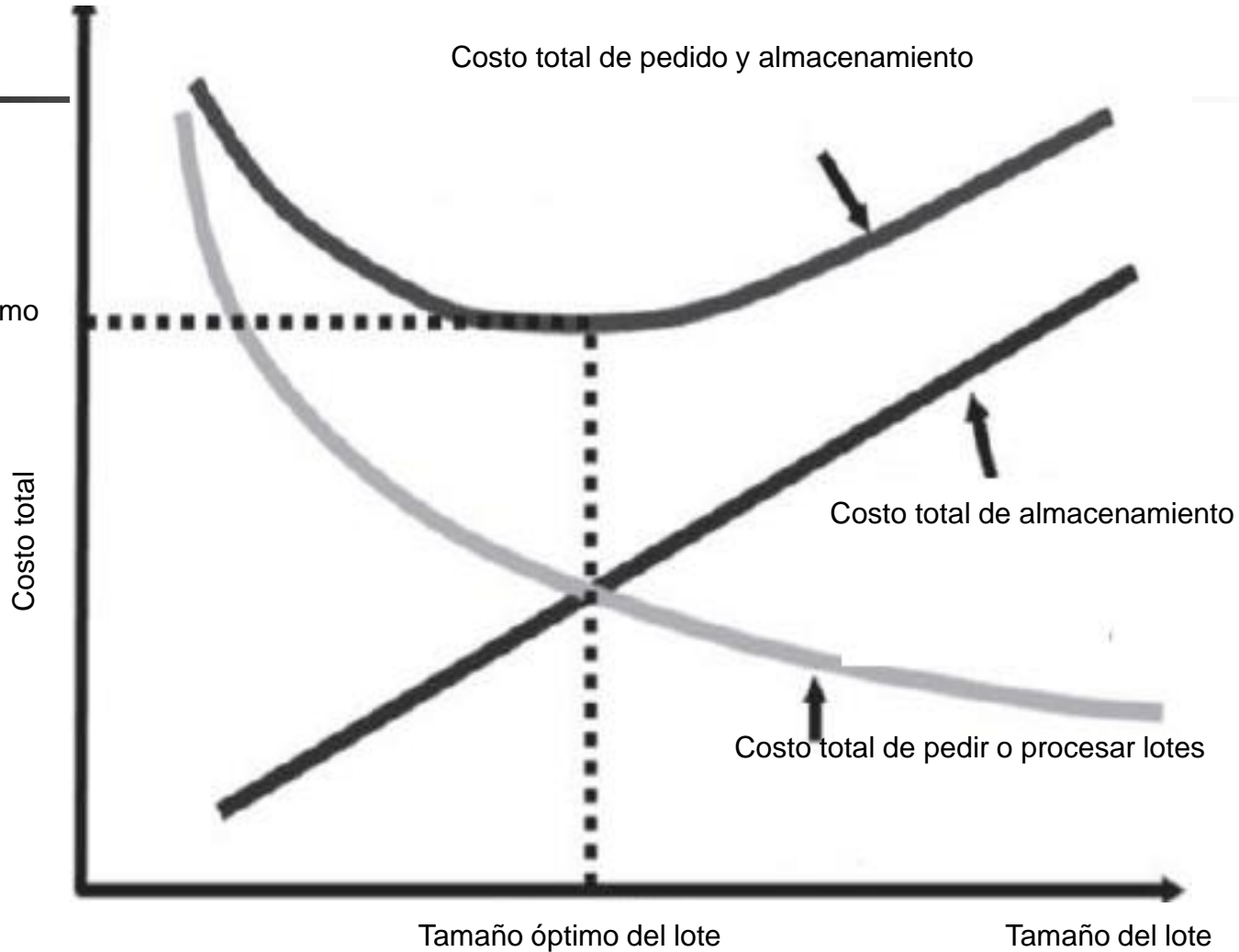
Algunos autores sugieren que el costo de mantener inventario es alrededor del 25% de su valor anual



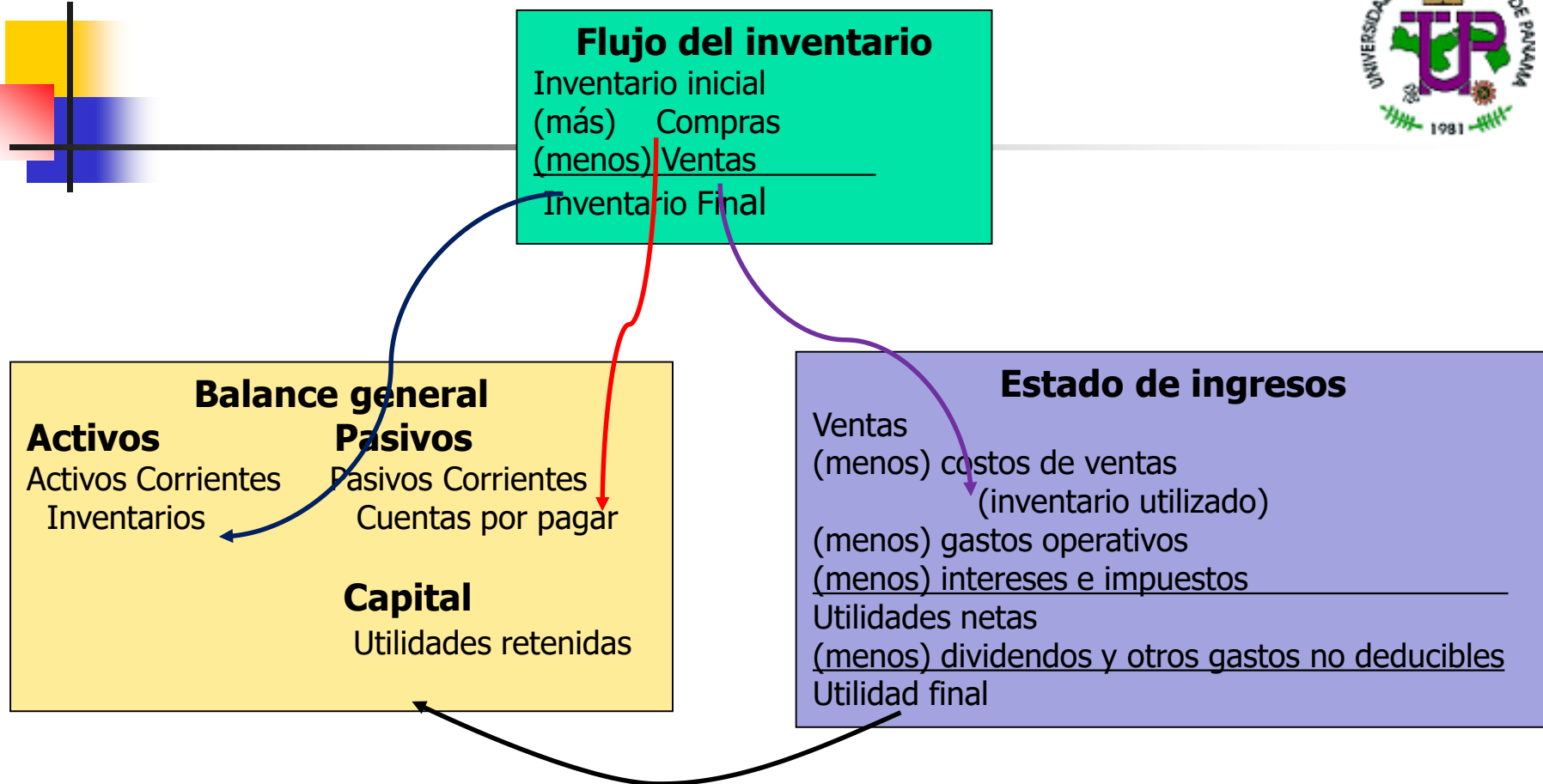
- **Costos de ventas perdidas:** son aquellos costos relacionados a la falta de un producto en inventario y se pueden considerar de dos tipos: cliente o venta perdida y de reputación.
- Estos costos se toman en cuenta en el caso de que la empresa tenga la política de aceptar pedidos por faltantes, cuando estos productos tienen muy altos costos de mantenimiento o la empresa no tiene competencia.



# Optimización de los costos totales



# El costo del inventario y las finanzas de la empresa





# Métodos de costeo del inventario

- Primero que entra primero que sale (PEPS o FIFO):** la valoración del inventario se hace asumiendo que los primeros que se utilizan o venden fueron los primeros que entraron al inventario. Aunque es el que mejor muestra el flujo real de los artículos, debido a los procesos inflacionarios, asigna mayor valor al inventario final.

PEPS								
Movimiento de Almacén								
Fecha	Especie		Existencias	\$/Unidad	\$/Unidad	Valores		Saldo
	Entrada	Salida		Entrada	Salida	Debe	Haber	
feb-02	250		250	\$ 620.00		\$ 155,000.00	\$ -	\$ 155,000.00
feb-07	250		500	\$ 628.00		\$ 157,000.00	\$ -	\$ 312,000.00
feb-11	250		750	\$ 633.00		\$ 158,250.00	\$ -	\$ 470,250.00
feb-16		250	500		\$ 620.00	\$ -	\$ 155,000.00	\$ 315,250.00
feb-16		200	300		\$ 628.00	\$ -	\$ 125,600.00	\$ 189,650.00



# Métodos de costeo del inventario

- Último que entra, primero que sale (UEPS o LIFO):** el método asume que los artículos adquiridos de último son primeros en utilizarse, no importa el momento de su adquisición. El método valora los inventarios finales con un menor valor.

UEPS								
Movimiento de Almacén								
Fecha	Especie		Existencias	\$/Unidad	\$/Unidad	Valores		Saldo
	Entrada	Salida		Entrada	Salida	Debe	Haber	
feb-02	250		250	\$ 620.00		\$ 155,000.00	\$ -	\$ 155,000.00
feb-07	250		500	\$ 628.00		\$ 157,000.00	\$ -	\$ 312,000.00
feb-11	250		750	\$ 633.00		\$ 158,250.00	\$ -	\$ 470,250.00
feb-16		250	500		\$ 633.00	\$ -	\$ 158,250.00	\$ 312,000.00
feb-16		200	300		\$ 628.00	\$ -	\$ 125,600.00	\$ 186,400.00



# Métodos de costeo del inventario

- Costo promedio:** identifica el valor del inventario y el costo de los bienes vendidos como el costo promedio de los costos de los productos disponibles en un período de tiempo. Asume que el inventario final está compuesto por bienes de todos los períodos.

COSTO PROMEDIO O PROMEDIO PONDERADO								
Movimiento de Almacén								
Fecha	Especie		Existencias	\$/Unidad Entrada	Costo Medio	Valores		Saldo
	Entrada	Salida				Debe	Haber	
feb-02	250		250	\$ 620.00		\$ 155,000.00	\$ -	\$ 155,000.00
feb-07	250		500	\$ 628.00		\$ 157,000.00	\$ -	\$ 312,000.00
feb-11	250		750	\$ 633.00		\$ 158,250.00	\$ -	\$ 470,250.00
feb-16		450	300		\$ 627.00	\$ -	\$ 282,150.00	\$ 188,100.00



# Comparación de valores



## Valor del Inventario Final

- PEPS \$189,650
- UEPS \$186,400
- Promedio \$188,100

## Valor del inventario utilizado

- PEPS \$280,600
- UEPS \$283,850
- Promedio \$282,150







# Métodos de costeo del inventario



- **Método de costo actual o específico:** supone que se puede dar seguimiento a cada uno de los bienes en tiempo real y se puede cargar el costo real del producto o bien a los inventarios.
- **Método de costeo estándar:** supone que se conocen todos los costos asociados al manejo y control de los productos y trata de prorratear los costos en función a los diferentes componentes de este.



# Costo actual, específico o real



- Se sustenta no solo en los llamados costos reales, sino que es posible predeterminar ciertas valoraciones de recursos en base a predicciones o estimaciones, según sus comportamientos históricos o estadísticos.
- Está constituido por el conjunto de egresos efectivamente incurridos por la empresa en determinado período de tiempo.
- Comprende los gastos ocasionados para garantizar la producción de bienes materiales y servicios prestados expresados en forma monetaria.
- Incluye el valor de los objetos de trabajo insumidos, el trabajo expresado como salario y los gastos relacionados con la depreciación de los activos fijos tangibles.



# Características del costo real

- Se pueden utilizar cuando la oferta y la demanda del bien o servicio permitan determinar el precio de venta.
- Solo es posible conocerlos cuando el proceso de producción ha sido terminado.
- Los costos como la mano de obra directa, materia prima y los costos indirectos de fabricación, se van acumulando gradualmente en la medida que incurren.
- No se requiere agregar algún ajuste adicional, debido a que se han tomado en cuenta todos los elementos de los costos incurridos.
- Los costos representan la suma de resultados incurridos hasta la formación del precio.



# COSTO ESTANDAR

Un costo estándar es un patrón de medidas que nos indica cuanto debería costar la elaboración de un producto o la prestación de un servicio si se dan ciertas condiciones.

El sistema de costo estándar, fundamentalmente es un instrumento orgánico para controlar y reducir los costos en todos los niveles directivos y en todas las unidades productivas u operativas de la empresa.



## SISTEMA DE COSTOS ESTÁNDAR





- El costo estándar apareció cuando se dividieron los costos fijos por el número de bienes producidos, tratando así la cantidad resultante como coste variable. Esto permitió a los gestores el ignorar efectivamente los costos fijos, simplificando más el proceso de toma de decisiones.

## COSTOS ESTANDAR



The diagram features a central title 'COSTOS ESTANDAR' in a green box. Below it are three blue hexagonal text boxes and two white hexagonal image boxes. The top-left image shows a man in a suit holding a stack of green money. The top-right text box explains the system of setting unit costs before production. The bottom-left text box contrasts standard costs with historical costs. The bottom-right image shows a stick figure falling off a ledge.

Este sistema consiste en establecer los costos unitarios de los artículos procesados en cada centro, previamente a la fabricación, basándolos en métodos mas eficientes de elaboración y racionándolas con un volumen dado de producción

Son lo contrario de los costos reales. Estos ultimos son costos historicos que se han incurrido en un periodo anterior. Los costos estandar se determinan con anticipacion a la produccion



# Clasificación de inventarios:

- Una empresa tiene miles de bienes en inventario, pero no todos ellos merecen una atención cuidadosa y control.
- Es necesario identificar los componentes críticos en el inventario.
- Es por esta razón que se hace necesario conocer de qué manera se pueden clasificar los inventarios, de tal forma que se puedan tomar decisiones estratégicas al respecto.
  - ABC
  - Kanban
  - Justo a tiempo
  - MRP
  - Inventario de ciclo
  - Inventarios de seguridad

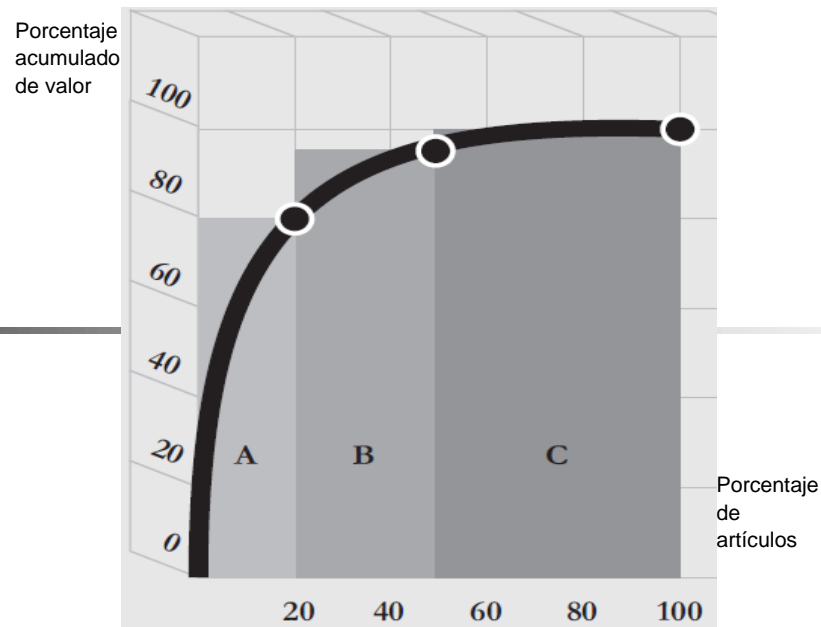
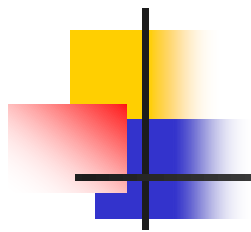


# Clasificación ABC



- Es una metodología de segmentación de productos de acuerdo con criterios preestablecidos.
- Consiste en dividir los artículos en tres clases, de acuerdo ya sea con los valores monetarios, o el nivel de movimiento de los inventarios, de modo que los encargados de la administración puedan concentrar su atención en aquellos que tengan el valor más alto.
- Está fundamentada en la Ley de Pareto.
- Se establece de que, dentro de una población dada, aproximadamente el 20% de ellas tiene concentrado el 80% del valor de toda la población, mientras que el restante 80% de la población tiene aproximadamente el 20%.





