



.//02

Introducción a las Tecnologías de Gestión_

Proceso productivo

./Autores



• Iver Pirosanto

INGENIERO INDUSTRIAL

INTI-Mar del Plata

• Guillermo Javier Wyngaard

INGENIERO QUÍMICO

INTI-Mar del Plata

• Laura Owczarczyn

LICENCIADA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

INTI-Entre Ríos

• Marcos Rodríguez

INGENIERO MECÁNICO

Coordinador Unidad Técnica de Mejora
de la Productividad Industrial

INTI-Extensión y Desarrollo

COLABORADORES_

Claudia Shinzato | Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Leonardo Grasso | INTI - Diseño Gráfico y Multimedia

Pamela Armas | INTI - Diseño Gráfico y Multimedia

Analía Ibáñez | INTI - Extensión y Desarrollo

AGRADECIMIENTOS_

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Asociación de Becarios de Japón en Argentina (ABJA)

ILUSTRACIONES_

Carlos Junowicz



./Indice

• TEMA 1

PÉRDIDAS DE LA PRODUCCIÓN

Desperdicios en la producción	9
Actividades que agregan valor y que no agregan valor	10
Conocimiento de la existencia de pérdidas	10
Pérdidas provenientes de sobreproducción	11
Pérdidas provenientes de stock disponible innecesario	12
Pérdidas provenientes de transporte	13
Pérdidas provenientes de defectos de producción	14
Pérdidas provenientes de trabajos innecesarios o métodos de procesamiento	15
Pérdidas provenientes de movimientos innecesarios	16
Pérdidas provenientes a tiempos de espera	16
Interrelación entre pérdidas	17
Estudio de las actividades	17
Ejercicios prácticos	18

• TEMA 2

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

¿Qué es el layout?	21
¿Cuándo es necesario aplicar un estudio de layout?	21
Factores que influyen en la distribución en planta	22
Formatos básicos de distribución en planta	22
Distribución por procesos	22
Ventajas y desventajas	23
Distribución por productos	23
Ventajas y desventajas	24
Distribución por posición fija	25
Ventajas y desventajas	26
Distribución híbrida o por celdas de fabricación	26
Diferencias en planta según Toyota	27
Diferencias entre los tipos de distribución	28
Herramientas prácticas para el diseño de un layout	28
Ejercicios prácticos	31

• TEMA 3

ESTUDIO DEL TRABAJO

Introducción	35
Estudio de Métodos	35
Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos	36
Beneficios del Estudio de Métodos	38
Medición del Trabajo	38
Composición del tiempo total de un trabajo	38
Técnicas básicas para la medición del trabajo	40
¿Qué es el estudio de tiempos?	40
Estándar de tiempo	40
Estudio de tiempos medidos	41
Procedimiento básico para realizar una Medición del Trabajo	41
Acciones para reducir el Tiempo Improductivo	42
Ejercicios prácticos	43

• TEMA 4

PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Introducción	47
Programación y Control de la Producción	47
Planeamiento de Requerimiento de Materiales	48
Introducción	48
Objetivos del MRP	48
Fuentes de información y funcionamiento del MRP	48
Principios del sistema MRP	51
Limitaciones del sistema MRP	51
Programación de carga de trabajo	51
Diagrama de Gantt	51
Teoría de Restricciones (TOC)	52
Justo a tiempo (JIT)	53
Ejemplo de un sistema Pull	56
Ejercicios prácticos	57

• TEMA 5

GESTIÓN DE INVENTARIOS

Gestión de inventarios	61
¿Qué es el inventario o stock?	61
Composición de los stocks	61

Función del Inventario	62
La necesidad de los inventarios	62
¿Por qué es necesario mantener bajos niveles de inventario	63
Sistemas de producción	63
Comportamiento del stock	64
Gráfico de dientes de sierra	65
Factores que intervienen en la gestión del inventario	67
Control de Inventario: Sistema ABC	68
Ejercicios prácticos	69

• TEMA 6

SMED

Introducción	73
Ventajas del SMED	74
Principales errores en una Puesta a Punto	74
Aplicación de SMED	75
Fase Preliminar: Estudio de la operación de cambio	75
Primera Fase: Separar tareas internas y externas	76
Segunda Fase: Convertir tareas internas en externas	76
Tercera Fase: Optimizar las tareas internas y externas	76
Resumen	77
Ejercicios prácticos	78

• TEMA 7

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Objetivos	81
Mejora continua	82
Mantenimiento Autónomo	82
Mantenimiento planificado	83
Mantenimiento de Calidad	83
Prevención de mantenimiento	83
Mantenimiento en áreas administrativas	83
Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación	83
Gestión del Mantenimiento	83
Ejercicios prácticos	85

Tema
././01


Pérdidas de la Producción_

Desperdicios en la producción

A lo largo de la cadena de cualquier proceso productivo, existen diversas actividades que causan o generan desperdicio. Se refiere a todos aquellos recursos físicos utilizados durante la ejecución de las operaciones (espacio, tiempo, materiales) que no agregan valor al producto. Se puede considerar que el tiempo consumido o utilizado en la fabricación de cualquier producto está compuesto por:

$$\text{Tiempo de Producción} = \text{Actividades que Agregan Valor} + \text{Desperdicio (o pérdida)}$$

Dentro de cada una de las operaciones que se realizan en el proceso, tanto productivo como administrativo, se deben buscar lo que los japoneses llaman las "3 M", denotando las causas que generan desperdicios.

- **Muri (Exceso):** se refiere a buscar sobrecargas o sobreexigencias en trabajadores y máquinas.
- **Mura (Desigualdad):** las variaciones en los procesos deben evitarse. Es deseable que las condiciones de operación y mantenimiento permanezcan constantes a lo largo del tiempo. Asimismo la nivelación de la producción permite mantener un esquema de trabajo constante al fabricar día a día toda la gama de productos.
- **Muda (Desperdicio):** son todos los recursos que la empresa utiliza cuyos costos no pueden transferirse al cliente, es decir, no forman parte del producto/servicio.

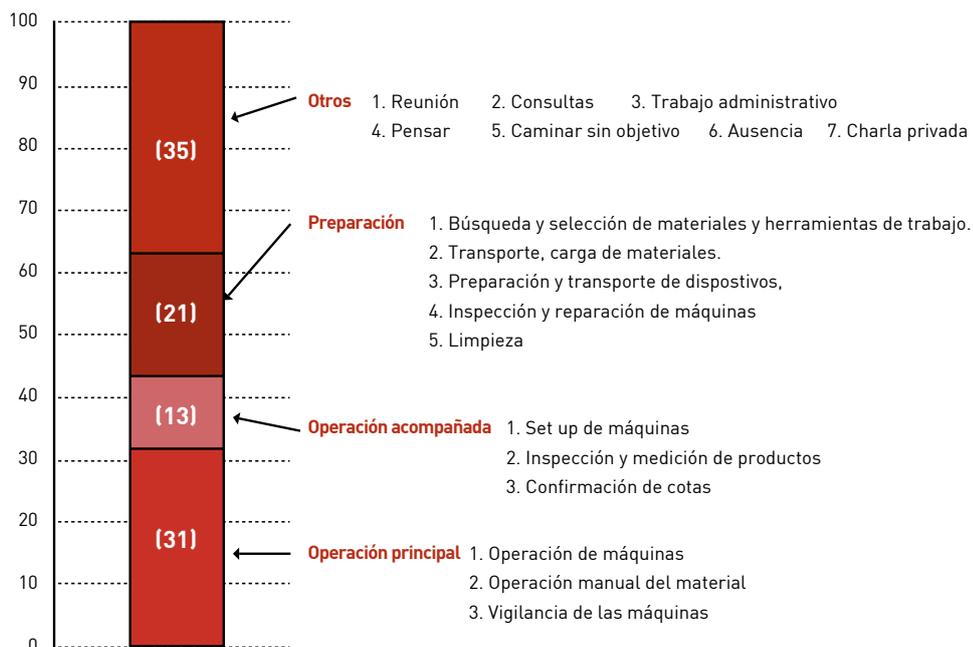


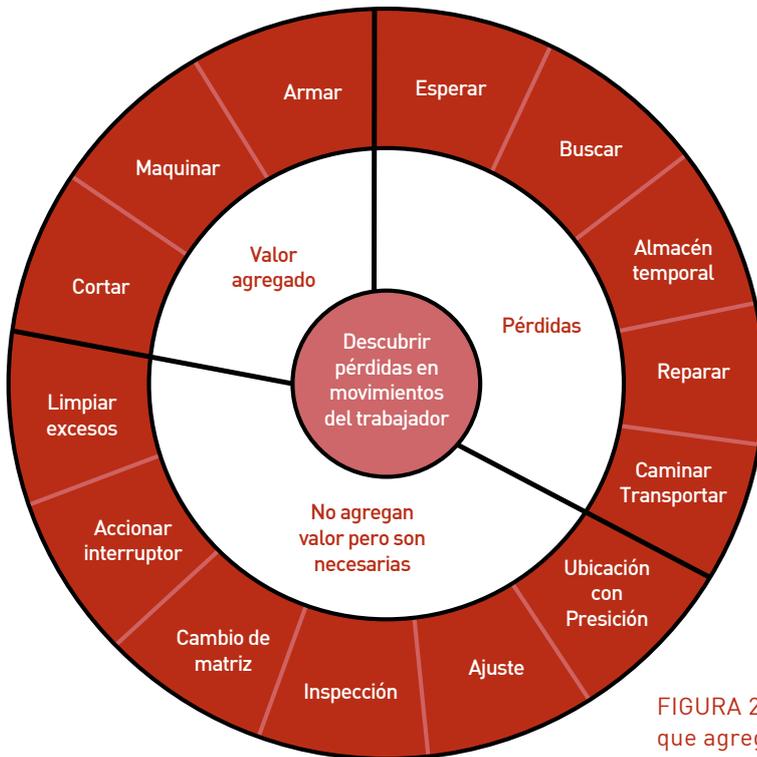
FIGURA 1_ Ejemplo de un análisis de la distribución de tiempos de los trabajadores.

Actividades que agregan valor y que no agregan valor_

El conjunto de actividades que se llevan a cabo dentro de la organización, con el fin de ejecutar el proceso productivo, puede ser clasificado en las siguientes 3 categorías:

- Actividades que agregan valor
- Actividades que no agregan valor pero son necesarias
- Actividades que generan desperdicio o pérdida

Veamos el siguiente ejemplo:



- Se deben optimizar aquellas operaciones que agregan valor
- Se deben reducir al máximo aquellas actividades que si bien son necesarias, no agregan valor.
- Se deben eliminar las pérdidas totalmente.