### A

- Productos de alto valor y/o de gran venta, que requieren de mayor atención y cuidado a través de:
  - Análisis de mercado, de precios y de costos.
  - Registro y control de inventarios.
  - Determinación precisa de las exigencias de seguridad.
  - Aplicación preferencial del análisis de valores.

### B

- Productos de alto valor con ventas moderadas, requieren un tratamiento normal; es decir una atención ajustada a los requerimientos del negocio.

### C

- Productos de bajo valor y/o poca venta, que deben tratarse según el principio de la simplificación productiva y administrativa y de la reducción de costos.
  - Requisitos simplificados de inventarios.
  - Trámites simplificados en el manejo de pedidos y pedidos de grandes cantidades.
  - Supervisión simplificada de las existencias.



# ¿Cómo se determinan esos valores?

- La clasificación ABC se realiza con base en el producto, el cual expresa su valor por unidad de tiempo (regularmente anual) de las ventas de cada ítem  $i$ , donde:
  - $D_i$  = Demanda "anual" del ítem  $i$  (unidades/año)
  - $v_i$  = Valor (costo) unitario del ítem  $i$  (unidades monetarias/unidad)
  - **Valor Total**  $i = D_i * v_i$  (unidades monetarias/año)
- Es fundamental establecer los porcentajes que harán que determinadas unidades se clasifiquen en sus respectivas zonas (A, B o C).
- Luego de aplicarse las operaciones para determinar el valor de los artículos, se procede a calcular el porcentaje de participación de los artículos, según la valorización.
- Una vez valorizado el inventario, se precede a organizar los artículos de mayor a menor según sus porcentajes, ahora estos porcentajes se acumulan.
- Por último, se agrupan teniendo en cuenta el criterio porcentual determinado en la primera parte del método. De esta manera quedan establecidas las unidades que pertenecen a cada zona.



# Ejemplo

Una empresa tiene 10 artículos en inventarios. Se ha podido definir su demanda estimada y su valor unitario de acuerdo a la tabla anexa.

Se desea hacer una clasificación ABC del inventario, tanto por demanda como por valor. El criterio de ubicación es el siguiente:

Ítems Clase A = 74% del total de las ventas

Ítems Clase B = 21% del total de las ventas

Ítems Clase C = 5% del total de las ventas

Artículo	Demanda anual	Valor unitario
1	40	3,750.00
2	200	40.00
3	220	4,315.00
4	235	17.50
5	260	950.00
6	365	40.50
7	405	5.20
8	538	138.50
9	675	1,200.00
10	812	158.00
<b>Total</b>	<b>3,750</b>	<b>10,615</b>



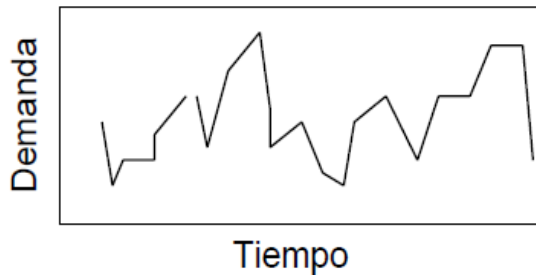


# Tipos de demanda

## Tipo de Demanda

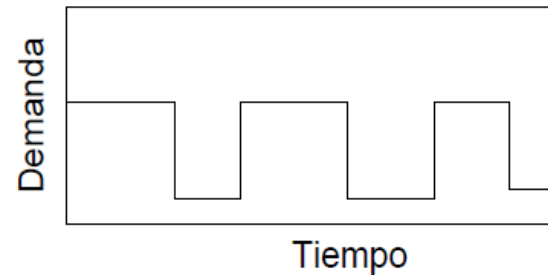
### Independiente

- Productos Terminados
- Repuestos



### Dependiente

- Insumos
- Materias Primas



- Demanda independiente es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa
- Demanda dependiente, depende del control y planificación adelantada de los procesos.

PLANIFICACIÓN  
DE PRODUCCIÓN

# MODELO DE DEMANDA DEPENDIENTE MRP

Planificación de  
requerimientos de  
material

Integrantes:

Esmeralda Franco González  
María Fernanda Trejo

CREATED USING  
POWTOON



# Planificación de los Requerimientos de Materiales o MRP



- Es un sistema de planificación y administración que planifica la producción y un sistema de control de inventarios.
- Fue desarrollado por Joseph Orlicky al inicio de los años 1960.
- Tiene el propósito de que se tengan los materiales requeridos en el momento oportuno para cumplir con las demandas de los clientes.
- En función de la producción programada, sugiere una lista de órdenes de compra a proveedores.



# Objetivos del MRP



- Responde a las preguntas: ¿qué? ¿cuánto? y ¿cuándo?, se debe fabricar y/o aprovisionar material.
- Asegurar materiales y productos que estén disponibles para la producción y entrega a los clientes.
- Mantener los niveles de inventario adecuados para la operación.
- Planear las actividades de manufactura, horarios de entrega y actividades de compra.



# Sus fundamentos:



- La gestión de inventarios de un producto varía según su tipo de demanda.
- Las demandas independientes aplican métodos estadísticos de previsión por demanda continua y en las dependientes se utilizan los sistemas MRP.
- Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de unos datos bastantes sencillos:
  - Las demandas independientes.
  - La estructura del producto.



# MRP

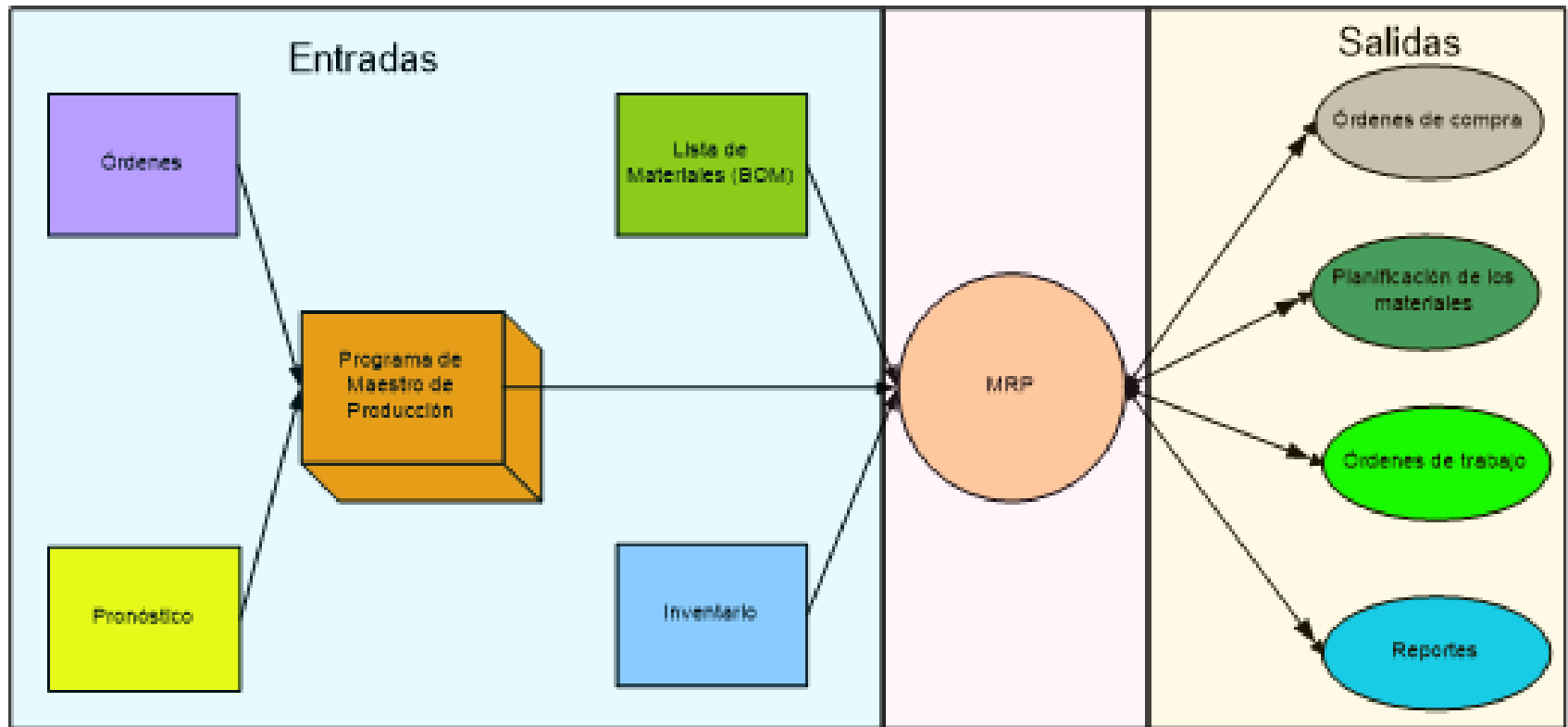
---

## MATERIALS REQUIREMENT PLANNING



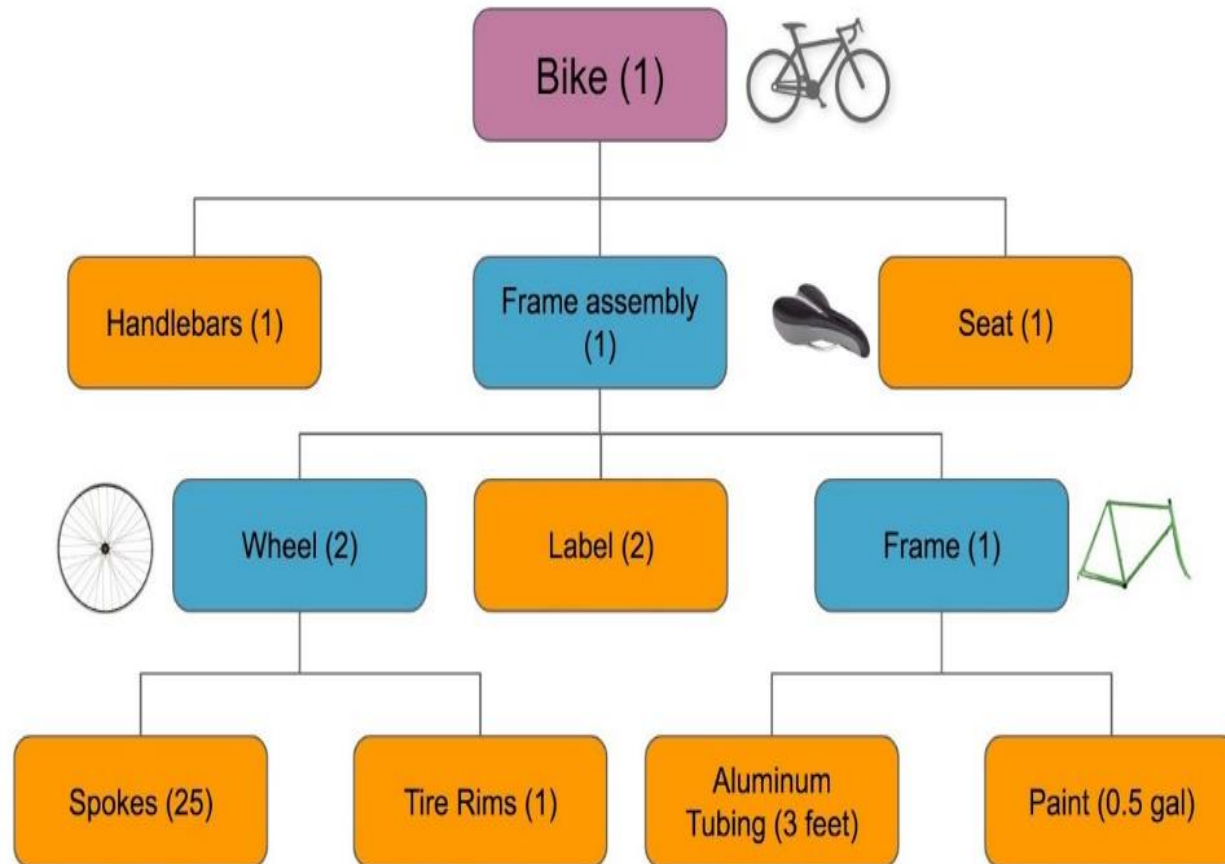


# Componentes



# Plan maestro de producción

- Adecua la producción a los dictados de la demanda externa.
- Define qué productos finales hay que fabricar y en qué plazos.
- Se fundamenta en la lista de materiales (o Bill of Material -BOM-)
- Relaciona el producto final (demanda independiente) con los componentes (demanda dependiente).



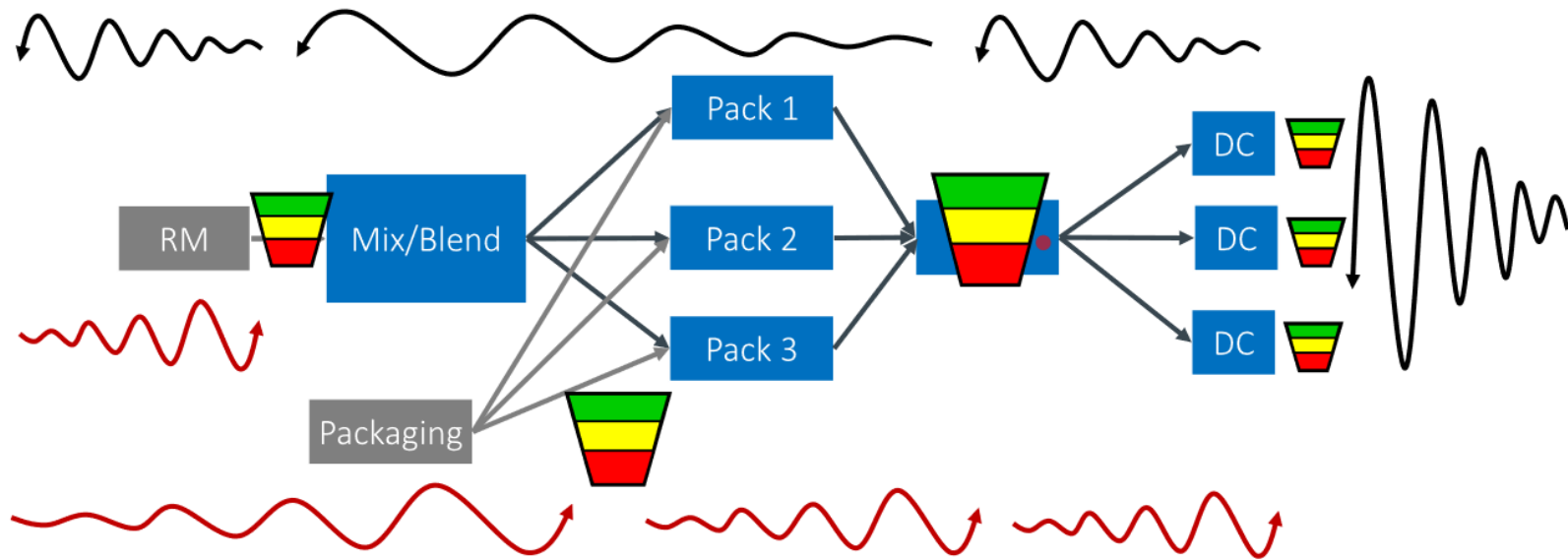


# Demand Driven MRP

TECNOLOGIA



# COLOCACIÓN ESTRATEGICA Y EFECTO DE LOS BUFFERS





H. R. Alvarez A., Ph. D.

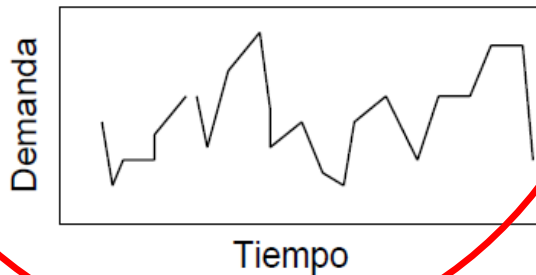


# Tipos de demanda

## Tipo de Demanda

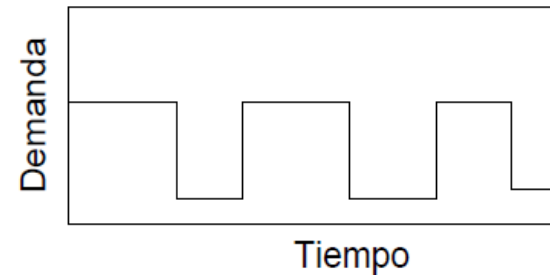
### Independiente

- Productos Terminados
- Repuestos



### Dependiente

- Insumos
- Materias Primas



- Demanda independiente es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa
- Demanda dependiente, depende del control y planificación adelantada de los procesos.

# Sistemas para demanda independiente



---



# Sistemas Justo a Tiempo

Taiichi Ohno el hombre que fue pionero de la implantación Justo a Tiempo en Toyota, desarrolló este concepto dada la necesidad de tener un sistema eficiente de producir pequeñas cantidades de automóviles, de diferentes modelos.



<https://image.slidesharecdn.com/jat-101104150604-phpapp02/95/justo-a-tiempo-jat-20-638.jpg?cb=1422652666>

# ¿Qué es?



- Es un sistema de organización de la producción de origen japonés.
- También conocido como *Método Toyota*, permite reducir costos, especialmente de inventario de materia prima, partes para el ensamblaje, y de los productos finales.
- La esencia de JIT es que los suministros llegan a la fábrica, o los productos al cliente, "justo a tiempo", eso siendo poco antes de que se usen y solo en las cantidades necesarias.
- Permite reducir el costo de la inversión en inventarios, y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias.
- No se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales.





# En qué consiste

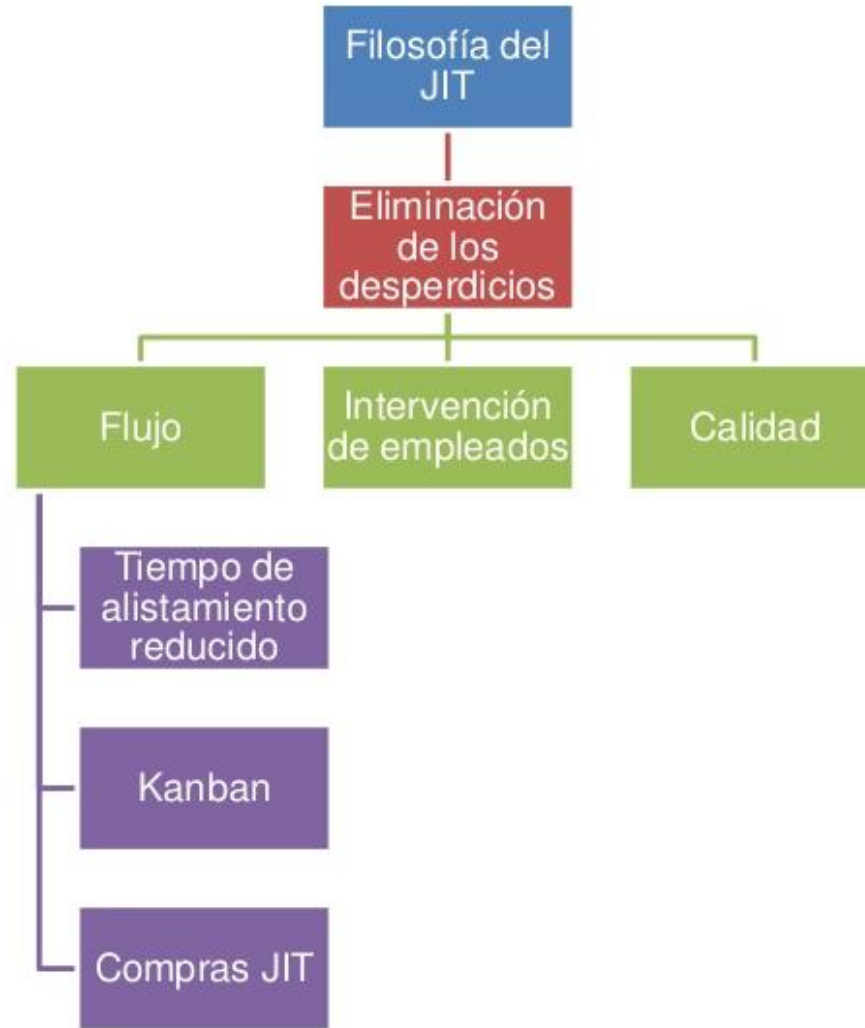
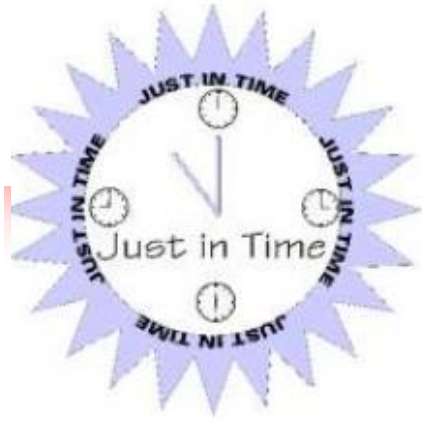
---



- Es una filosofía de eliminación de todo lo que implique desperdicio o despilfarro en el proceso de producción desde las compras hasta la distribución.
- Los tiempos de producción son disminuidos considerablemente, ya que al producir en pequeños lotes, llevando un control que permite en cualquier momento modificar el proceso que está causando la desviación.

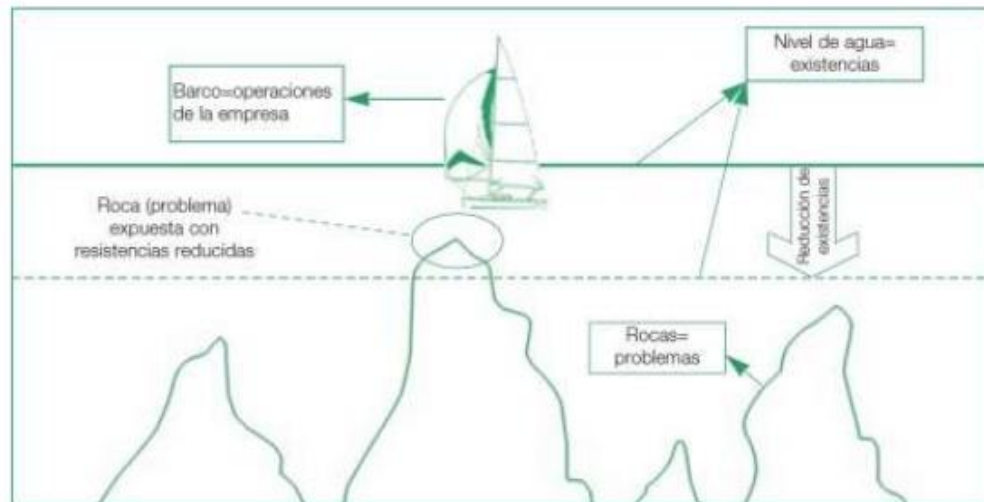
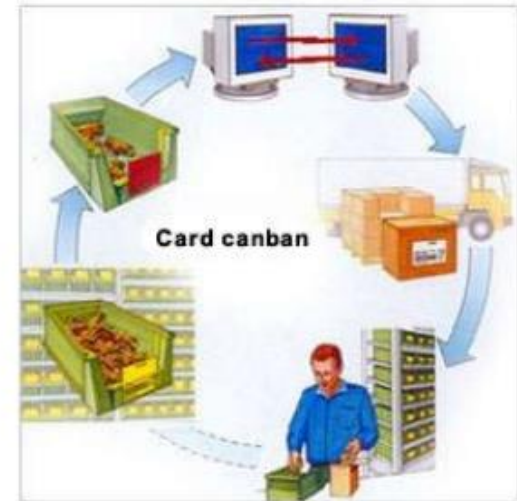






<https://image.slidesharecdn.com/justoatiempoCompleto-131117231015-phpapp01/95/justo-a-tiempo-completo-5-1024.jpg?cb=1384729969>

# ELEMENTOS DE UN SISTEMA JUST IN TIME





## Objetivos:

- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad tanto en el flujo como en el control de los materiales.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.



# Justo a Tiempo o Inventario Cero

- Es una filosofía empresarial **que** tiene por finalidad eliminar todo aquello **que** represente desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución
- Asumir este tipo de **inventario** significa no tener espacio, personas, procesos y mercancías de forma ociosa.
- Consiste en tener sólo el inventario necesario para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes, y presenta los beneficios y riesgos que se mencionan a continuación.





## Beneficios:

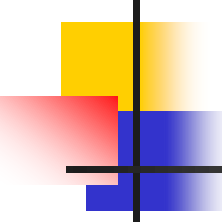
- Reduce el capital de trabajo
- Ahorro en costo de oportunidad
- Evitar la obsolescencia de insumos o productos
- Reducir el capital humano
- Reducir el tamaño de los almacenes

## Riesgos

- Personal altamente calificado
- Puede romperse la distribución
- Posibles retrasos en los despachos
- Incumplimiento a clientes



## Proveedores:



❑ El enfoque del J.I.T. resalta la necesidad de buscar **una sola fuente de suministro**. De hecho, subraya continuamente la necesidad de tener un solo proveedor que suministre varias piezas de una “familia”, aumentando así el volumen por proveedor y reduciendo el número de proveedores. De esta forma, se estimulará al proveedor para que haga la inversión necesaria para mejorar sus procesos de fabricación.

❑ Hay que **crear una buena relación con los proveedores**, proporcionándoles asistencia técnica cuando sea necesario y comprobando que los proveedores elegidos sean financieramente sólidos y estén bien dirigidos.



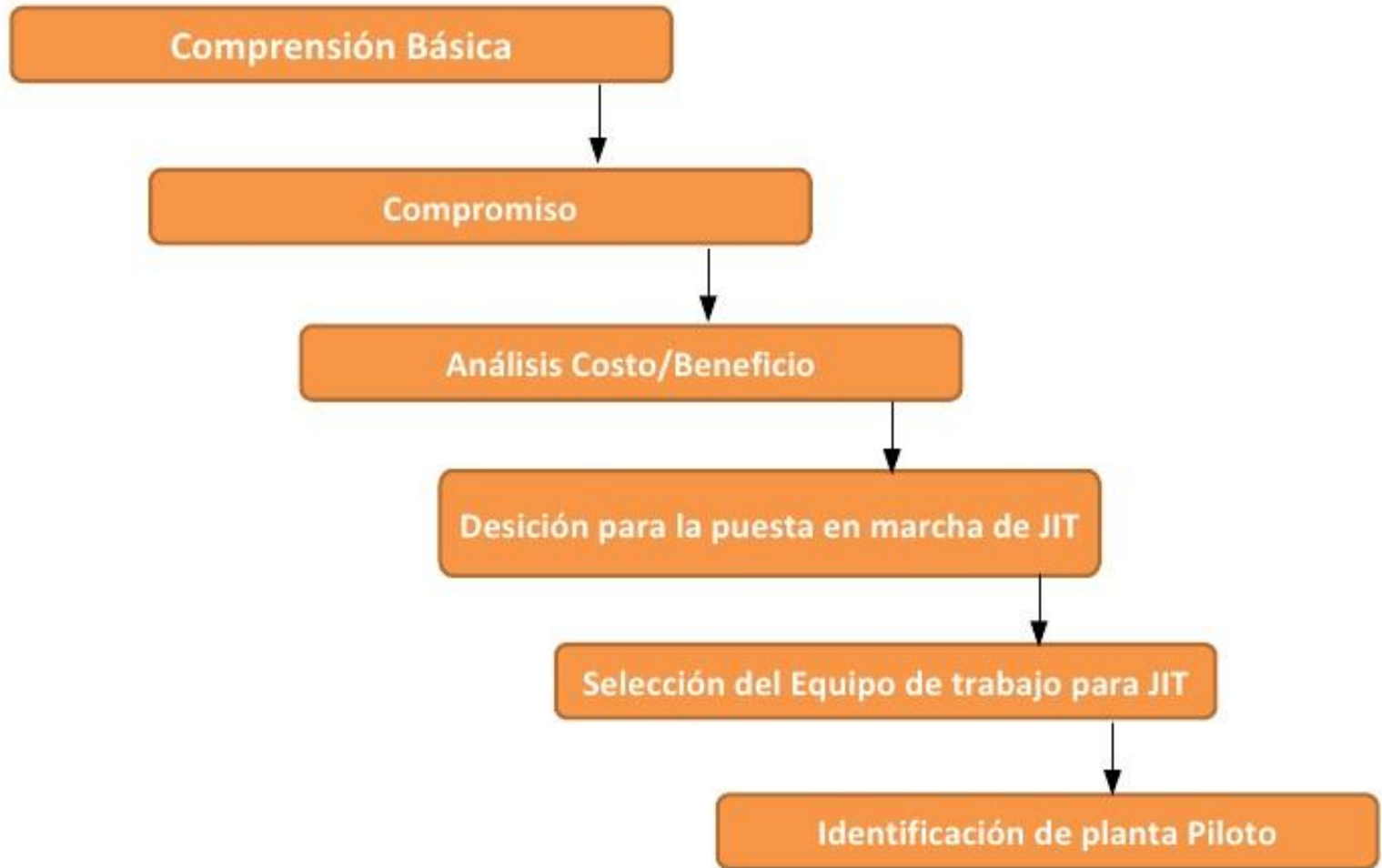


## CERO EXISTENCIAS

- Se recurre a la utilización del Kanban, esforzándose por limitar las existencias “río arriba” y las existencias “río abajo”



# Implementación JIT



<https://image.slidesharecdn.com/presentacionjitexportslide-100718201847-phpapp02/95/diapositivas-jit-5-728.jpg?cb=1279484556>



Aspectos analizados	MRP	JIT
Alcance del modelo	Producción	Toda la empresa
Política de stocks	Controlar	Anular
Sistema push o pull	Push	Pull
Requerimiento computacional	Elevado	Bajo
Entorno de fabricación ideal	Producción por lotes	Producción en línea





# Tamaño Económico de Lote

---

# Tamaño Económico de Lote

- El más simple y conocido de los modelos de inventarios.
- Fue desarrollado en 1913 por Ford Whitman Harris, un ingeniero que trabajaba en Westinghouse Corporation.
- Supuestos:
  - La demanda es conocida y ocurre a una tasa constante  $d$  totalizando  $D$  unidades al año.
  - Cada vez que se hace una orden, el costo de ordenar es constante e igual a  $C$ .
  - Cada orden se recibe a tiempo, o sea no hay tiempo de espera.
  - La orden se recibe exactamente cuando el inventario es cero.
  - No se permite déficit.
  - El costo por unidad por año de mantener el inventario es  $H$ .