Toyota descubrió que, "Se puede aumentar la productividad por eliminar pérdida del tiempo de los trabajadores".

FIGURA 2_ Ejemplo de actividades que agregan y no agregan valor.

Conocimiento de la existencia de pérdidas_

El sistema de producción de TOYOTA aspira a la eliminación total de pérdidas. Dicen que "la ganancia de un fabricante se encuentra en cómo fabrica las cosas".

Esto refleja su filosofía de lograr reducciones de costos a través de la eliminación de operaciones que provocan pérdidas.

Hay muchos tipos de pérdidas.

En TOYOTA, con el objetivo de reducir el tiempo de ciclo y mejorar la cantidad producida, dividen las pérdidas en las siguientes siete categorías:

- ▲01. Pérdidas provenientes de sobreproducción.
- ▲02. Pérdidas provenientes de stock disponible innecesario.
- ▲03. Pérdidas provenientes de transporte.
- ▲04. Pérdidas provenientes de defectos de producción.
- ▲05. Pérdidas provenientes de trabajo innecesario o método de procesamiento.
- ▲06. Pérdidas provenientes de movimiento innecesario.
- ▲07. Pérdidas provenientes de tiempos de espera.

Algunos autores agregan categorías adicionales, sin modificarse el sentido. Esta aproximación es la original y se considera conceptualmente la más clara.

01. Pérdidas provenientes de sobreproducción_

Se refiere a producir más de lo que requiere el próximo proceso o más temprano de cuando debiera ser recibido.

Las causas pueden ser varias:

- Desconocimiento del cuello de botella
- Producción en grandes lotes
- Problemas de calidad
- Largos tiempos en la preparación o cambio de máquinas
- Problemas de producción
- Excesiva capacidad de planta, máquinas y/o equipos.

Este desperdicio debe ser considerado el más peligroso de todos. Esto se debe a que un aumento en el volumen de producción puede desencadenar un círculo vicioso que deteriora la situación de la empresa (ver figura 3).

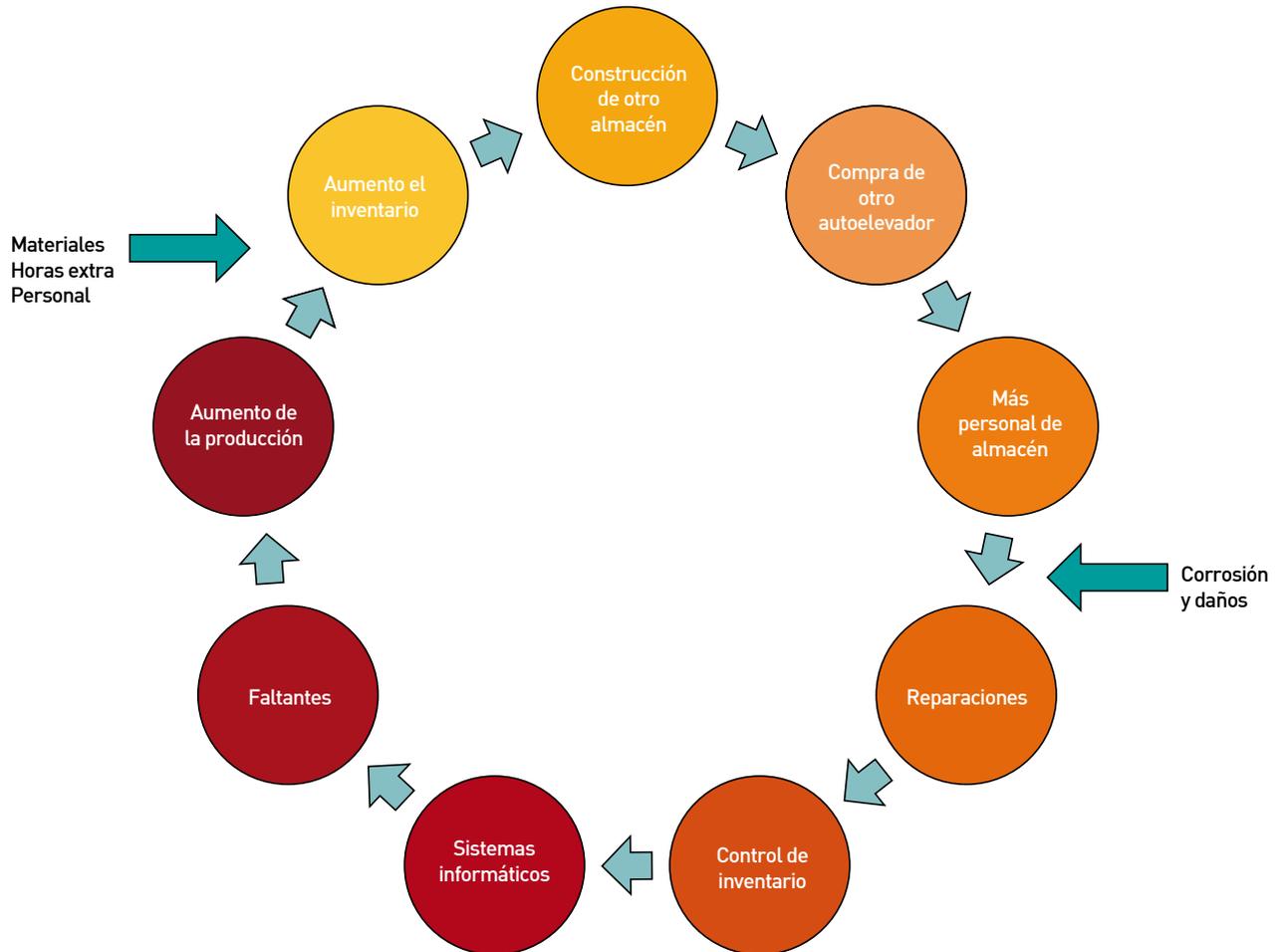


FIGURA 3_ Ejemplo de ciclo vicioso que genera sobreproducción.

La Sobreproducción genera efectos no deseados, como por ejemplo:

- Bloquea el flujo de piezas/partes.
- Dificulta la detección de defectos de Calidad.
- Genera costos variables de algo que aún no se ha vendido, además de un costo de oportunidad por la transformación de la materia prima.
- Genera inversiones innecesarias.
- Aumenta el stock (punto siguiente).

02. Pérdidas provenientes de stock disponible innecesario_

Existen 4 tipos de stock:

- **Materias Primas**
- **Semi elaborados en proceso**
- **Repuestos**
- **Productos terminados**

Este inventario adicional retrasa el avance de las operaciones, oculta los verdaderos problemas impidiendo su solución, y disminuye la rentabilidad de la empresa.

Las causas por las cuales se llega a altos niveles de stocks suelen ser:

- Compra en grandes cantidades por conveniencia
- Preparación de máquina de larga duración
- Producción en grandes lotes
- Cuellos de botella. Desbalanceo en la línea.
- Producción anticipada
- Elevado nivel de ausentismo
- Elevado nivel de productos defectuosos
- Paradas de máquinas por fallas u otras razones

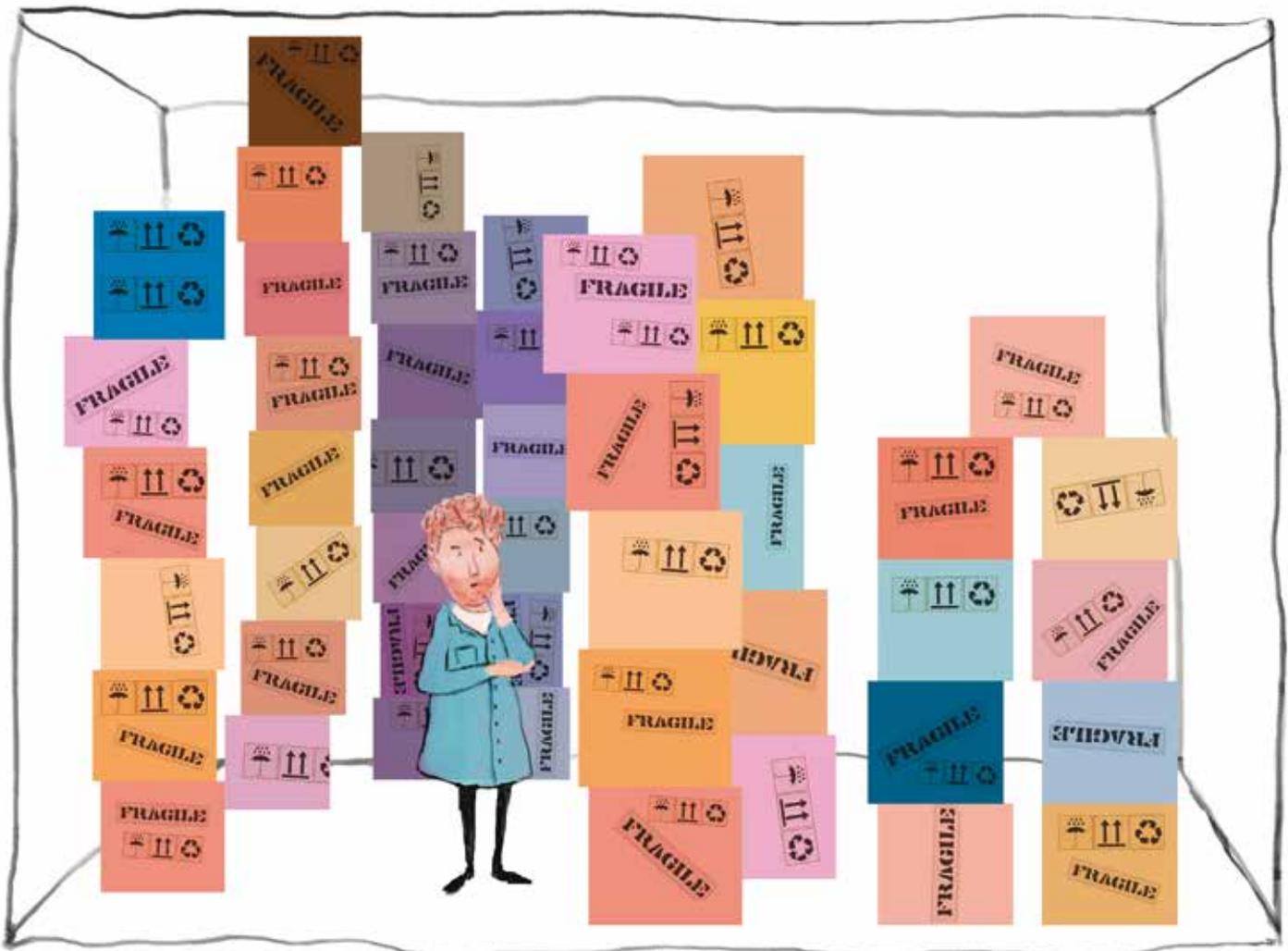


FIGURA 4_ Exceso de stock innecesario.