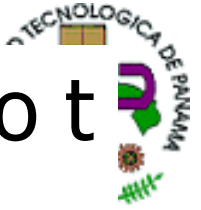
# El modelo

- El costo total de la política de inventario está dado por:
- Costo total del inventario
- Costo de pedir
- Costo de mantener
- Si se asume que el costo total del inventario es constante, el modelo realmente es dependiente de los costos de pedir y mantener.

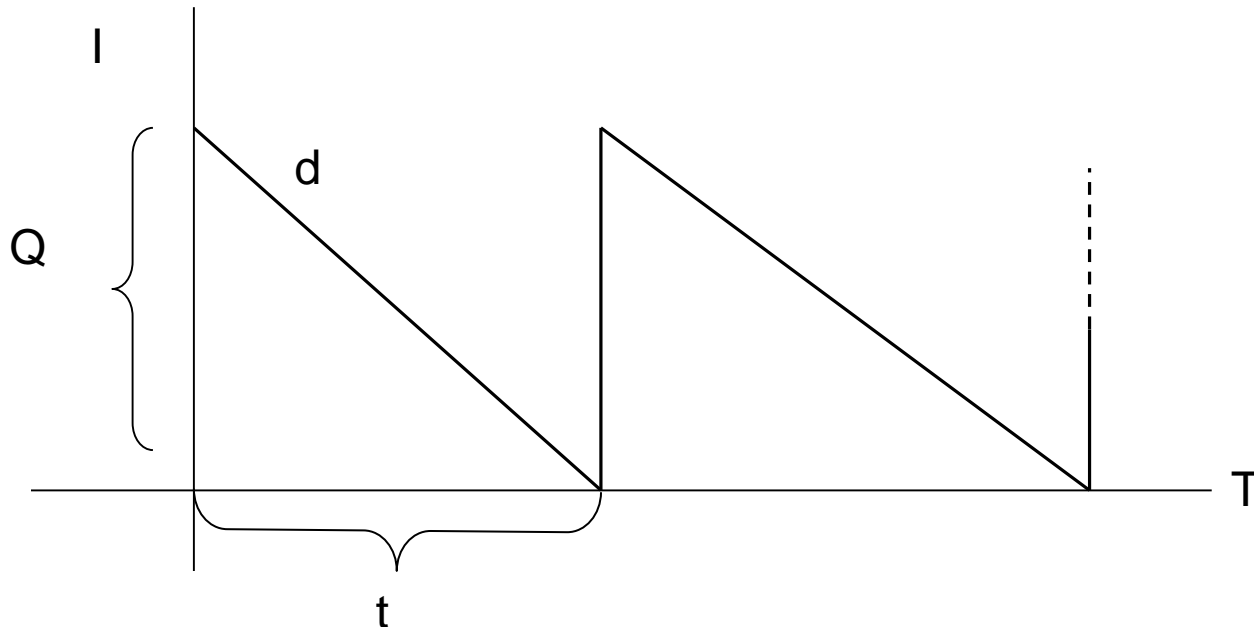




# El modelo



- El modelo supone que en un momento  $t$  llega un pedido de tamaño  $Q$ , que se consume a demanda constante  $d$ .
- Justo cuando se acaba el inventario, llega un nuevo pedido de tamaño  $Q$ .



# El modelo



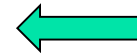
- Se tiene un producto que tiene una demanda diaria de 35 unidades, que se venden a un precio de 2.00.
- La empresa trabaja 300 días al año.
- El costo de pedir es de 100.00 por pedido y el de mantener se supone un 25% del valor de cada unidad.



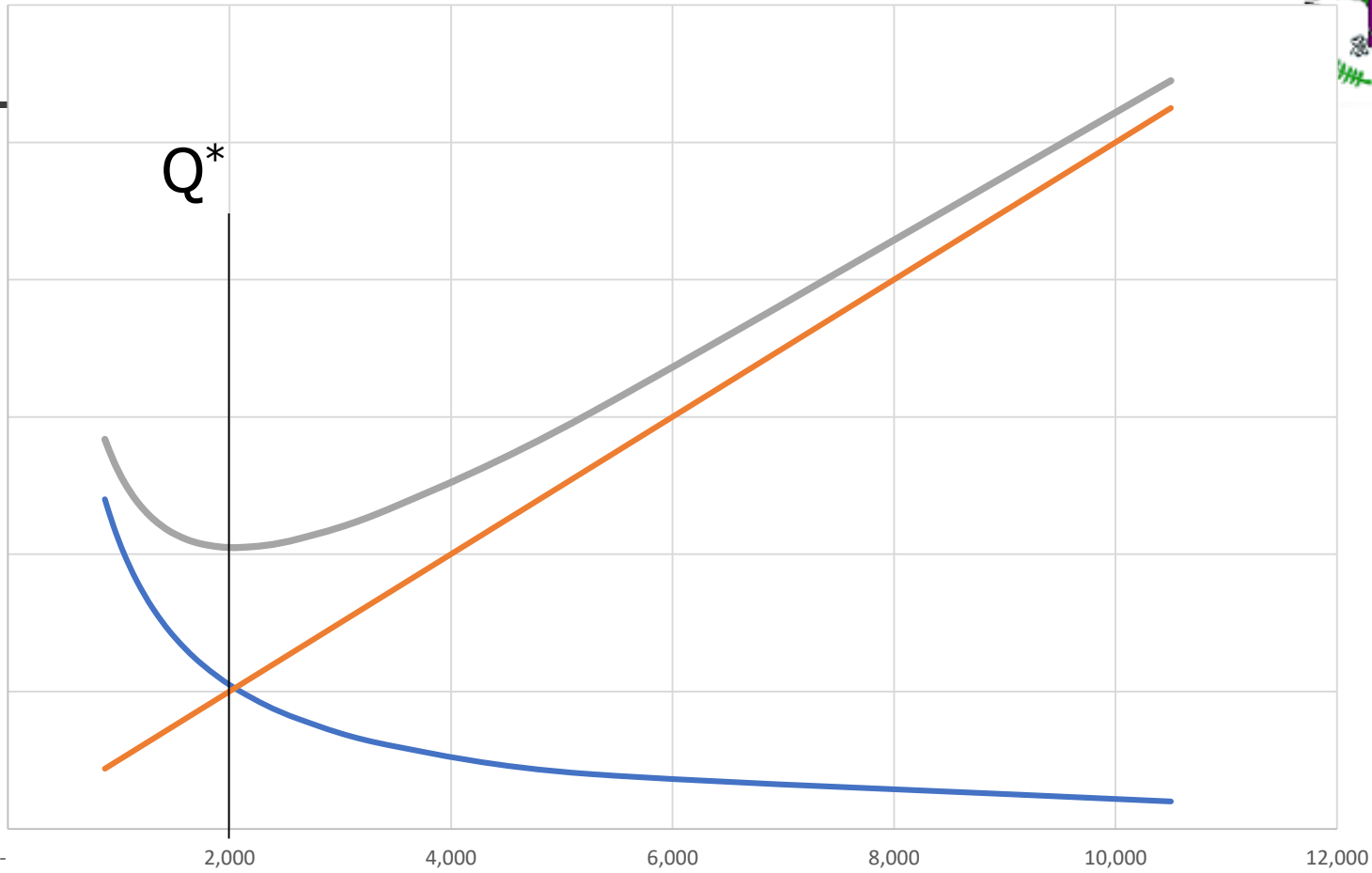
d	35				
Días año	300		Cp	100.00	
D	10,500	año	Ch	25%	Costo unitario
			Cu	2.00	
			Ch unitario	0.50	



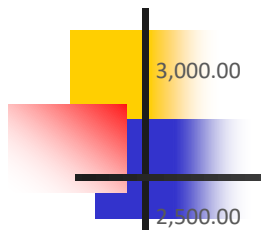
N	Q = D/N	P=Cp*N	H=Ch*Q/2	Ct=P+H
1	10,500	100.00	2,625.00	2,725.00
2	5,250	200.00	1,312.50	1,512.50
3	3,500	300.00	875.00	1,175.00
4	2,625	400.00	656.25	1,056.25
5	2,100	500.00	525.00	1,025.00
6	1,750	600.00	437.50	1,037.50
7	1,500	700.00	375.00	1,075.00
8	1,313	800.00	328.13	1,128.13
9	1,167	900.00	291.67	1,191.67
10	1,050	1,000.00	262.50	1,262.50
11	955	1,100.00	238.64	1,338.64
12	875	1,200.00	218.75	1,418.75



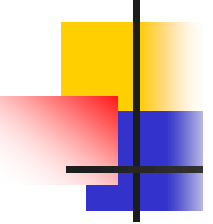
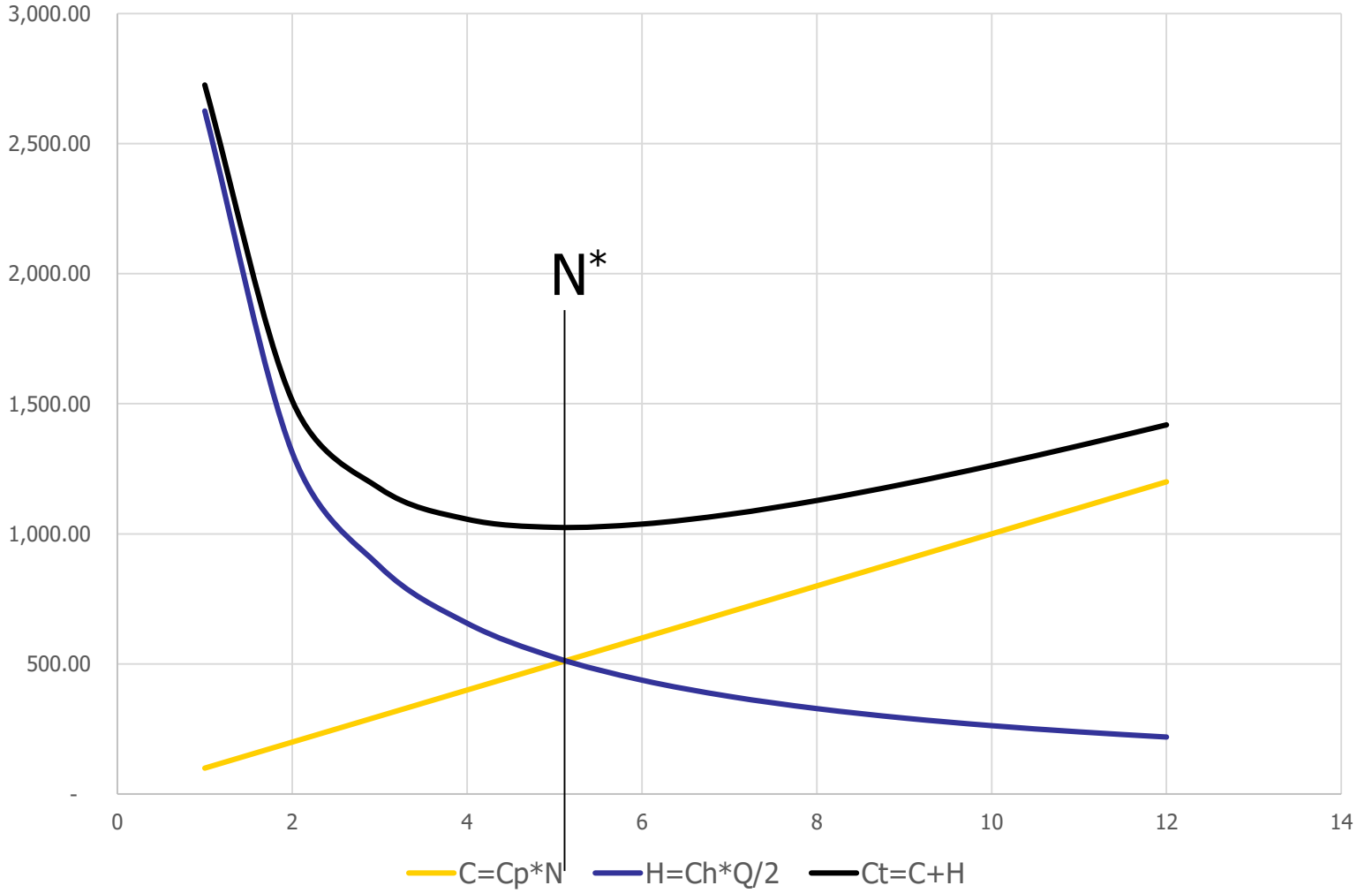
# Tamaño del lote



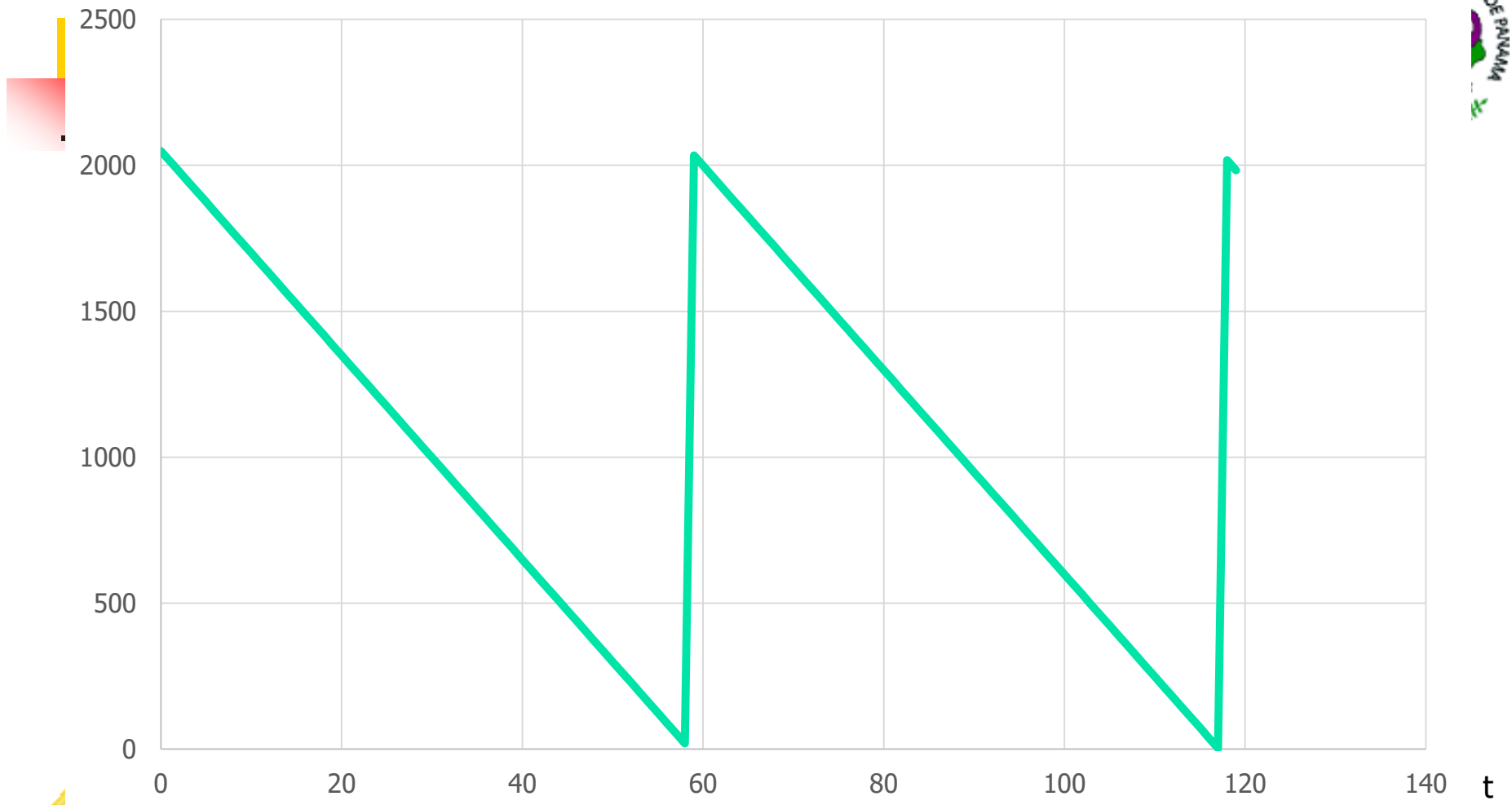
—  $C=C_p*N$  —  $H=Ch*Q/2$  —  $C_t=C+H$