Un stock excesivo implica:

- Costos de almacenamiento y/o seguros
- Costos de transporte del mismo
- Ocupación del espacio físico en la planta
- Posible rotura u obsolescencia
- Capital inmovilizado

Para reducir la acumulación de stocks, principalmente se debe:

- Ajustar la producción a la demanda
- Producir en pequeños lotes
- Reducir los tiempos de preparación de máquinas

Como dijimos anteriormente, el stock excesivo implica un costo de **TRANSPORTE**.

03. Pérdidas provenientes de transporte_

Se refiere a cualquier traslado de materiales, partes, grupos de partes o productos terminados, desde un lugar a otro por cualquier razón. Es una actividad que no agrega valor, pero no se la puede eliminar. Se debe trabajar para reducirla al máximo posible.

Las causas de un exceso de transporte pueden ser:

1. Altos niveles de stock.
2. Distribución de planta inadecuada. Esto se visualiza cuando hay excesivas caminatas dentro de la planta con el objetivo de buscar lo necesario para continuar el trabajo. También podemos verlo cuando las personas se cruzan en estas búsquedas, o el material pasa varias veces por el mismo punto en la planta.
3. Falta de métodos que faciliten el transporte. Es necesario pensar en medios de movimiento de materiales que no requieran de mano de obra ni energía, además de facilitar la producción pieza a pieza (Ej.: mesas con rodillos, toboganes, acercar las operaciones de modo que el operario A deje la pieza en el puesto de B).



FIGURA 5_ Ineficiencia en el método de transporte.

Los factores a considerar para el transporte de materiales son:

- Cantidad de veces que se realiza el transporte (frecuencia)
- Tecnología del movimiento de materiales
- Volumen
- Peso
- Cantidad de material
- Distancia
- Tiempo

04. Pérdidas provenientes de defectos de producción_

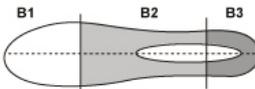
Está constituido por todas aquellas actividades generadas a partir de fallas, tanto constructivas como funcionales, en los productos. Por ejemplo: costos de inspección por defectos, respuesta a quejas de los clientes, devoluciones, reparaciones, retrabajos, etc.

Es importante:

- Detectar los defectos lo antes posible para evitar continuar agregándole valor a un producto que finalmente se tendrá que desechar o reprocesar.
- Llevar registros de calidad en los procesos para, en base éstos, poder realizar una estadística de cuáles son las fallas más comunes y tomar acciones consecuentes.

PLANILLA DE FALLAS DE PRODUCCIÓN													
Fecha:	Nombre del modelo:	Talle:	Pieza		¿Donde se encuentra la falla?						¿Cuál es la falla?	Observaciones	
			Izquierdo	Derecho	Base			Capellada					
					B1	B2	B3	C1	C2	C3			
CODIFICACIÓN DE FALLAS										FALLAS POR ZONA			
Código	Descripción de la falla												
1	Se despega la base												
2	Color de calzado heterogéneo												
3	Consistencia de material heterogéneo												
4	Capellada despegada												
5	Costuras torcidas												
6	Piezas torcidas												
7	Costura cortada												
8	Costura floja												
9	Ferrería errónea												
10	Calzado manchado (tintas, manipuleo, pegamento, etc.)												
11	Arrugas en capellada												
12	Arrugas en suela												
13	Cierre roto												
14	Cierre mal colocado												
15	Broche roto												
16	Broche mal colocado												
17	Material mal estirado en el armado												
18	Calzado torsionado												
19	Capellada rota												
20	Suela rota												
21	Suela mal inyectada												
22	Suela manchada												
23	Capellada raspada												
24	Calzado quemado												
25	Calzado mal limpiado												
26	Otras fallas (se aclara en observaciones)												

ZONAS BASE



ZONAS CAPELLADA

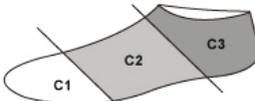


TABLA 1_ Ejemplo de fallas en los productos.

Cuando surge un defecto en algún producto, lo importante es poder detectar su causa raíz, para poder actuar sobre él y evitar que siga apareciendo.

Para identificar el problema raíz tenemos una serie de técnicas que permiten llegar al origen del problema, como por ejemplo el "Diagrama Causa-Efecto" y "Los 5 por qué?".

El poder identificar el problema raíz permite trabajar directamente en él, y no en soluciones alternativas, que generan trabajos innecesarios.

05. Pérdidas provenientes de trabajos innecesarios o métodos de procesamiento

Se refiere a las operaciones y procesos que podrían no ser necesarios, ya que no agregan valor al producto, como ser montajes intermedios, reprocesos, chequeos múltiples, entre otros. Un claro ejemplo de trabajo innecesario es la búsqueda de material o herramental.



FIGURA 6_ Ejemplo de trabajo innecesario.

El producto va a seguir teniendo el mismo valor, no importa si el operario tarda 30 segundos o 5 minutos en buscar las herramientas necesarias para producirlo.

Por eso es necesario reducir estos trabajos innecesarios al máximo posible.

Mediante la implementación de la técnica de "5S", se puede llegar a lograr orden y limpieza en el lugar de trabajo y los depósitos, lo que va a ayudar a los operarios a encontrar fácilmente las herramientas de trabajo.

Es muy importante generar un control visual que permita encontrar rápidamente las herramientas y detectar la falta de alguna de ellas.

El uso de indicadores visuales que permitan detectar si las máquinas o equipos están funcionando dentro de los

parámetros requeridos permite evitar paradas de máquinas inesperadas.

Existen otros tipos de trabajos innecesarios, como por ejemplo aquellos problemas de calidad que implican reprocesos. Estos últimos se pueden deber a:

- Defectos en los métodos de trabajo
- Uso de herramental inadecuado
- Falta de capacitación a los operarios
- Inadecuados o excesivos movimientos de material
- Calidad de la materia prima

06. Pérdidas provenientes de movimientos innecesarios_



Principalmente referido a movimientos que realizan los operarios que podrían evitarse o reducirse.

Una menor producción por unidad de tiempo en algunos casos se debe a una deficiente planificación ergonómica, que puede provocar cansancio o fatigas musculares.

Hay que buscar la forma de reducir la cantidad de movimientos requeridos para agregar valor al trabajo.

FIGURA 7_ Ejemplo de movimientos innecesarios.

07. Pérdidas provenientes a tiempos de espera_

Pérdidas provenientes de tiempos de espera: Se refiere tanto a las esperas de los trabajadores como a las esperas de las máquinas y los productos. Son tiempos muertos que no agregan valor al producto y hay que eliminarlos o reducirlos.



FIGURA 8_ Ejemplo de tiempos de espera.

Las causas que pueden generar tiempos de espera son:

- Producción en grandes lotes
- Preparación de máquinas de larga duración

Interrelación entre pérdidas_

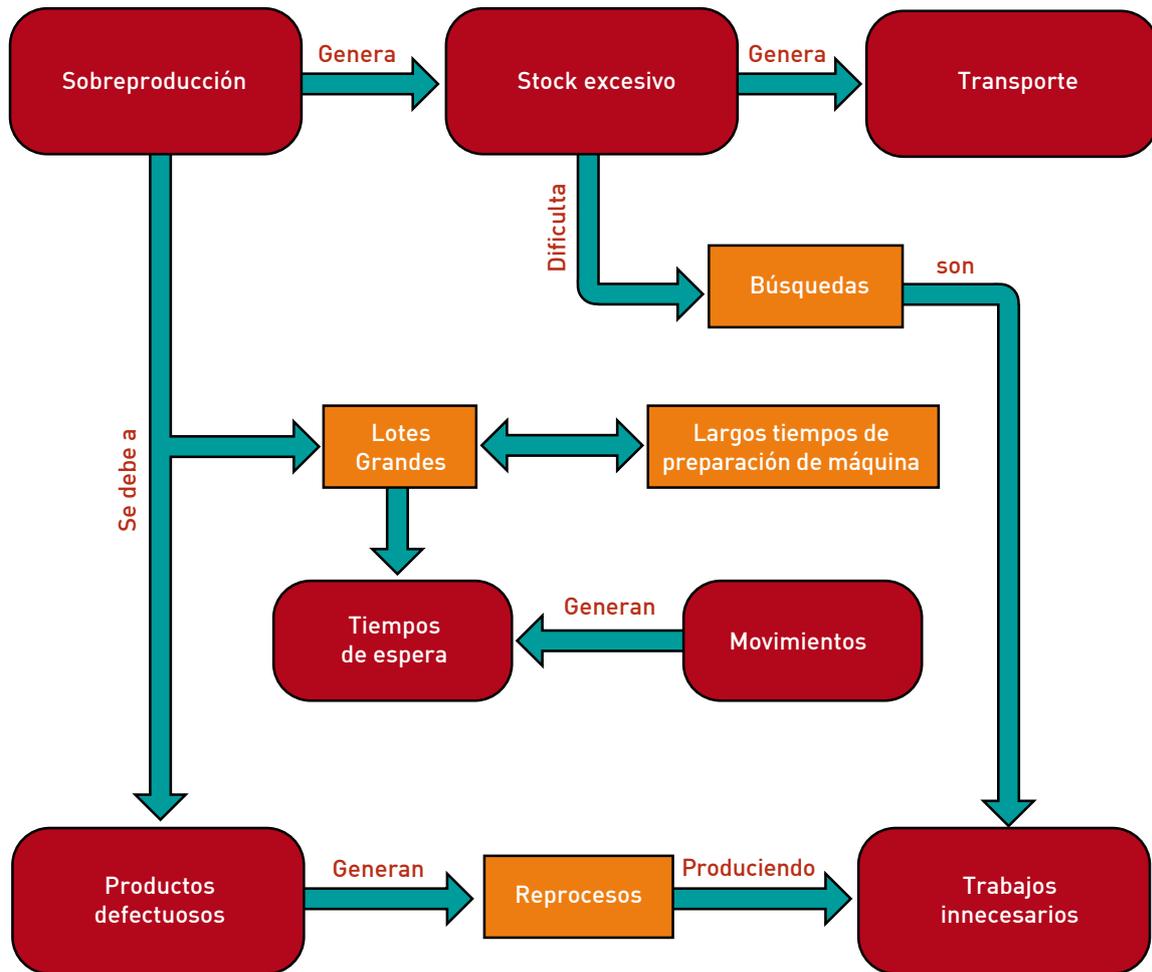


FIGURA 9_ Interrelación entre las pérdidas.