# Cantidad de Pedidos



Q



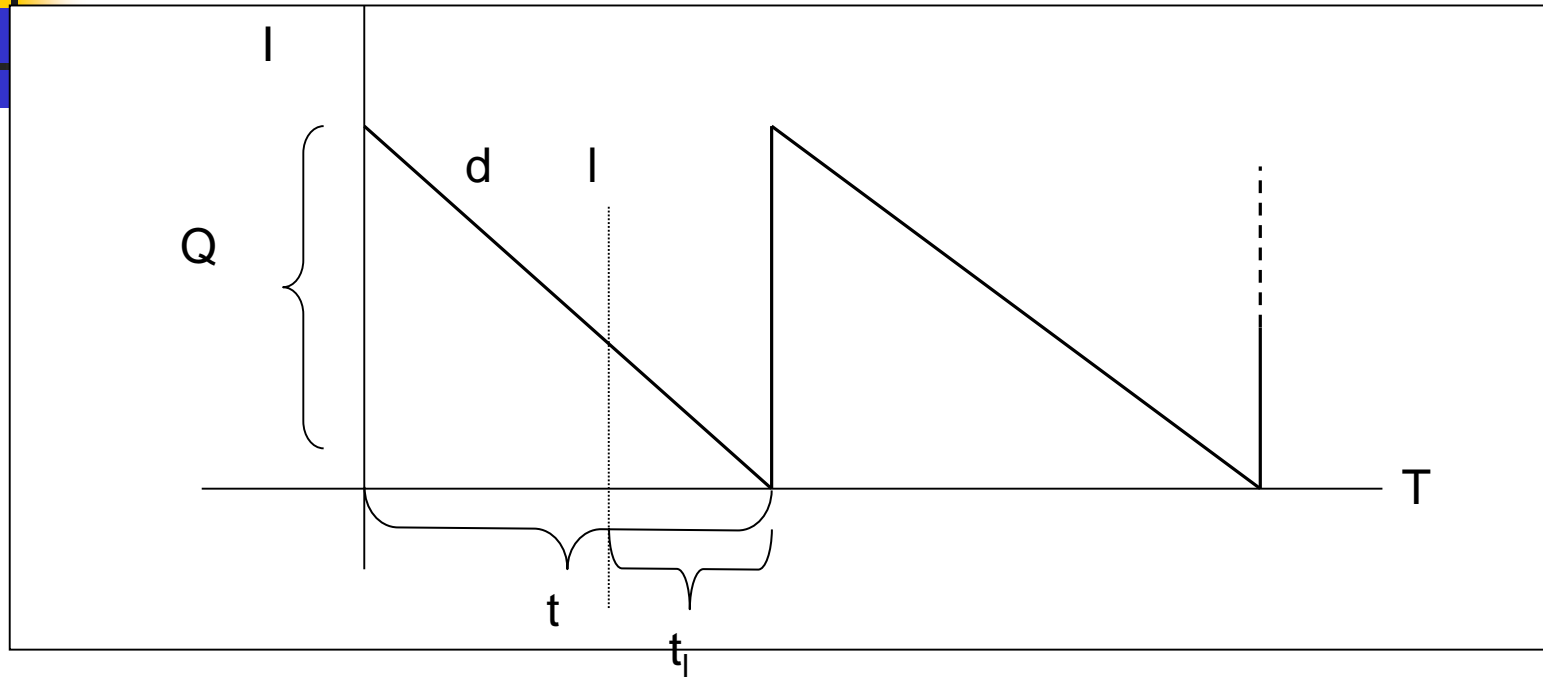
## El modelo

- Sea  $N$  el número de pedidos al año:  
 $D/Q$
- Sea el costo total de pedir  $C_p = CN$
- El costo de mantener estará dado por:  
 $H = C_h * (\text{Inventario promedio})$ , donde de acuerdo a la figura, el inventario promedio es  $Q/2$



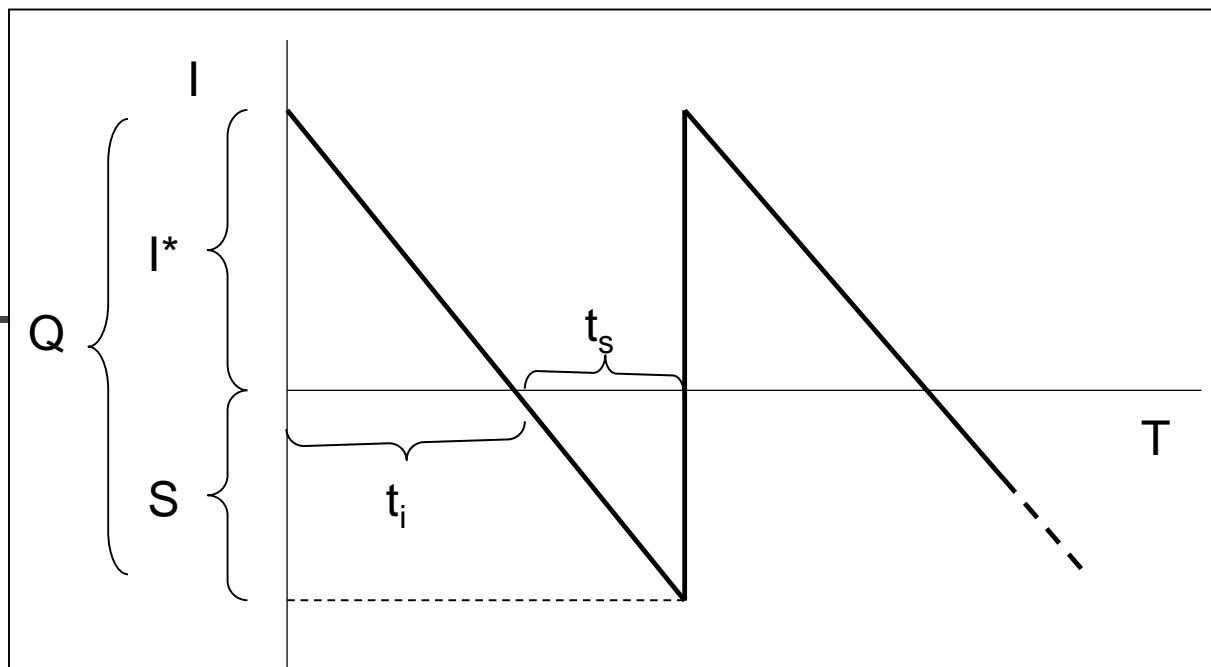


# Modelo básico EOQ (Reemplazo instantáneo)



Costo de la política = Costo Total de Pedidos + Costo promedio de mantener el inventario promedio.

$$C_T = C \frac{D}{Q} + H \frac{Q}{2}; \quad Q^* = \sqrt{\frac{2CD}{H}}$$



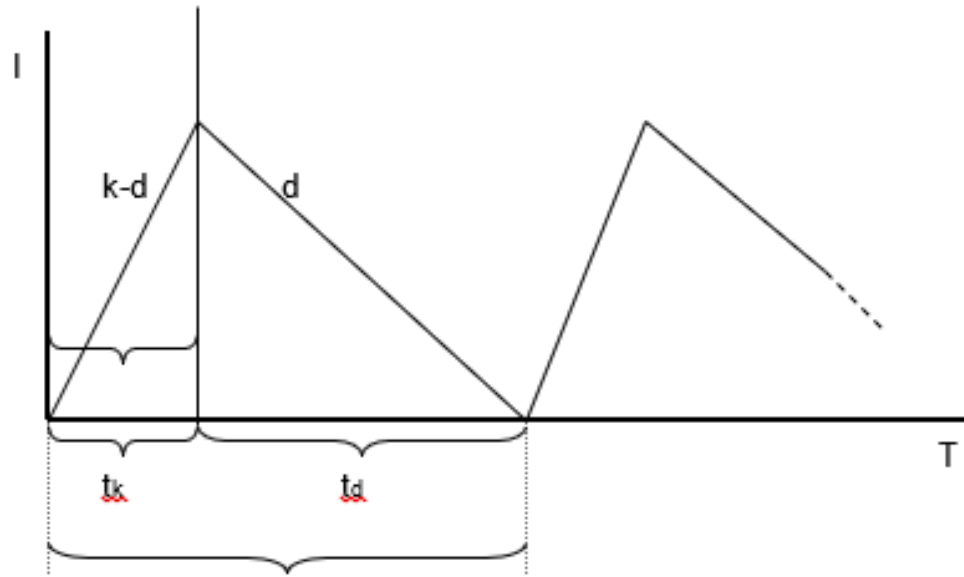
Se permite un faltante **S** con un costo de faltante **B**. El pedido total **Q** incluye tanto el inventario **I\*** que se consume en tiempo **t<sub>i</sub>**, y el faltante **S** que se acumula durante el tiempo **t<sub>s</sub>**.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CD}{H} \left( \frac{H+B}{H} \right)} ; \quad S^* = Q^* \left( \frac{H}{H+B} \right) ; \quad C_T = C \frac{D}{Q} + H \frac{(Q-S)^2}{2Q} + B \frac{K^2}{2Q}$$

$$I^* = Q^* - S^*$$



# Modelo EOQ con acumulación progresiva



Sea  $k$  la tasa de producción tal que  $k > d$  y  $C$  el costo de preparar los equipos para iniciar una tanda de producción del lote. El lote de tamaño  $Q$  se acumulará a una tasa  $k-d$  en tiempo  $t_k$ , mientras se consume a una tasa  $d$  en tiempo  $t_d$ . Finalmente, el tiempo entre ciclos estará dado por  $t = t_k + t_d$

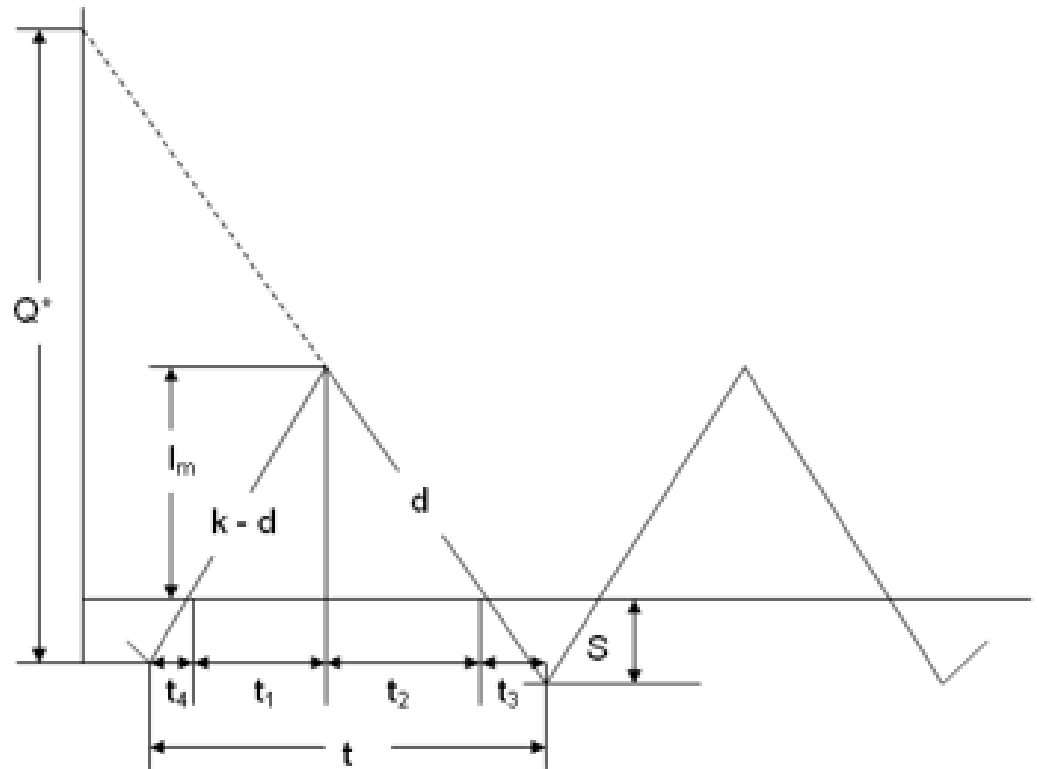
$$Q^* = \sqrt{\frac{2CD}{H(1-d/k)}}$$

$$C_T = C \frac{D}{Q} + \frac{H}{2} Q(1-d/k)$$



# Modelo de acumulación progresiva con faltantes

El inventario máximo  $I_m$  se acumula en un tiempo  $t_1 + t_4$  a una tasa dada por  $k - d$ . A esta tasa se permitirá acumular el déficit  $S$  y el inventario necesario para cubrir parcialmente las necesidades que se presenten en  $t_2$ , mientras que en el tiempo  $t_3$  se volverá a acumular el déficit permitido. Los costos de iniciar una tanda  $C$ , mantener el inventario  $H$  y déficit  $S$  son similares a los casos anteriores.



$$Q^* = \sqrt{\frac{2CD}{H(1-d/k)} \left(\frac{H+B}{B}\right)} \quad S^* = \sqrt{\frac{2CDH(1-d/k)}{(B+H)B}}$$

$$C_T = C \frac{D}{Q^*} + \frac{H}{2Q^*(1-d/k)} (Q(1-d/k) - S)^2 + \frac{BS^2}{2Q^*(1-d/k)}$$





# Ejemplo



- Supóngase que se tiene un proceso de producción bajo las siguientes características:
- Demanda 15,000 unidades al año
- Costo de iniciar una tanda: 10,000
- Costo de mantener una unidad al año: 20% del costo del producción de una unidad
- El costo de tener faltantes es del 30% del costo del producción de una unidad
- Costo de producción de una unidad: 1,000
- Tasa de producción anual 18,000 unidades



- El departamento de mantenimiento de un hospital cambia luces de neón a una tasa de 100 unidades diarias. Cuesta \$100 hacer una orden de compra. Se estima que una luz de neón en el almacén cuesta aproximadamente \$0.02 diarios. El tiempo de entrega, considerando el tiempo procesar el pedido y recepción es de 12 días
  - Determine la política óptima de pedido del hospital, considerando el cálculo del lote óptimo, el tiempo de pedido y el punto de reorden (nivel de inventario para hacer el próximo pedido)
  - Presente un bosquejo del comportamiento del inventario ¿Habrán pedidos pendientes dentro del sistema de compras?
  - ¿Cuánto es el costo de la política de inventarios?