Estudio de las actividades_

Al estudiar las actividades realizadas dentro de un proceso de producción, una oficina, o cualquier área de una organización, debemos examinar cada recurso y efectuarnos los siguientes interrogantes:

- ¿Qué? Debemos comprender acabadamente cuál es la tarea que se realiza.
- ¿Quién? Cada tarea debe estar asociada a un trabajador.
- ¿Dónde? El lugar físico y la posición en que se realizan los trabajos pueden obligar a incurrir en esfuerzos o traslados innecesarios.
- ¿Cómo? Las herramientas y dispositivos utilizados deben ser adecuados, simples y pocos.
- ¿Cuándo? La secuencia de las operaciones necesita ser analizada cuidadosamente. Una secuencia incorrecta puede esconder retrocesos u operaciones innecesarias.
- ¿Para qué? El propósito: transformación, limpieza, preparación, búsqueda, reparación, inspección.

A través de este análisis se pueden clasificar las operaciones y definir acciones.



Ejercicios prácticos



01

Clasifique cada una de las actividades que se encuentran en la tabla 2, con el siguiente criterio:

I. Agrega valor.

II. No agrega valor pero es necesaria.

III. No agrega valor y es innecesaria.

Las actividades forman parte del proceso de fabricación de una pared de madera.

Actividad	Clasificación	Nº pérdida
Buscar herramientas		
Acomodar herramientas sobre el puesto de trabajo		
Buscar maderas en depósito		
Medir y marcar maderas		
Cortar maderas		
Buscar caños en depósito		
Buscar agujereadora en depósito		
Preparar agujereadora (colocar y ajustar mecha)		
Clavar maderas		
Realizar agujereado de maderas en una posición inadecuada		
Llevar agujereadora a depósito		
Buscar lijas en depósito		
Lijar maderas		
Buscar agujereadora en depósito		
Buscar mecha en pañol		
Afilarse mecha de agujereadora		
Agujerear maderas		
Llevar agujereadora a depósito y mecha a pañol		
Transportar una pila maderas con los brazos y de manera forzada, desde puesto de trabajo hasta la sierra circular		
Esperar a que se desocupe la sierra		
Cortar maderas		
Regresar a puesto con las maderas		
Preparar pegamento para pegar maderas		
Pegar maderas		
Ordenar y limpiar puesto de trabajo		

TABLA 2_ Proceso de fabricación de una pared de madera.

02

A aquellas actividades que ha clasificado con los números II o III, especifique a qué tipo de pérdida o desperdicio, según la tipificación realizada por TOYOTA, pertenece cada una.

Tema
//02


Distribución en Planta_

¿Qué es el Layout?

El layout, o distribución en planta, es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, sectores, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento y espacios comunes dentro de una instalación productiva.

La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la eficiencia del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

¿Cuándo es necesario aplicar un estudio de layout?

1_Instalación nueva: Generalmente en un proyecto nuevo existen pocas restricciones y limitaciones por lo que se tiene mayor libertad para la imaginación y la creación.

2_Producto nuevo: Cuando se incorpora un producto nuevo al flujo de la planta, puede que éste comparta equipos con los productos ya existentes, o bien se tenga que diseñar e instalar una línea completamente nueva.

3_Cambios en el diseño del producto: Los cambios en el diseño del producto pueden afectar la distribución de las instalaciones, ya sea por obligación en la modificación o agregado de equipos.

4_Cambios en el diseño de las instalaciones: Puede surgir a partir de la necesidad de incrementar el volumen de producción a un nivel que se encuentre por encima de la capacidad actual de los equipos, o de un cambio en la tecnología de los procesos.

5_Reducción de costos: El diseñador de las instalaciones de la planta podría encontrar una distribución nueva que produjera unidades a un menor costo, ya sea por mejor aprovechamiento de espacios, por disminución en el recorrido de materiales a través de la cadena productiva, por reducción del esfuerzo de los trabajadores, u otras causas.

6_Reajuste: Muchas plantas antiguas poseen distribuciones deficientes. El procedimiento para el reajuste es el mismo que para una planta nueva, excepto que existen más restricciones. Entre estas se incluyen: paredes que ya existen, columnas, techos, y cualquier otro arreglo permanente que represente un obstáculo para el flujo eficiente de los materiales. Algunos ejemplos de necesidad de ajustes podrían surgir a partir de los siguientes problemas:

- Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Congestión y deficiente utilización de materiales.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra.
- Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

Factores que influyen en la distribución en planta_

- El **“material”**: incluye diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y secuencia de las mismas, necesidades de protección y riesgos de contaminación.
- La **“maquinaria”**: incluye el equipo de producción y las herramientas.
- El **“hombre”**: referente a mano de obra directa y supervisión.
- El **“movimiento”**: concierne a transportes internos y manipulación entre operaciones, almacenajes e inspecciones.
- El **“estancamiento”**: incluye almacenajes temporales y demoras.
- Los **“servicios”**: referente al mantenimiento e instalaciones auxiliares.
- El **“edificio”**: incluye aspectos de interior y exterior, tipo de construcción e instalaciones para sistemas de movimientos de materiales.
- El **“cambio”**: concierne a la versatilidad, flexibilidad y expansión.

Formatos básicos de distribución en planta_

Los formatos mediante los cuales se determina la distribución de las áreas y de los procesos en una instalación, se definen por el patrón general del flujo de trabajo. Se pueden dividir en 4 tipos básicos, normalmente conocidos como:

- Distribución por procesos
- Distribución por productos
- Distribución por posición fija
- Distribución híbrida o por celdas de fabricación

Distribución por procesos_

Este tipo de distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes. El personal y los equipos que realizan la misma tarea u operación se agrupan en una misma área, y los distintos materiales se mueven de un lugar a otro, de acuerdo con la secuencia establecida para su obtención.

Este tipo de distribución es muy utilizado cuando en la misma operación se deben fabricar muchos productos o partes distintas y la secuencia de operaciones necesarias varía considerablemente de uno a otro, el tamaño de cada pedido es pequeño, y/o es preciso atender a muchos clientes diferentes en forma intermitente.

Figura 10 | Ejemplos de distribución por proceso._



Ventajas_

- Los recursos son de propósito general y menos intensivos en capital.
- Flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal calificado.
- Adaptabilidad para gran variedad de productos y a demandas intermitentes.
- Mayor fiabilidad en el sentido de que las averías de una máquina, la escasez de materiales, o la inasistencia de operarios, no detienen a todo el proceso productivo.
- La diversidad de tareas asignadas a los trabajadores, debido a la gran variedad de productos existentes, reduce la insatisfacción y desmotivación.

Desventajas_

- Los pedidos se mueven más lentamente a través del sistema, debido a la dificultad de programación y coordinación de las actividades, reajuste de equipos, y manejo de materiales.
- Los inventarios son mayores debido al desequilibrio de los procesos de producción (el trabajo suele quedar en espera entre las distintas etapas).
- Baja eficiencia y productividad dado que cada trabajo o pedido puede ser diferente, requiriendo distinta organización y aprendizaje por parte de los operarios.
- Es necesario un mayor grado de capacitación de los operarios.

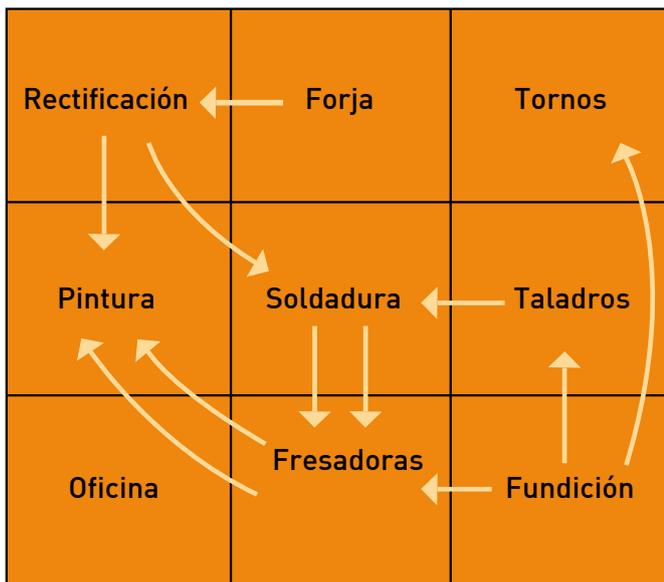


FIGURA 11_Ejemplo de distribución por procesos.

Un ejemplo de la distribución en planta por procesos son los hospitales, en donde las áreas están agrupadas por su especialización para diferentes tipos de cuidados médicos.

Otro ejemplo, puede ser un taller mecánico o metalúrgico en donde las máquinas se agrupan y distribuyen en la planta por su funcionalidad, como se puede ver en la [figura 11](#).

Distribución por productos_

Este formato de distribución en planta organiza las estaciones de trabajo en una secuencia de tipo lineal. El producto avanza de una estación a la siguiente, sufriendo una serie de transformaciones en cada etapa, hasta que sale totalmente terminado al final de la línea.

Cada trabajador opera generalmente una estación en particular y realiza tareas repetitivas. Se acumula poco inventario entre un puesto y el siguiente, por lo que los mismos no pueden operar de manera independiente.

Se trata de colocar cada puesto de trabajo tan cerca como sea posible de su predecesor, para evitar los transportes de materiales que no agregan valor al producto.

Así pues, en este tipo de distribución, la velocidad de producción es tan rápida como la más lenta de sus operaciones.

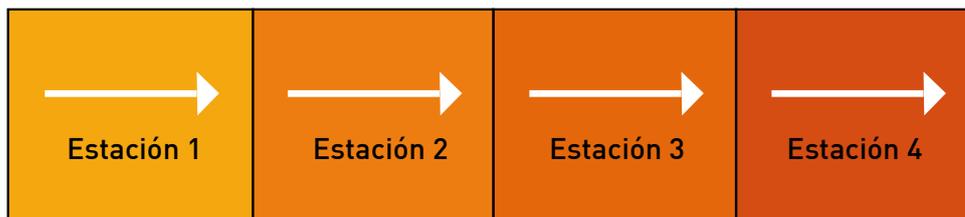


FIGURA 12_ Distribución en línea o por producto.

Ventajas_

- Reducción de los tiempos de fabricación. Tasas de procesamiento más rápidas.
- Simplificación de tareas.
- Reducción de inventarios en proceso.
- Reducción de las distancias en el manejo de materiales, lo que se traduce en una reducción del esfuerzo y del tiempo.
- Menor necesidad de capacitación de los trabajadores.

Desventajas_

- La velocidad de producción siempre está limitada por una operación.
- Cualquier inconveniente en una parte del proceso repercute en toda la línea.
- Menor flexibilidad para cambiar de producto.
- Los trabajos son monótonos a causa de la repetitividad de las tareas.

El desafío de la distribución por productos o de flujo en línea, es agrupar las actividades linealmente en estaciones de trabajo y alcanzar la tasa de producción deseada en el menor tiempo y con la menor cantidad de recursos posible.

Una solución para reducir el tiempo del proceso productivo es aplicar un Balanceo de la línea. Esto es, disminuir todo lo posible la carga de trabajo para la operación más lenta del proceso, y puede lograrse por ejemplo, aumentando la velocidad de trabajo de la máquina, asignando más trabajadores a la tarea, adicionando máquinas en paralelo para realizar la operación, entre otras alternativas.

FIGURA 13_ Ejemplos de distribución por producto._



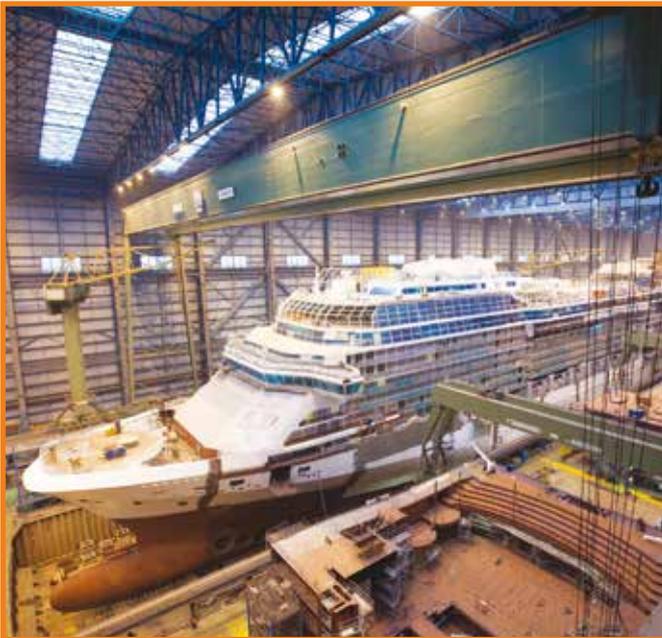
Un claro ejemplo de este tipo de distribución son los lavaderos automáticos de autos, en donde el automóvil pasa de una etapa a la siguiente recibiendo las operaciones del proceso de lavado de manera secuencial y casi lineal.



Distribución por posición fija_

En esta distribución, el producto que se fabrica se encuentra en un lugar fijo y no puede moverse, por lo cual los trabajadores, junto con sus herramientas y equipos, deben trasladarse al lugar para realizar su trabajo.

Se caracteriza por un número relativamente bajo de unidades de producción, comparado con los formatos de distribución por procesos y por productos.



Muchos proyectos tienen esta disposición. Este tipo de distribución conviene cuando el producto es particularmente grande o difícil de movilizar, como sucede en la construcción de una planta o edificio, la fabricación de barcos, el ensamble de locomotoras, la fabricación de enormes cámaras de alta presión o la construcción de presas, por dar algunos ejemplos.

Quando se desarrolla una distribución por posición fija, el producto debe visualizarse como el eje de una rueda en donde los materiales y equipos se arreglan en forma concéntrica alrededor del punto de producción, de acuerdo con el orden de utilización y dificultad de movimiento.

FIGURA 14_ Ejemplo de distribución por posición fija._



FIGURA 15_ Ejemplos de distribución por posición fija._

Ventajas_

- Reducida manipulación de la unidad principal.
- Permite cambios de diseño del producto y alterar el orden de las operaciones en forma frecuente.
- No requiere técnicas de distribución costosa. La programación y coordinación de las actividades se llevan a cabo generalmente con la técnica de camino crítico.

Desventajas_

- No es posible optimizar al máximo la cadena productiva, debido a que la gran mayoría de las estaciones de trabajo se encuentran restringidas por la posición fija en la que se encuentra el producto.
- Excesivo movimiento de material y recursos hacia un mismo punto de trabajo.
- Elevada complejidad cuando en el proceso productivo se deben utilizar y trasladar hasta el punto de trabajo, máquinas o equipos que son difíciles de mover.

Distribución híbrida o por celdas de fabricación_

Lo más frecuente es que en una distribución de una planta se combinen las 2 alternativas anteriores: la distribución por procesos y por productos o de flujo lineal.

Este tipo "híbrido" se utiliza en instalaciones donde se realizan operaciones de fabricación y de ensamblaje. En la fabricación, se elaboran componentes a partir de materias primas, y generalmente se tiene un flujo complicado, en cambio, en las operaciones de ensamblaje se poseen un flujo mucho más lineal.

Al encontrar un equilibrio entre los 2 tipos de distribuciones anteriores (por proceso y por producto), se eliminan muchas de las desventajas que se poseen cuando se aplica un solo método, ya que las debilidades de uno son compensadas por las virtudes del otro. Particularmente, lo que se busca es obtener una combinación entre, la eficiencia adquirida mediante una distribución por producto, y la flexibilidad aportada por una distribución por proceso.

El más claro ejemplo de este tipo de distribución, son las denominadas celdas o células de fabricación, en donde las máquinas se agrupan dentro de diferentes centros de trabajo para elaborar productos con formas y procesos similares. Las células se asemejan a una distribución por proceso en cuanto a que cada una está diseñada para desarrollar un conjunto de operaciones específicas, con una gran flexibilidad para pasar de un producto a otro, y a una distribución por producto en cuanto a la ordenación de los puestos de trabajo.

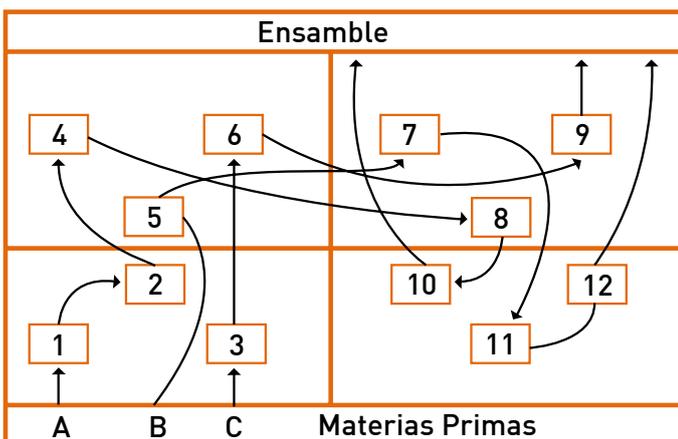


FIGURA 16_ Sistema Productivo sin células.

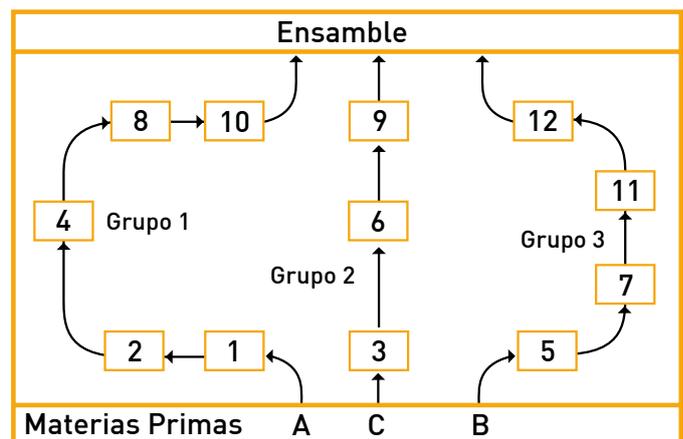


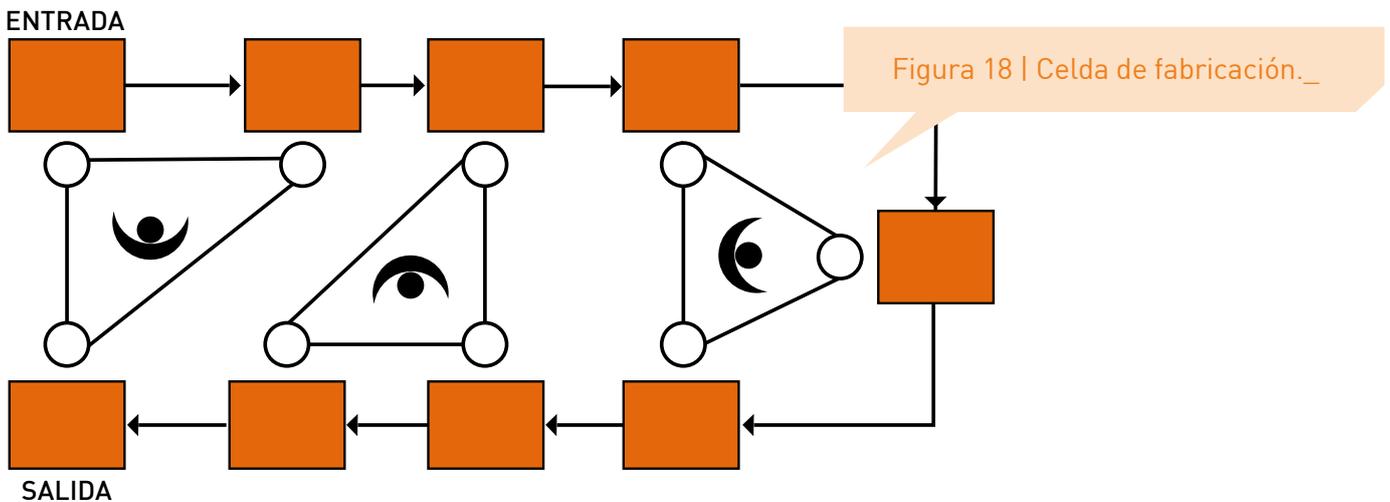
FIGURA 17_ Sistema Productivo en célula.