## Descuentos por cantidad

---

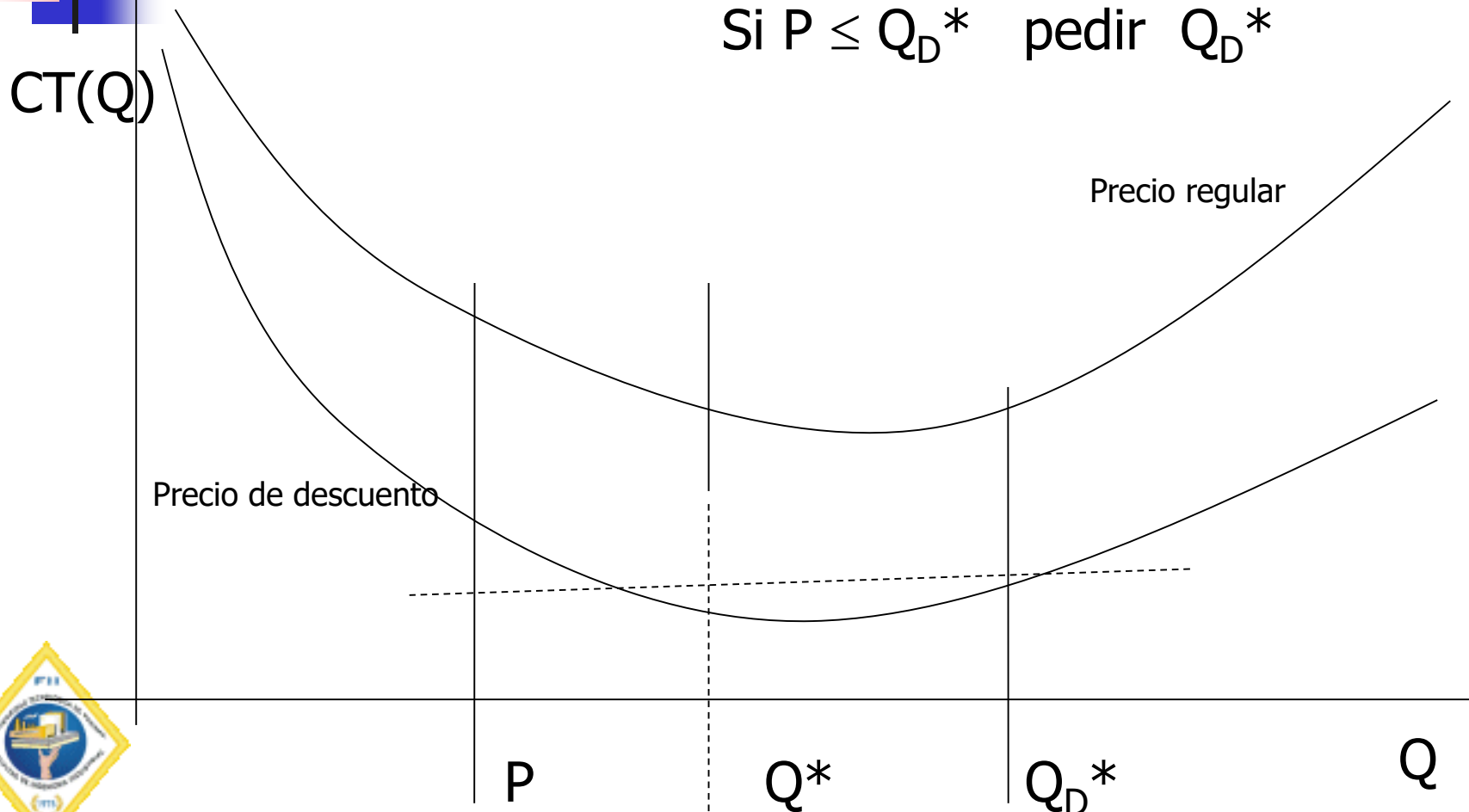
- En los modelos anteriores el costo unitario es constante
- El contexto cambia si se ofrecen descuentos por cantidad
- El descuento en general es un porcentaje del precio de compra
- El descuento se ofrece cuando se compra más de cierta cantidad  $P$



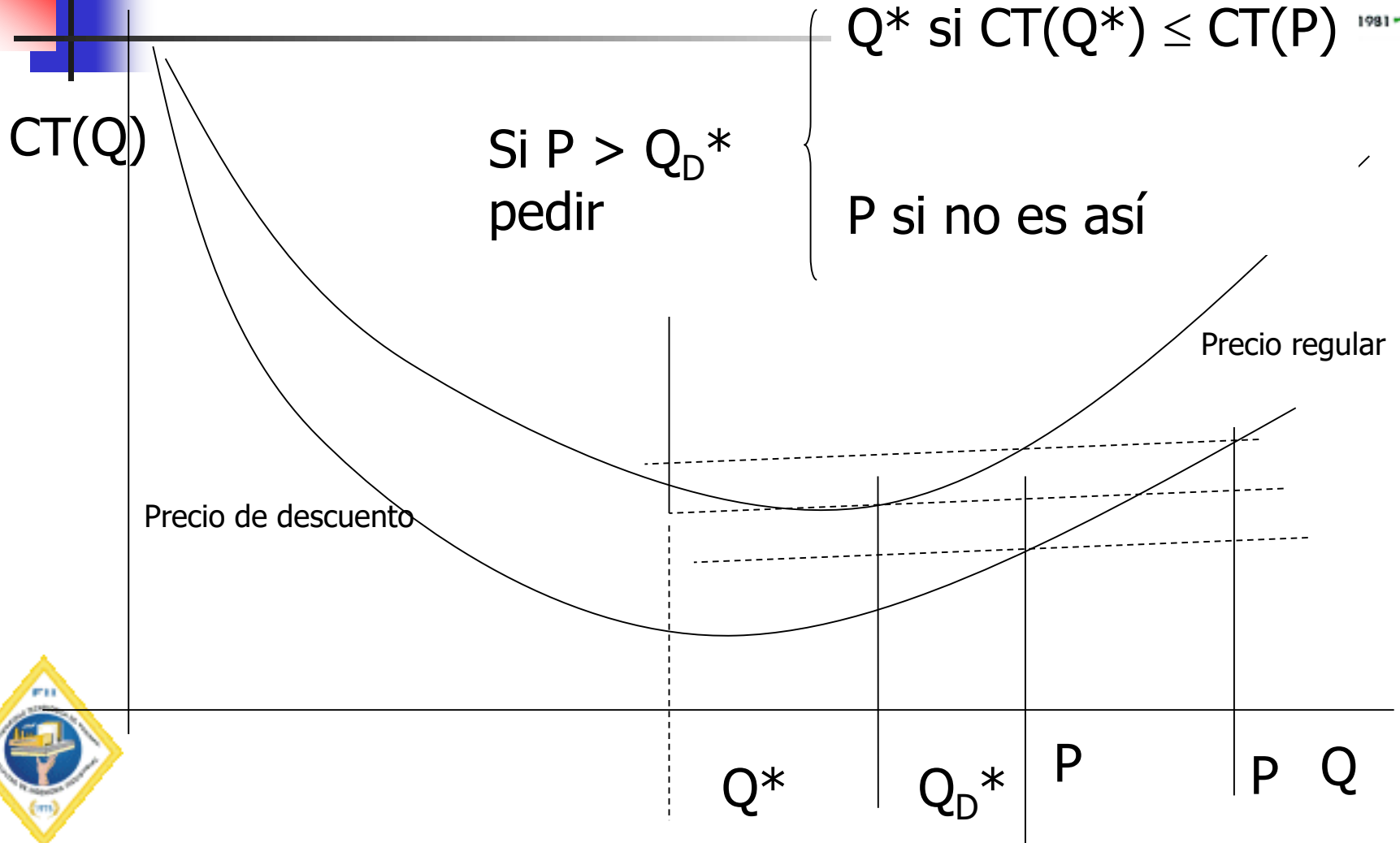


# Efecto del tamaño de P

Si  $P \leq Q_D^*$  pedir  $Q_D^*$



# Efecto del tamaño de P



# Ejemplo

- Supóngase el siguiente caso:
- Demanda de 5000 unidades al año
- Costo unitario \$5.00
- Costo de mantener 20% del costo unitario por unidad año
- Costo de pedir \$49
- Cuadro de descuento:

Categoría	Tamaño del lote	Descuento (%)	Costo unitario
1	0 a 999	0	5.00
2	1,000 a 2,499	3	4.85
3	2500 o más	5	4.75



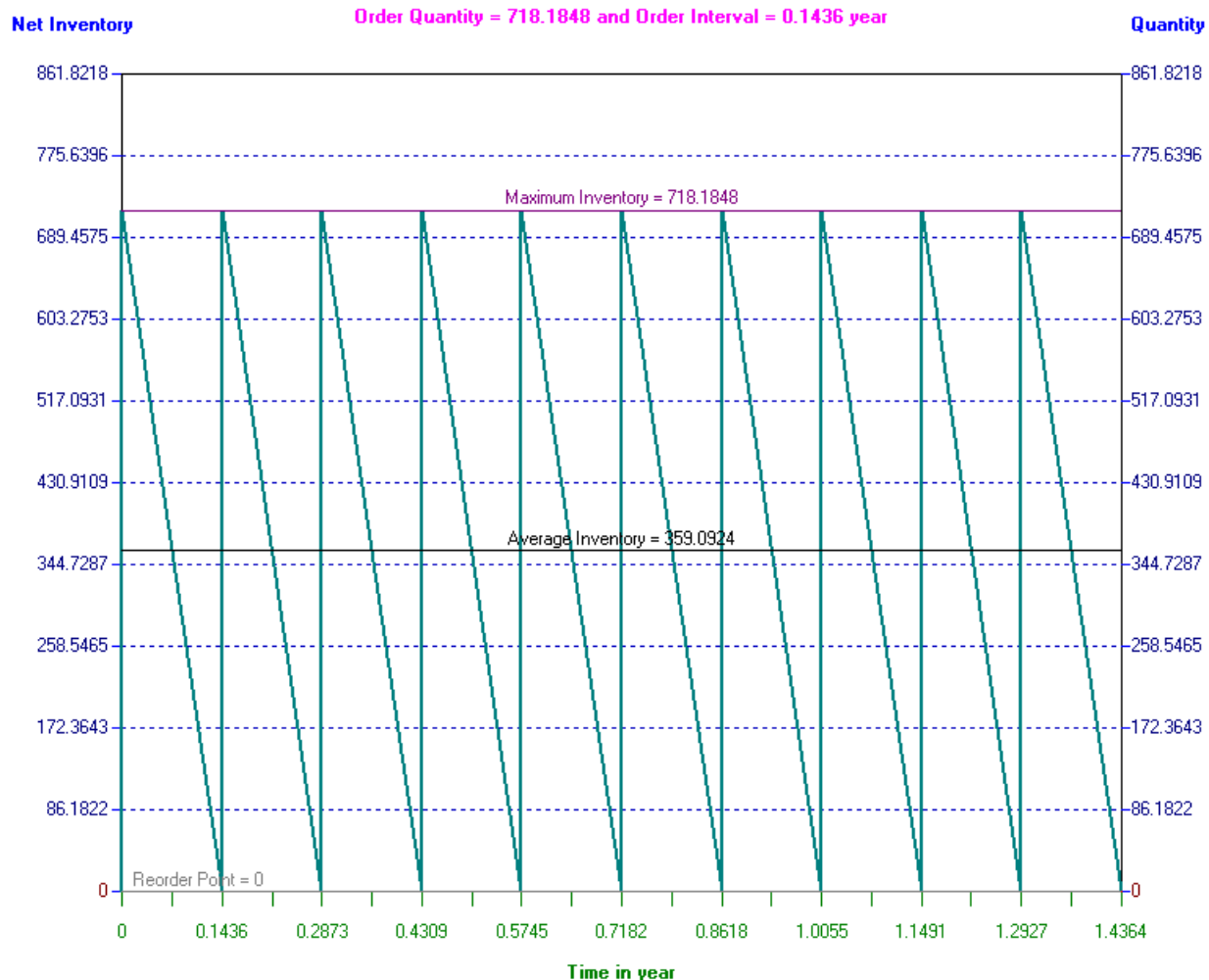
## Solución

Categoría	Tamaño del lote	Descuento (%)	Costo unitario	Q*d	Q	C(D)	C(P)	C(H)	CT(Q)
1	0 a 999	0	5	700	700	25,000.00	350.00	350.00	25,700.00
2	1,000 a 2,499	3	4.85	711	1000	24,250.00	245.00	485.00	24,980.00
3	2500 o más	5	4.75	718	2500	23,750.00	98.00	1,187.50	25,035.50

Política óptima, ordenar 1,000 unidades a un costo total de \$24,980.00



10-10-2009	Break Qty.	Discount %	EOQ	EOQ Cost	Feasibility	Order Qty.	Total Cost
0	0	0	700	\$25700.0000	Yes	700	\$25700.0000
1	1000	3	710.7423	\$24939.4200	No	1000	\$24980.0000
2	2500	5	718.1848	\$24432.2800	No	2500	\$25035.5000
**	Recommended	Order Qty. =	1000	Discount =	3%	Total Cost =	\$24980.0000



# EOQ con limitación de espacio de almacenamiento



- El modelo se aplica para el caso de  $n > 1$  artículos con comportamiento típico con abastecimiento instantáneo sin faltante.
- Sean:

$D_i$ : la demanda del producto  $i$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$

$P_i$ : el costo de procesar un pedido para el producto  $i$

$H_i$ : Costo unitario de almacenamiento por unidad de tiempo del producto  $i$

$Q_i^*$ : cantidad óptima de pedido de producto  $i$

$a_i$ : área de almacenamiento necesaria para una unidad de producto  $i$

$A$ : Área total disponible para el almacenamiento de los productos



- El costo total de la política se puede expresar como:

$$C_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i D_i}{Q_i^*} + \frac{H_i Q_i^*}{2} \right)$$

*Sujeto a:*

$$\sum_{i=1}^n a_i Q_i^* \leq A$$



- Optimizando a través de multiplicadores de Lagrange:

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2P_i D_i}{H_i - 2\lambda a_i}}$$

- Donde el multiplicador de Lagrange  $\lambda < 0$  en caso de minimizar
- La minimización debe cumplir que:

$$\sum_{i=1}^n a_i Q_i^* \leq A$$

- EOQ se determina a través de un proceso de ensayo y error.





# Ejemplo

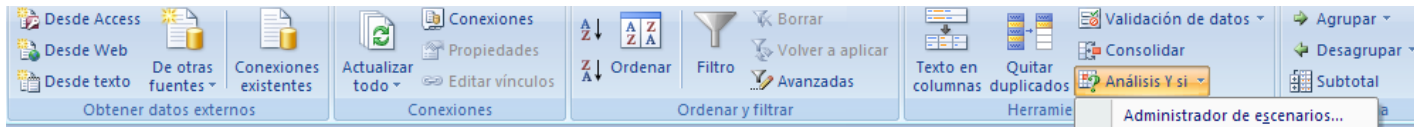
- Se tiene la siguiente información, donde el área máxima disponible es de 25m<sup>2</sup>. Se requiere encontrar el tamaño óptimo de lote de tal manera que se satisfaga la restricción de área disponible.