Distribución en planta según Toyota_

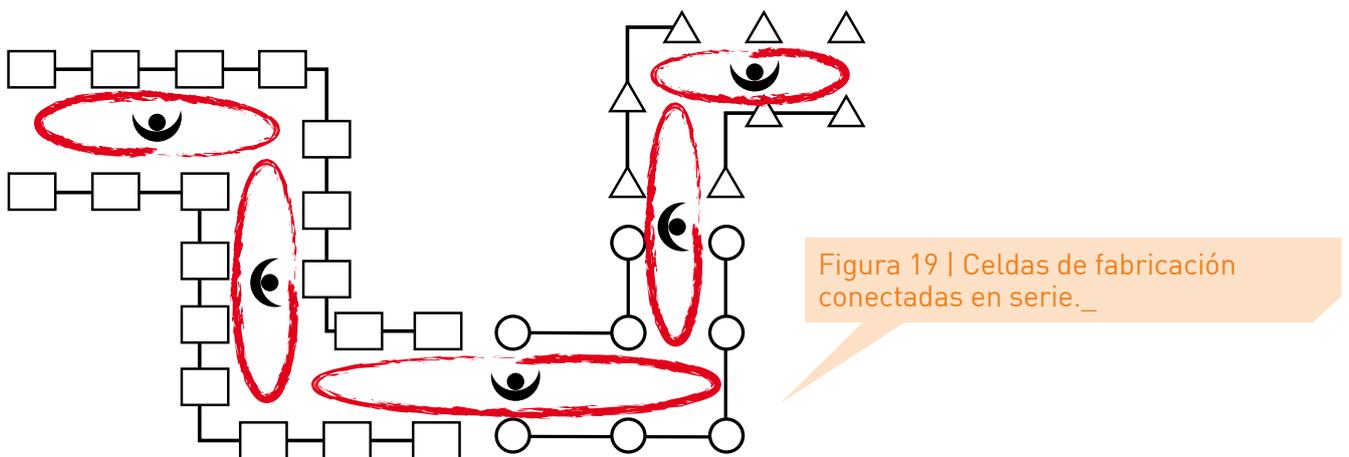
Toyota adaptó el concepto de celdas de fabricación a su cadena productiva, realizando una mejora interesante.

En lugar de que las máquinas encierren por completo al trabajador, las distribuyó en forma de "U" de manera que la entrada y la salida de la célula se encuentren muy cerca una de otra.

Con esta lógica, se podían conectar en serie las celdas (figura 19) conformando una cadena productiva muy eficiente, y por sobre todas las cosas, muy flexible, ya que permitía adaptarse a los cambios en la demanda con facilidad, aumentando o disminuyendo el número de operarios.



Otra de las ventajas de la celda en "U" es que permite que cada operador pueda, en caso de dificultades o atrasos, pedir ayuda o colaboración a sus pares, con mayor facilidad.



En este tipo de distribución los stocks de piezas en proceso son mínimos, por lo que, cualquier falla se hará visible rápidamente. Además, en sistemas semi-automatizados se posee la ventaja de que un solo operario puede realizar la carga y descarga de las piezas.

Diferencias entre los tipos de distribución

Se observa a continuación un cuadro comparativo entre los 3 tipos de distribución en planta descritos anteriormente. Se comparan las variables principales del proceso y se marcan claramente las diferencias de las 3 alternativas.

	Por Producto	Por Proceso	Por Posición Fija
Producto	Estandarizado Alto volumen	Diversificados Volúmenes Variables	A Pedido Bajo volumen
Flujo de Trabajo	Línea continua Misma Secuencia	Flujo Variable Secuencia Variable	Mínimo
Mano de Obra	Altamente especializada y poco calificada Ritmo constante	Calificada Adaptable	Alta Flexibilidad
Personal Staff	Gran Cantidad Auxiliar (Supervisión, Mantenimiento y Control)	Programación Manejo de Materiales	Programación Coordinación de actividades
Manejo de Materiales	Previsible Sistematizado	Variable, con duplicaciones, esperas y retrocesos	Escaso
Inventario	Alto inventario de Producto Terminado. Alta rotación de MP y material en proceso.	Escasos de Producto Terminado Altos de Productos en Proceso	Variable. Frecuentes inmovilizaciones
Uso de Espacio	Eficiente Elevada salida por unidad de superficie	Ineficiente Gran necesidad de espacio para el material en proceso	Dependiente Toda la superficie es utilizada por un solo producto
Capital	Alta Inversión Equipo Especializado	Baja Inversión Equipos Generales	Equipos y Procesos móviles generales
Costo de Producto	Altos Costos Fijos Bajos Costos Directos	Bajos Costos Fijos Altos Costos Directos	Bajos Costos Fijos Altos costos directos

TABLA 3_ Diferencias entre tipos de distribución.

Herramientas prácticas para el diseño de un layout

Existen diversas técnicas o herramientas que son de mucha utilidad al momento de diseñar una distribución de planta. Brindan ayuda para, por ejemplo, clarificar y determinar el proceso productivo, analizar el flujo de trabajo, o verificar la relación existente entre las diferentes actividades u operaciones, entre otras. Algunas de ellas son:

- Hoja de ruta
- Gráfica de ensamble
- Diagrama de cuerdas
- Tabla de proceso
- Tabla de Origen-Destino
- Diagrama de flujo
- Gráfica de operaciones
- Diagrama de relación de actividades

Veamos algunas...

Hoja de ruta_

Sirve para establecer la secuencia de etapas o actividades que deben atravesar las partes del producto dentro del proceso antes de poder ser comercializado. Se requiere una hoja de ruta para cada parte individual del producto que se fabrica.

La hoja de ruta cumple la función de acompañar al material de una operación a otra, y le dice al operario lo que se tiene que hacer. Informa también acerca del número y el nombre de cada parte, la cantidad a producir, el número y la descripción de la operación, el nombre y número de la máquina, la herramienta necesaria y el tiempo o duración de la operación.

La secuencia de operaciones según aparece en la hoja de ruta afecta la distribución apropiada del equipo en el piso de producción.

Hoja de Ruta					
Nombre de la parte:			Número de la parte:		
N° de operación	Operación	Máquina	N° de máquina	Estándar mínimo	Pieza/Hora

TABLA 4_ Ejemplo de hoja de ruta.

Diagrama de flujo_

El análisis de flujo es el corazón de la distribución de la planta y el comienzo del plan de manejo de materiales. El flujo de una parte, es la trayectoria que ésta sigue mientras se mueve a través de la planta. El análisis de flujo no solo considera la trayectoria que cada parte sigue por la planta, sino también trata de minimizar, 1. La distancia que viaja, 2. Los retrocesos, y 3. El tráfico cruzado.

TRÁFICO CRUZADO

El tráfico cruzado ocurre donde las líneas de flujo se cruzan. Es indeseable y una mejor distribución tendrá pocas trayectorias que se intercepten. Cualquier cruce de tráfico es un problema, debido a las complicaciones de congestión y seguridad que provoca. La mayor parte del tráfico cruzado se elimina con la distribución apropiada del equipo, los servicios y los departamentos.

RETROCESOS

El retroceso es el movimiento hacia atrás del material en la planta. Los materiales deberían moverse siempre hacia adelante en la cadena productiva.

DISTANCIA RECORRIDA

El diagrama de flujo se desarrolla sobre una distribución, y es fácil darle una escala para calcular la distancia de recorrido. Con el reacomodo de máquinas y departamentos es posible disminuir las distancias del proceso.



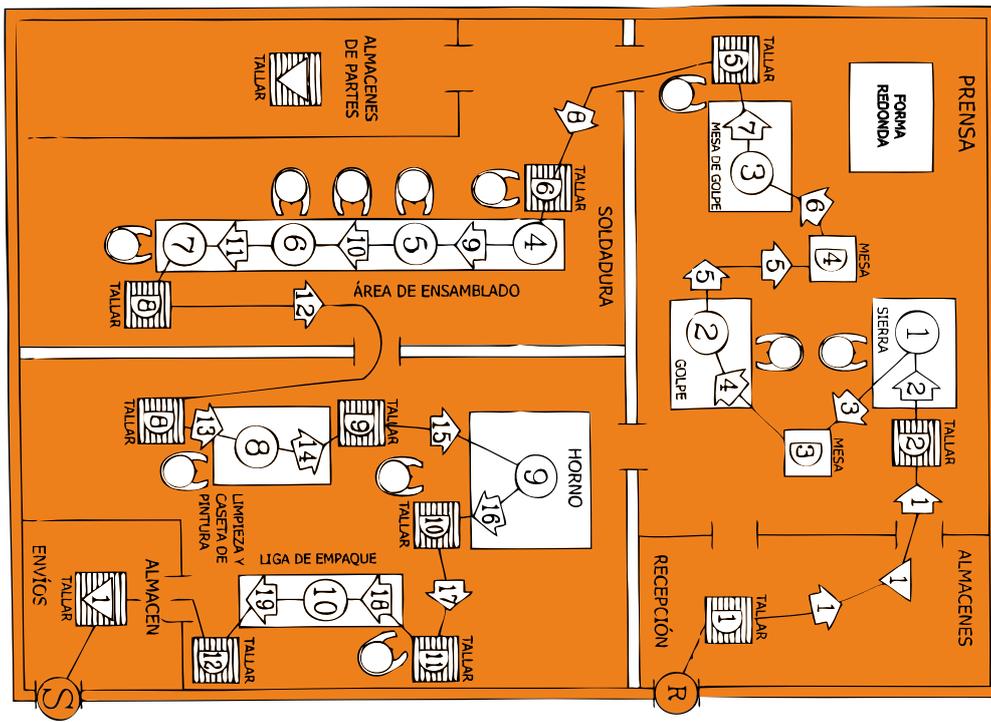


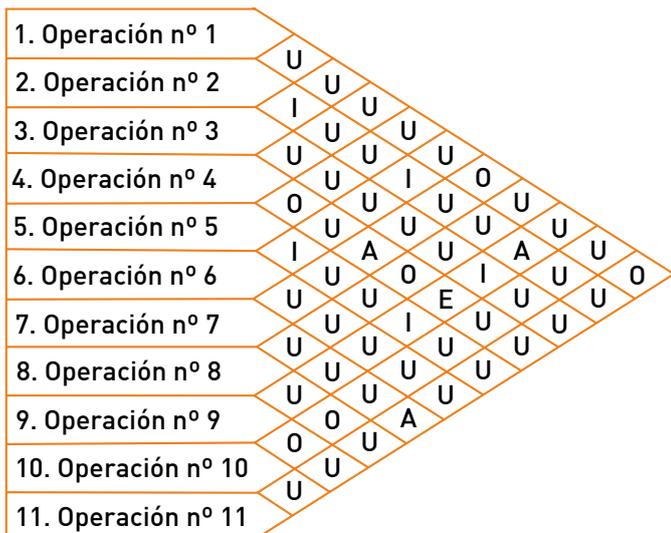
FIGURA 20_ Ejemplo de un diagrama de flujo.

Diagrama de relación de actividades_

Así como se debe estudiar el flujo que siguen los materiales a través de los procesos productivos, también deben incluirse en el análisis todos los departamentos, servicios auxiliares e instalaciones de la planta.

Los materiales, la información y las personas fluyen y se mueven a través de toda la organización en un determinado sentido y con una función específica. Por lo tanto, cada departamento, oficina e instalación de servicio debe situarse de manera apropiada en relación con las demás.

El diagrama de relación de actividades muestra las relaciones existentes entre todos los departamentos, oficinas y áreas de servicios, e identifica que tan importante es que un sector este cerca o lejos de otro. Para su realización se utilizan códigos de cercanía que reflejan la importancia de cada relación.



Código	Relación de proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

FIGURA 21_ Diagrama de relación de actividades.

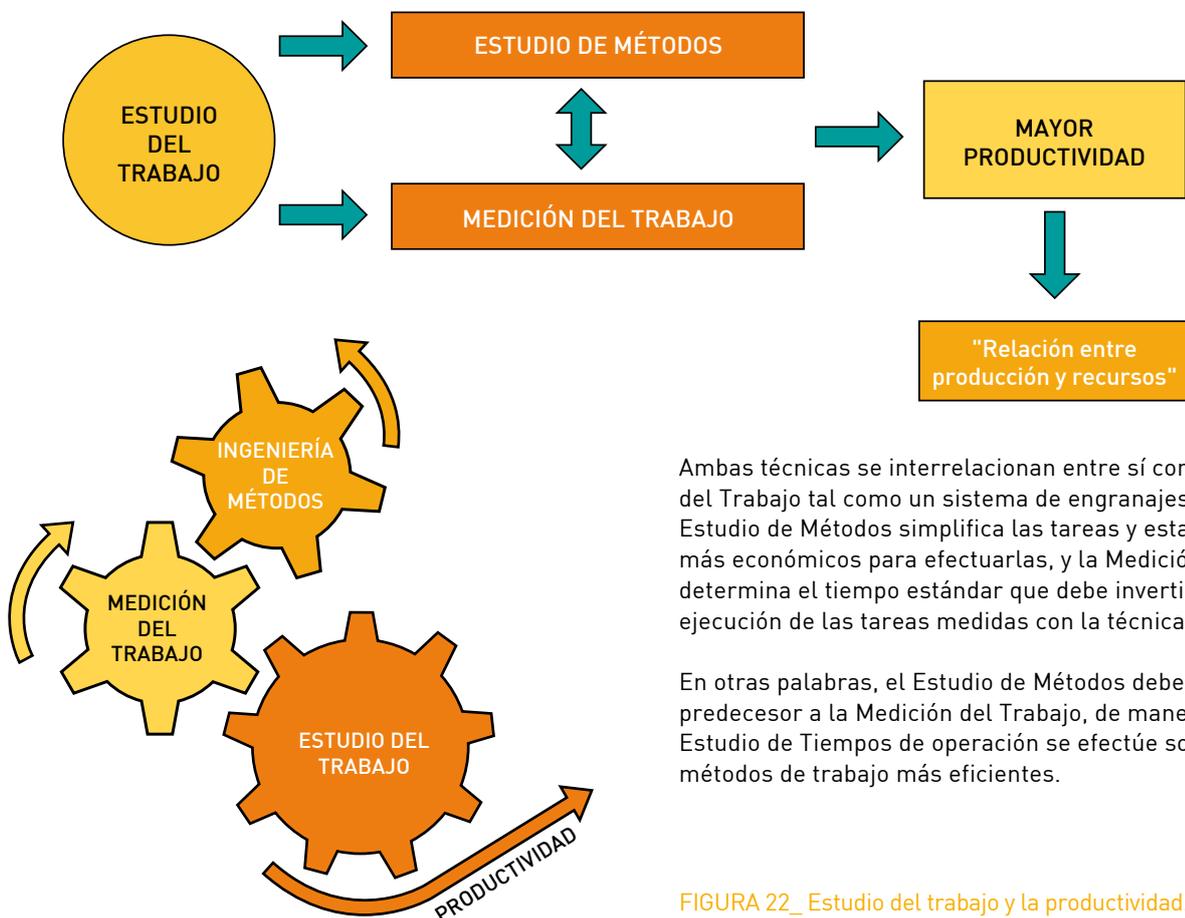


Tema
././03


Estudio del Trabajo_

Se entiende por **estudio del trabajo**, genéricamente a ciertas técnicas, y en particular al **estudio de métodos y tiempos**, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos, y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la productividad y eficiencia de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

Los estudios de métodos y tiempos juegan un papel importante en la productividad de cualquier empresa de productos o servicios. Con ellos se pueden determinar los estándares de tiempo para la planeación, calcular costos, programar, contratar, evaluar el rendimiento o eficiencia de recursos, establecer metas, entre otras actividades, por lo que, cualquier empresa que busque un alto nivel competitivo debe centrar su atención en las técnicas del estudio del trabajo.



Ambas técnicas se interrelacionan entre sí con el Estudio del Trabajo tal como un sistema de engranajes, en el cual el Estudio de Métodos simplifica las tareas y establece métodos más económicos para efectuarlas, y la Medición del Trabajo determina el tiempo estándar que debe invertirse en la ejecución de las tareas medidas con la técnica anterior.

En otras palabras, el Estudio de Métodos debe ser predecesor a la Medición del Trabajo, de manera que el Estudio de Tiempos de operación se efectúe sobre los métodos de trabajo más eficientes.

FIGURA 22_ Estudio del trabajo y la productividad.

Estudio de Métodos_

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las técnicas más importantes del Estudio del Trabajo, y se basa en el registro y examen crítico de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es aplicar métodos más sencillos y eficientes para aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos_



FIGURA 23_ Etapas para implementar un Estudio de Métodos.

1_ SELECCIONAR el trabajo o proceso que se ha de estudiar. Esta selección se basa en la consideración y priorización de diversos factores, entre los que cabe resaltar:

- Consideraciones económicas o de impacto en la optimización de los costos
- Consideraciones técnicas
- Consideraciones humanas

2_ REGISTRAR o recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizarlos. Algunas técnicas o herramientas de utilidad para esta etapa pueden ser:

Gráficos que indican **SUCESIÓN** de los hechos

- Cursograma sinóptico
- Cursograma analítico
- Diagrama bimanual

Gráficos con **ESCALA DE TIEMPO**

- Diagrama de actividades múltiples
- Sinograma

Diagramas que indican **DISPOSICIÓN Y MOVIMIENTO**

- Layout - Disposición de máquinas
- Tabla cuadrada
- Diagrama de recorrido
- Diagrama de hilos
- Gráfico de trayectoria

3_ EXAMINAR los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados para tales fines. Las preguntas que deberían hacerse pueden dividirse en las siguientes categorías:

<p>PROPÓSITO</p> <p>¿Qué se hace? ¿Por qué se hace? ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué debería hacerse?</p>	<p>SUCESIÓN</p> <p>¿Qué se hace? ¿Por qué se hace entonces? ¿Cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?</p>	<p>LUGAR</p> <p>¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí? ¿En qué otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse?</p>
<p>MEDIOS</p> <p>¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo? ¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse?</p>	<p>PERSONA</p> <p>¿Quién lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona? ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?</p>	

TABLA 24_ Método para examinar un trabajo.

4_ ESTABLECER el método más económico, teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diferentes técnicas de gestión así como los aportes de los dirigentes, supervisores, trabajadores y asesores cuyos enfoques deben analizarse y discutirse. En esta etapa son importantes los siguientes conceptos:

- Trabajo en equipo
- Motivación
- Creatividad
- Habilidades personales

5_ EVALUAR los resultados obtenidos con el nuevo método y comparar con el/los anteriores. Establecer el nuevo tiempo estándar de la actividad.

6_ DEFINIR el nuevo método, junto al tiempo estándar correspondiente, y presentar el mismo a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.

7_ IMPLANTAR el nuevo método, comunicando las decisiones y capacitando a las personas involucradas.

8_ CONTROLAR la aplicación del nuevo método, siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

Es necesario recordar que en la práctica el encargado de realizar el estudio de métodos se encontrará eventualmente con situaciones que distan de ser ideales para la aplicación continua del algoritmo de mejora.

Por ejemplo, una vez que se evalúen los resultados que produciría un nuevo método, se determina que estos no justifican la implementación del mismo, por ende se deberá recomenzar e idear una nueva solución



Beneficios del Estudio de Métodos_

- Minimiza el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Eleva la productividad y eficiencia del sistema productivo.
- Optimiza el uso de los recursos y minimizan los costos asociados.
- Proporciona un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- Maximiza la seguridad, la salud y el bienestar de todos los empleados o trabajadores.
- Realiza la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.

Medición del Trabajo_

La Medición del Trabajo se basa en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un método de ejecución preestablecido. Ofrece un medio, para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado.

En la Medición del Trabajo es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones humanas que nos permitan realizar el estudio de la mejor manera. Le selección de la tarea a optimizar debe contemplar un equilibrio entre la eficiencia económica y el nivel de satisfacción o confort del trabajador, dado que existen múltiples procesos susceptibles de optimizarse desde el punto de vista económico, pero que dicha optimización generaría monotonía, riesgo, fatiga o cualquier otro factor negativo para el personal.

Composición del tiempo total de un trabajo_

En el ejercicio de optimizar un sistema productivo el tiempo es un factor preponderante.

Generalmente el tiempo que toma un recurso (operario, máquina, asesor) en realizar una actividad o una serie de actividades presenta una constitución tal como se muestra en la siguiente ilustración.