Artículo	P(\$)	D(unid/día)	H(\$/día)	a(m <sup>2</sup> )
1	10.00	2	0.30	1.0
2	5.00	4	0.10	1.0
3	15.00	4	0.20	1.0

- Por ensayo y error se tiene que  $\lambda = -0.348$  y,

Q	a
6.34	6.34
7.09	7.09
11.57	11.57





	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		Artículo	P(\$)	D(unid/día)	H(\$/día)	a(m <sup>2</sup> )		Q	a
4		1	10.00	2	0.30	1.0		11.55	11.55
5		2	5.00	4	0.10	1.0		20.00	20.00
6		3	15.00	4	0.20	1.0		24.49	24.49
7									56.04
8									
9				λ	0			Relación	-31.04
10				A	25 m <sup>2</sup>				
11									
12									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Artículo	P(\$)	D(unid/día)	H(\$/día)	a(m <sup>2</sup> )		Q	a	
		1	10.00	2	0.30	1.0		6.34	6.34	
		2	5.00	4	0.10	1.0		7.09	7.09	
		3	15.00	4	0.20	1.0		11.57	11.57	
										25.00
				λ	-0.34795649			Relación	0.00	
				A	25 m <sup>2</sup>					

**Buscar objetivo** ? X

Definir la celda:  📄

Con el valor:

Para cambiar la celda:  📄



# Modelo estocástico de un solo período



- También conocido como el problema del vendedor de periódico
- La demanda es incierta, con distribución  $f(X)$ , tal que  $X$  es una variable aleatoria representando la demanda donde  $D=E(X)$
- Si  $Q > E(X)$ , hay un costo unitario por excedente  $c(o)$ , de lo contrario hay un costo unitario  $c(u)$  de faltante.
- El objetivo es encontrar  $P(X \leq Q)$  y la utilidad de la política correspondiente



# Modelo estocástico de un solo período



## ■ Sean

- Q: cantidad a pedir
- P: precio de venta
- C: el costo unitario
- S: el costo de salvamento
- B: el costo de déficit
- $c(o)$ : costo unitario incremental del excedente =  $C - S$
- $c(u)$ : costo unitario incremental del faltante =  $P - C + B$

$$P(Q \leq X) = \frac{c(u)}{c(o) + c(u)}$$

$$Q = F^{-1}(X)$$

$$Q = -\lambda \ln\left(1 - \frac{c(u)}{c(o) + c(u)}\right) \text{ distr. exponencial}$$

$$Q = \mu \pm z\sigma, \text{ para } z = f\left(\frac{c(u)}{c(o) + c(u)}\right) \text{ distr. normal}$$

$$Q = a + (b - a)\left(\frac{c(u)}{c(o) + c(u)}\right) \text{ distr. uniforme}$$

$$\text{Utilidad} \begin{cases} PX - CQ + S(Q - X) \text{ si } X \leq Q \\ PX - CQ + B(X - Q) \text{ si } X < Q \end{cases}$$



## Ejemplo

- Una tienda de zapatos tiene una demanda uniforme de cierto modelo con intervalo entre 350 y 650
- Precio de cada par de zapato 30
- Costo de cada par de zapato 20
- Costo de faltante 10
- Valor de salvamento 10
- Costo de hacer un pedido 30



# Reemplazando

- $c(o) = 10$
- $c(u) = 20$
- Distribución uniforme: inventario promedio es de 500 unidades
- $P(X \leq Q) = 0.6667$
- $Q = 350 + (650 - 350) * 0.6667 = 550$



# En el caso de demandas discretas



- Se equiparan los inventarios a los posibles escenarios de demanda en una matriz conocida como matriz de pago.
- Se determina la mejor alternativa de inventario en función al mejor valor esperado

$$E(Q) = \sum_{i=1}^m p_i x_{i,j}$$

Donde  $i$ : número de escenarios de demanda

$j$ : número de escenarios de inventario

$p_j$ : probabilidad de ocurrencia de demanda  $j$

$x_{i,j}$ : resultado (retorno) del escenario de demanda  $i$ , para inventario  $j$ .

$\forall i=1, 2, \dots, m$  y  $j=1, 2, n$ , donde  $i=m$





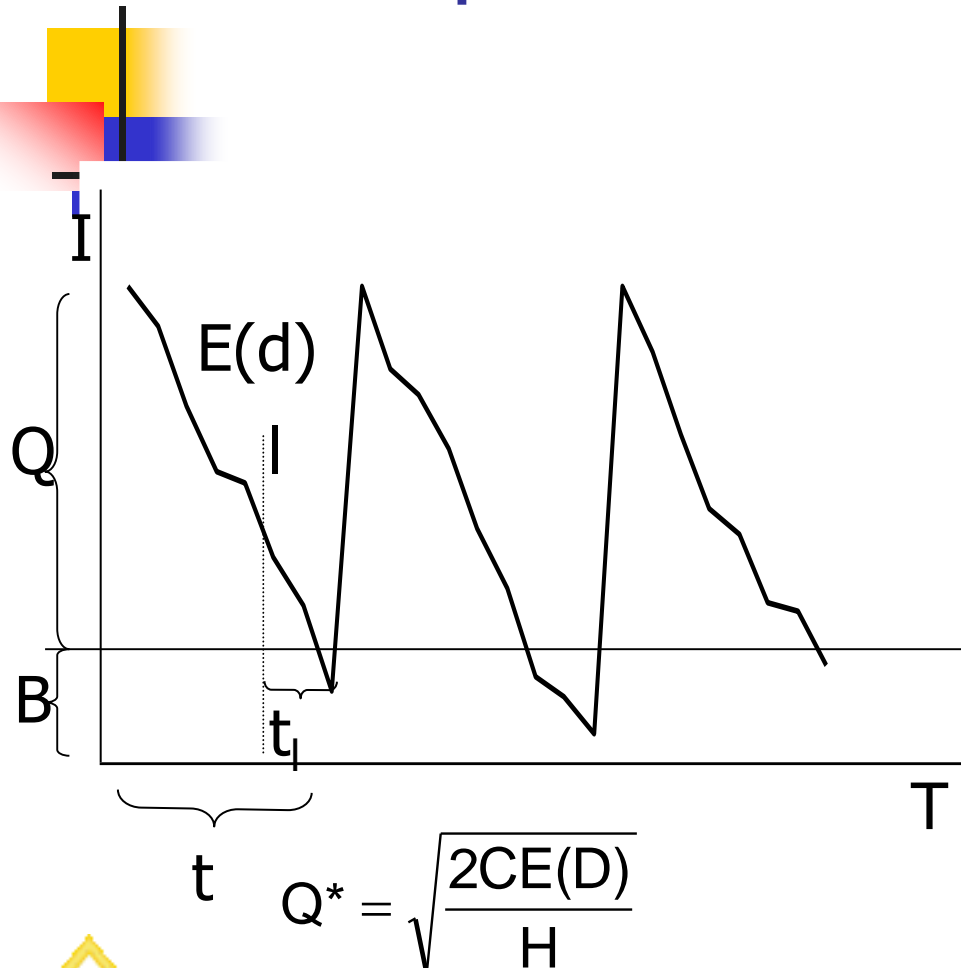
# Ejemplo

- Un vendedor de periódicos compra cada periódico a 30 centavos y lo vende a 75 centavos. Por cada periódico que no venda, lo puede disponer a un valor de deshecho de 35 centavos, pero se considera que cada venta perdida equivale a un estimado de 50 centavos.
- La probabilidad de demanda diaria se muestra a continuación:

<b>Demanda diaria</b>	<b>Probabilidad (%)</b>
0	10
50	15
100	25
200	35
300	10



# Modelos probabilísticos



- Dos enfoques: el inventario se revisa continuamente, o se asignan cantidades constantes en intervalos de tiempo
- Sea  $E(\mathbf{D})$  el valor esperado de la demanda total,  $E(\mathbf{d})$  el valor esperado de la demanda por unidad de tiempo y  $\sigma_d$  su desviación estándar.
- Al ser la demanda variable, hay que considerar que la tasa de agotamiento del inventario varía de tal manera que el consumo del mismo no puede modelarse linealmente.
- Para minimizar la incertidumbre, se incluye un inventario de seguridad  $\mathbf{B}$ .

$$B = z_\alpha \sigma_d \sqrt{t_l}$$

$$I = B + d_l$$

$$d_l = E(d)t_l$$



## Ejemplo

- Demanda diaria: normalmente distribuida con media 1,000 y  $\sigma$  de 200
- $C_p$ : 100
- $C_h$ : 1
- Días de trabajo 300
- $t_1$ : 15 días
- $\alpha = 95\%$



# Enfoques heurísticos para períodos múltiples



- Programación dinámica para encontrar el tamaño del lote
- Basados en la formulación:

$$\text{Min} \sum_{t=1}^m (vc_t x_t + sc_t y_t + hc_t s_t)$$

$$\text{s.t.} \quad s_{t-1} + x_t = d_t + s_t \quad \forall t \in T$$

$$x_t \leq sd_m y_t \quad \forall t \in T$$

$$x_t, s_t \geq 0; y_t \in \{0,1\} \quad \forall t \in T$$

Donde, para cualquier período t:

$d_t$  : demanda

$x_t$  : nivel de producción

$y_t$  : nueva tanda o pedido

$s_t$  : nivel de inventario

$vc_t$ : es el costo unitario

$sc_t$ : costo de pedir o de iniciar la tanda

$hc_t$ : costo promedio de mantener

$sd_t$ : inventario acumulado en t

T : horizonte de planeación.

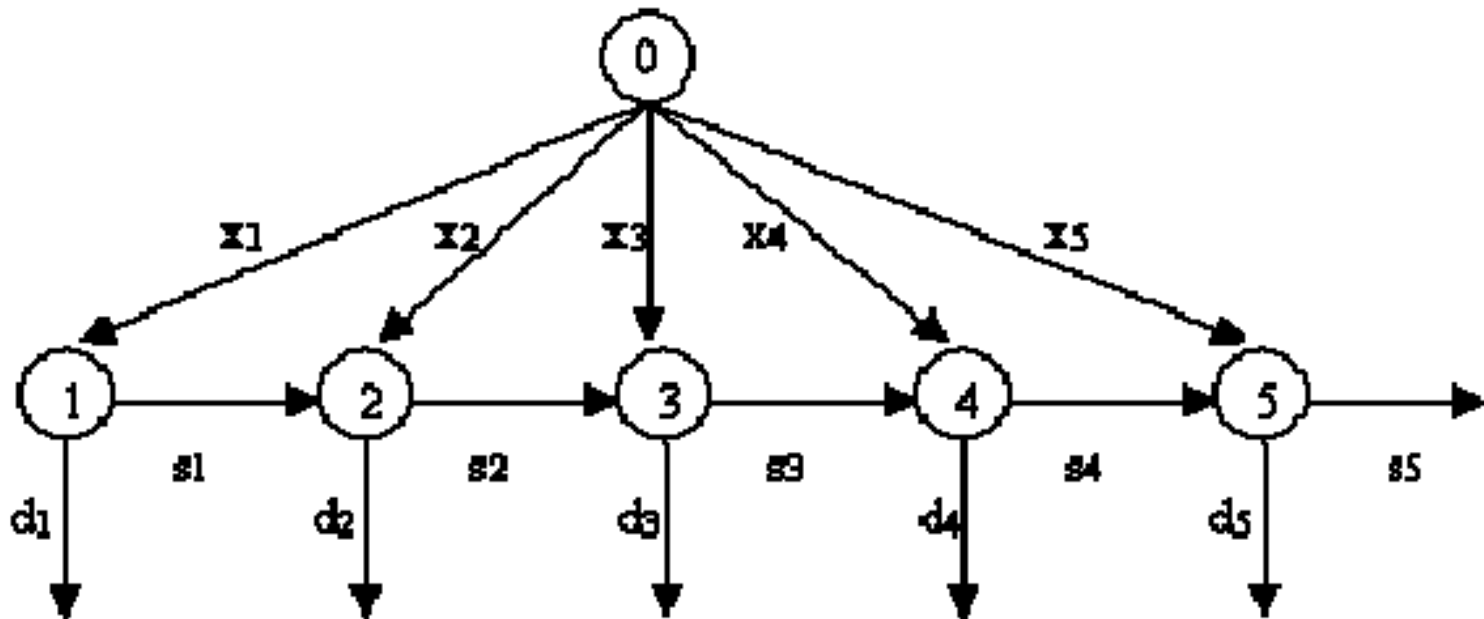
$$T = 1, 2, \dots, t, t+1, t+2, \dots, m$$



# Enfoques heurísticos para períodos múltiples



- Fue resuelto por primera vez por Wagner y Whitin en 1958
- Utiliza un enfoque de programación dinámica buscando un balance del costo óptimo por período.



# Kanban

- Es una palabra de origen japonés que en sí mismo no significa nada más que "carta", "documento", "signo" o "tarjeta".
- Sus fundamentos fueron desarrollados originalmente por Taiichi Ohno en Toyota Motor Corporation en 1947 (Manufactus GmbH, 2019).
- La idea nace cuando Ohno copia el proceso de rellenado de anaqueles en un supermercado al llenarse el carrito del cliente.
- Es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas.
- Son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas.
- ◀ ■ Está basado en la demanda y consumo del cliente, y no en la planeación de la demanda.



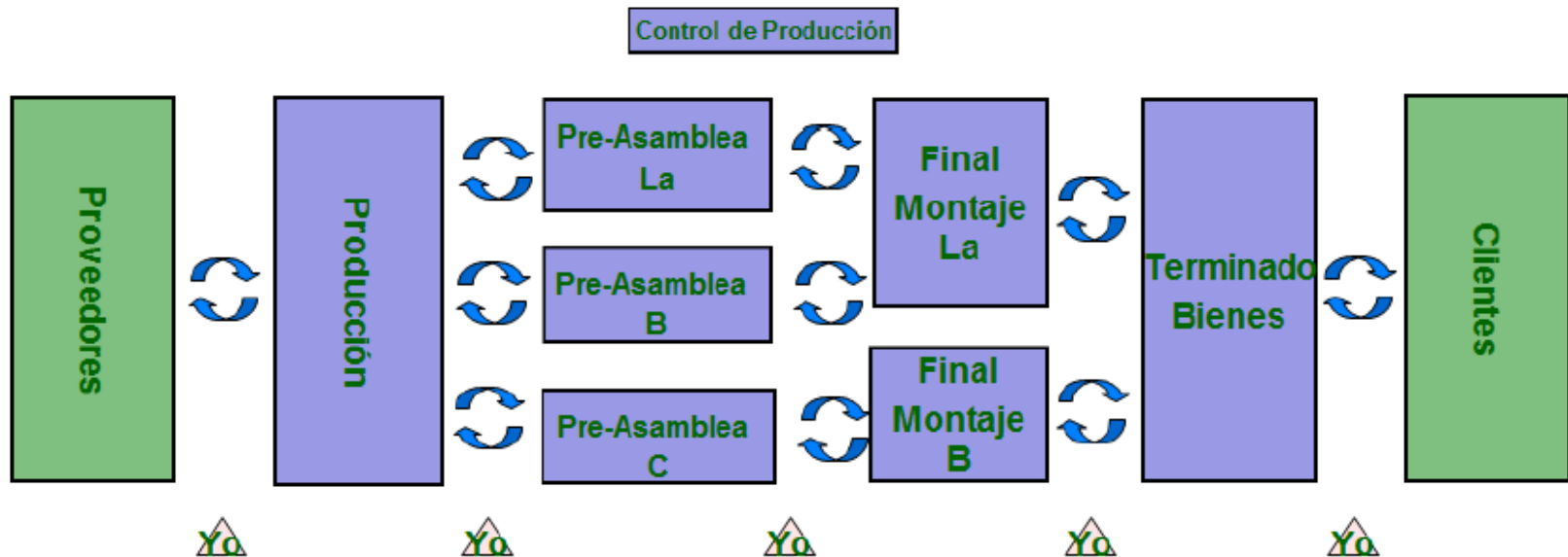


# Significado

- Es un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, la movilización de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull.
- Busca optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo con el comportamiento real de la demanda.
- El proceso logístico inicia con el pedido del cliente.
- Sería el sistema ideal por optimización de inventarios, pero conocer la demanda en tiempo real y flexibilizar la cadena para responder a las necesidades del consumidor es un proceso complejo.
- El orden material es impulsado por el consumo, esto significa sólo el consumo de la producción y el proceso de logística activan los puntos de reorden

# Cómo funciona

- El Kanban “jala” el inventario a través de centros de trabajo, utilizando tarjetas para señalar la necesidad de otro contenedor de material.
- La tarjeta es la autorización para que se produzca el siguiente lote de producción.
- Cada etapa de la producción informa a la etapa anterior de sus necesidades en tiempo real agilizando el proceso pull de producción.



# Objetivos:



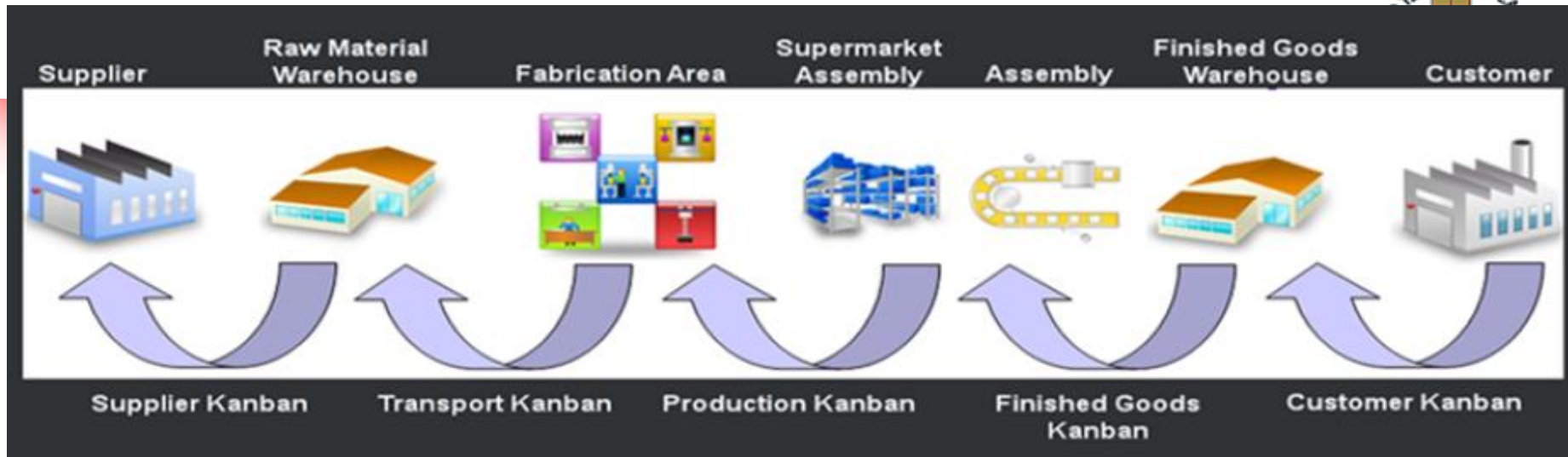
- Cuando es necesario estructurar el sistema de control de materiales y administración de la producción debido a la alta mezcla de productos y a los volúmenes cuando éstos tienden a ser menores.
- Los objetivos pueden resumirse en:
  - Evitar la sobreproducción.
  - Permitir trabajar con bajos inventarios.
  - Dar certidumbre a los clientes de recibir sus productos a tiempo.
  - Permitir fabricar sólo lo que el cliente necesita.
  - Proporcionar sistema visual que permite comparar lo que se fabrica, con lo que el cliente requiere.
  - Eliminar las complejidades de la programación de la producción

# Requisitos:

- Se utiliza cuando se han introducido las variables de:
  - Disponibilidad de equipo,
  - Orden y limpieza,
  - Cambios rápidos y lotes de producto mínimos,
  - Otras condiciones que se prestan para aplicar Kanban.
  - La producción debe ser nivelada y mezclada, de manera que casi siempre se deben fabricar los mismos volúmenes ya que no permite variabilidades de más del 15%-20% sin cambiar los parámetros de señalización.
  - Exista una mezcla de productos, de manera que permita utilizar diferentes rangos de colores por referencia en un mismo tablero, así el operario sabrá que referencia deberá fabricar en cada momento.



# Tipos de Kanban



<i>Proceso anterior:</i>	Pulido de rebaba
<i>Proceso posterior:</i>	Ensamble de suela y capellada
<i>Contenedor:</i>	Almacén proceso 2
<i>Referencia:</i>	F-026-39
<i>Nombre de la pieza:</i>	Suelas de EVA
<i>Tipo de calzado:</i>	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
<i>Capacidad del contenedor</i>	<i>Tipo de contenedor</i>
40 unidades	A

Kanban de retiro

<i>Proceso:</i>	Ensamble de suela y capellada
<i>Depositar piezas en:</i>	Almacén proceso 2 (AI-2)
<i>Referencia:</i>	F-026-39
<i>Nombre de la pieza:</i>	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
<i>Cantidad a producir</i>	
40 unidades	

(b) Kanban de producción

## Cómo se utiliza



- El sistema de entrada consta de un tablero en el que se depositan las tarjetas (señales).
- El tablero se sitúa de manera que el operario lo pueda ver con facilidad desde su posición normal o habitual.
- Cada tarjeta está asociada a un contenedor o unidad de almacenamiento.
- En caso de que el contenedor esté vacío, la tarjeta deberá estar en el tablero, en caso contrario y está lleno, la tarjeta deberá acompañar al contenedor.

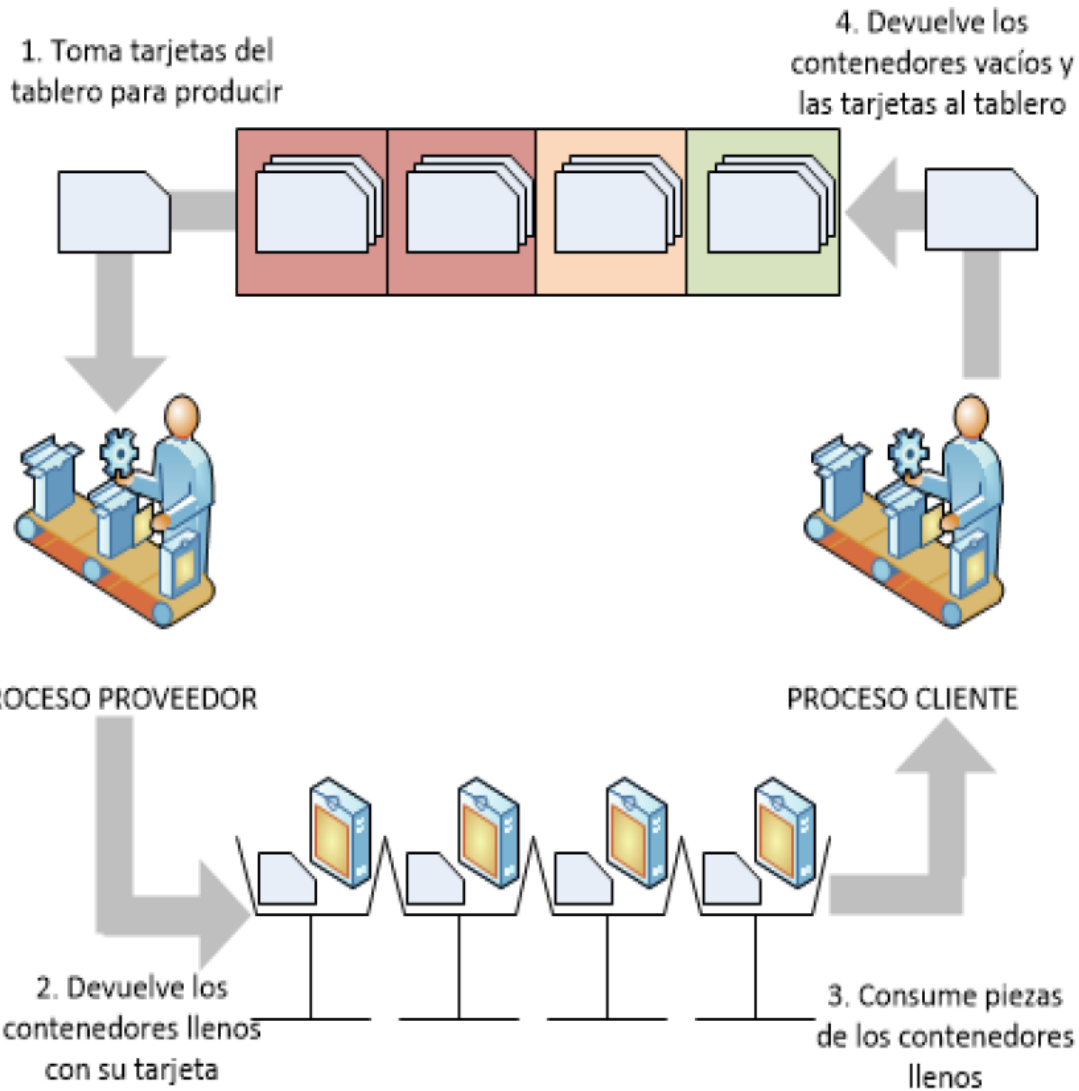


# Cómo se utiliza

- En caso de que el tablero se encuentre lleno de tarjetas, no quedan piezas en inventario y es importante producir unidades (zona roja del tablero).
- Si las tarjetas están en la zona amarilla o verde del tablero, significa que quedan unidades en inventario y que probablemente no sea necesario producir.
- Si el proceso proveedor inicia la producción, toma la tarjeta del tablero y la coloca en el contenedor en el que irá depositando las unidades correspondientes al lote.
- Una vez que analiza, ubica el contenedor en el almacén intermedio.
- La cantidad de tarjetas y contenedores entre procesos no se determinan de manera arbitraria, sino en función de los parámetros del sistema de producción.



# Ciclo Kanban







# Procedimiento

- 1. Seleccionar los productos que se van a producir mediante Kanban.
- 2. Calcular la cantidad de piezas por Kanban (tamaño del lote).
- 3. Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar. El contenedor puede variar por referencia.
- 4. Calcular el número de contenedores por referencia (curva de producción) y la secuencia pitch o tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente unidad .
- 5. Dar seguimiento (WIP o SWIP).
  - SWIP o Standardized Work in Process: es el inventario en proceso necesario para mantener el flujo de una unidad y se determina como  $(\text{tiempo manual} + \text{tiempo}) / (\text{Takt Time})$



# Algunas definiciones:



- Lead time: es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.
- Tiempo de ciclo: es el tiempo que transcurre cuando se inicia una operación específica y esta termina.
- Takt time: es el tiempo medio entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente, cuando dichos inicios son establecidos para coincidir con la tasa de la demanda del cliente. Es el tiempo entre producto o servicio consecutivos.
- El Takt time se determina como:

$$T = \frac{\textit{Tiempo disponible por período o turno}}{\textit{Demanda por cliente}}$$



# ¿Cómo se calcula el número de partes y contenedores por Kanban?



- Para determinar la cantidad de piezas por Kanban, también conocido como Inventario Total Requerido (ITR), se aplica la siguiente ecuación:

$$(ITR) = D * TE * U * \%VD$$

- Donde:

- D = Demanda por horizonte de tiempo
- TE = tiempo de entrega de las mismas unidades del horizonte de demanda
- U = Número de ubicaciones (almacenes intermedios)
- %VD = Nivel de variación de la demanda. Es la desviación estándar de la demanda sobre su promedio  $\left(1 + \frac{\sigma}{\bar{X}}\right)$ .

- El número de contenedores en el ciclo Kanban es función de la capacidad de los mismos:

$$\text{Número de contenedores} = \frac{\text{Inventario total requerido}}{\text{Capacidad del contenedor}}$$

- En el sitio listado, se podrá encontrar una calculadora Kanban:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/calculadoras/calculadora-kanban/>

# Ejemplo

- Se desea implementar Kanban entre los procesos A y B de un sistema de producción. Los requerimientos de materiales del proceso B en el último año son los siguientes y se espera utilizar recipientes de 20 unidades. El tiempo de entrega del lote o Kanban es de 1 semana. Se deben calcular las piezas por Kanban y el número de recipientes a utilizar.

Mes	Demanda
Enero	1200
Febrero	1500
Marzo	1400
Abril	1800
Mayo	1200
Junio	1600
Julio	1300
Agosto	1500
Septiembre	2000
Octubre	1800
Noviembre	1900
Diciembre	1300



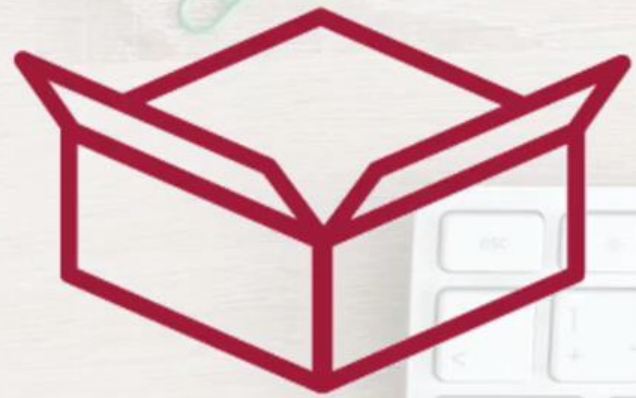
# Calculadora Kanban



CALCULADORA KANBAN	
<i>Unidad de tiempo</i>	<i>Meses</i>
<i>Meses</i>	<i>Demanda</i>
1	1200
2	1500
3	1400
4	1800
5	1200
6	1600
7	1300
8	1500
9	2000
10	1800
11	1900
12	1300
<i>Demanda mensual (promedio)</i>	1542
<i>Tiempo de entrega en Meses</i>	0.23
<i>Número de ubicaciones (Almacenes)</i>	1
<i>Nivel de variación de la demanda</i>	1.1726
<b><i>Inventario Total Requerido -ITR (Piezas por kanban)</i></b>	<b>416</b>
<i>Capacidad del contenedor (unidades)</i>	20
<i>Número de contenedores requeridos</i>	21



**20mil**  
productos.com  
Todo en material de oficina y papelería





# Sistemas Justo a Tiempo

---



# ¿Qué es?



- Es un sistema de organización de la producción de origen japonés.
- También conocido como *Método Toyota*, permite reducir costos, especialmente de inventario de materia prima, partes para el ensamblaje, y de los productos finales.
- La esencia de JIT es que los suministros llegan a la fábrica, o los productos al cliente, "justo a tiempo", eso siendo poco antes de que se usen y solo en las cantidades necesarias.
- Permite reducir el costo de la inversión en inventarios, y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias.
- No se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales.





# En qué consiste

---



- Es una filosofía de eliminación de todo lo que implique desperdicio o despilfarro en el proceso de producción desde las compras hasta la distribución.
- Los tiempos de producción son disminuidos considerablemente, ya que al producir en pequeños lotes, llevando un control que permite en cualquier momento modificar el proceso que está causando la desviación.





## Objetivos:

---

- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad tanto en el flujo como en el control de los materiales.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.



# Justo a Tiempo o Inventario Cero

- Consiste en tener sólo el inventario necesario para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes, y presenta los beneficios y riesgos que se mencionan a continuación.
- **Beneficios:**
  - Reduce el capital de trabajo
  - Ahorro en costo de oportunidad
  - Evitar la obsolescencia de insumos o productos
  - Reducir el capital humano
  - Reducir el tamaño de los almacenes
- **Riesgos:**
  - Personal altamente calificado
  - Puede romperse la distribución
  - Posibles retrasos en los despachos
  - Incumplimiento a clientes