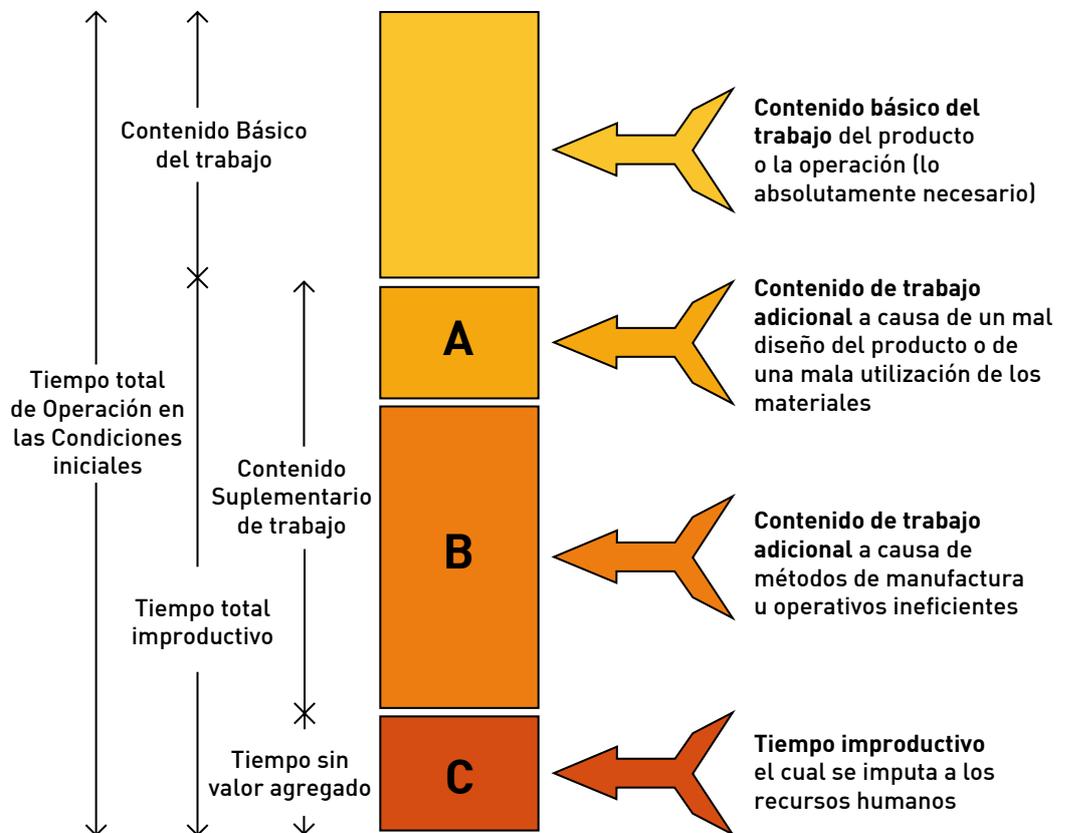


FIGURA 25_ Composición del tiempo total de un trabajo.

Contenido básico del trabajo_

El contenido básico del trabajo representa el tiempo mínimo irreductible que se necesita teóricamente y en condiciones perfectas, para la obtención de una unidad de producción. Llegar a optimizar el tiempo de producción hasta el contenido básico quizá sea utópico, sin embargo, el objetivo regular es lograr aproximaciones considerables.

Contenido de trabajo adicional "Tipo A"

Este contenido suplementario de trabajo se atribuye a deficiencias en el diseño y desarrollo del proceso o producto, o bien a la utilización inadecuada de los materiales.

Algunas de las posibles causas que ocasionan la existencia de este contenido suplementario de trabajo son:

- Deficiencia y cambios frecuentes del diseño
- Desechos de materiales
- Normas de calidad erróneas o falta de normalización

Contenido de trabajo adicional "Tipo B" _

Este contenido de trabajo suplementario se atribuye a los defectos que se puedan tener respecto a los métodos de producción, es decir a los movimientos innecesarios tanto de los individuos, equipos, materiales o información.

Algunas de las posibles causas que ocasionan la existencia de este contenido suplementario de trabajo son:

- Mala disposición y utilización de espacio
- Inadecuada manipulación de los materiales
- Maquinaria o herramientas inadecuadas
- Interrupciones frecuentes al pasar de la producción de un producto a otro
- Método de trabajo ineficiente
- Mala planificación de las existencias
- Averías frecuentes de la máquina y el equipo

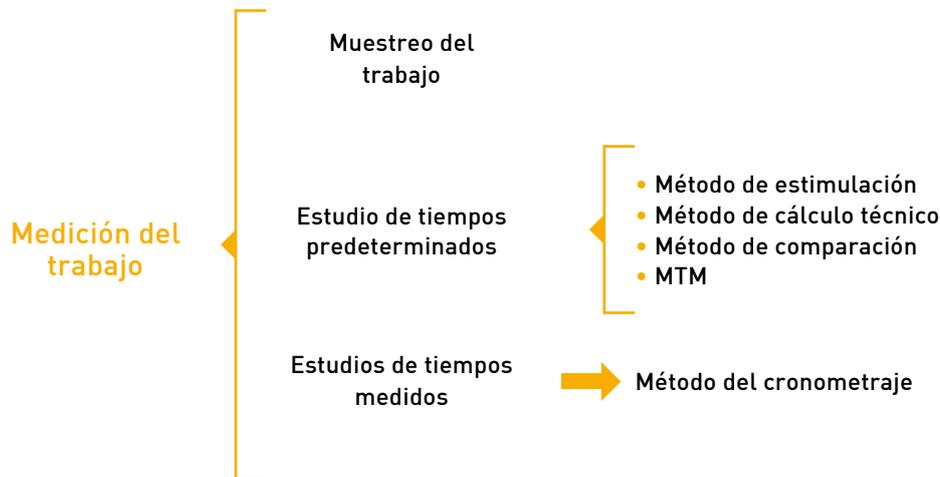
Tiempo Improductivo "Tipo C" _

Los trabajadores de una organización pueden incidir voluntaria y/o involuntariamente en el tiempo de ejecución de las operaciones en un sistema productivo. El tiempo improductivo puede ser atribuido a deficiencias causadas en la dirección, o a errores originados en los puestos de trabajo de planta. Algunos ejemplos de esto pueden ser:

- Planificación o programación inadecuada
 - Carencia de recursos disponibles
 - Ausentismo y falta de puntualidad
 - Mala ejecución de las labores
 - Riesgo de accidentes y lesiones profesionales
- Atribuible a la Dirección
- Atribuible al operador

Técnicas básicas para la medición del trabajo_

Las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son:



¿Qué es el estudio de tiempos?_

El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida.

El análisis de la duración de las actividades es un dato central para la gestión empresarial, debido a que permite tomar decisiones, y es de utilidad para, calcular el costo de las actividades, planificar y programar las operaciones, formular un presupuesto para cotizar, entre otras cosas.

Es innegable que dentro de las técnicas que se emplean en la medición del trabajo, la más importante es el Estudio de Tiempos, o por lo menos, es la que más nos permite confrontar la realidad de los sistemas productivos sujetos a medición.

Estándar de tiempo_

Se entiende por estándar de tiempo al tiempo requerido para producir un producto en una estación de manufactura con las siguientes condiciones:

- Operador calificado y bien capacitado
- Manufactura a ritmo normal
- Realizar una tarea específica

//Cada mejora marca un nuevo estándar//

Estudio de tiempos medidos_

El estudio de tiempos medidos, es una de las técnicas más utilizadas y precisas para la medición del trabajo. Su objetivo es registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, con la mayor exactitud posible.

Metodología de aplicación

1_PREPARACIÓN

- Selección de la operación
- Selección del operador
- Análisis del método de trabajo

2_EJECUCIÓN

- Obtener y registrar la información
- Descomponer la tarea en elementos
- Cronometrar
- Calcular el tiempo observado

3_VALORACIÓN

- Valorar el ritmo del trabajador
- Calcular el tiempo valorado

4_SUPLEMENTOS

- Análisis de demoras y fatigas
- Cálculo de suplementos

5_TIEMPO ESTÁNDAR

- Cálculo de tiempo estándar

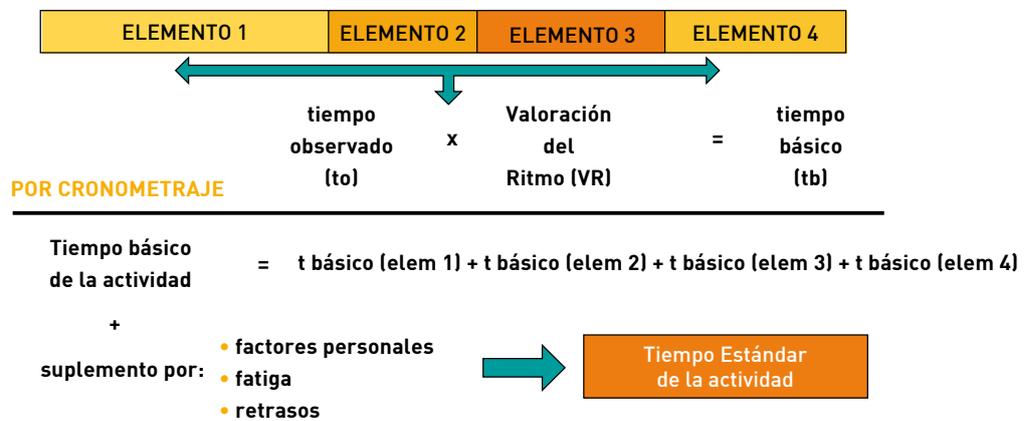


FIGURA 26_ Determinación del tiempo estándar.

Valorar el ritmo de trabajo significa comparar el ritmo real del trabajador, con cierta idea que tenga el especialista de lo que debería ser el ritmo estándar. Se requiere poseer de una vasta experiencia, para realizar una acertada valoración del ritmo.

Al desempeño de un operador normal le corresponde un valor de 1 en las escalas de valoración del ritmo y del desempeño. Para corregir por exceso o por defecto, se debe sumar o restar a la valoración de "1", el porcentaje que se crea acertado, según lo observado.

$$TB = TO \times (\text{VALORACIÓN DEL RITMO})$$

Procedimiento básico sistemático para realizar una Medición del Trabajo_

SELECCIONAR el trabajo que va a ser objeto de estudio.

REGISTRAR todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo, a los métodos y a los elementos de actividad que suponen.

EXAMINAR los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces, y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.

MEDIR la cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo.

COMPILAR el tiempo estándar de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronómetro, suplementos para breves descansos, necesidades personales, etc.

DEFINIR con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo computado y notificar que ese será el tiempo estándar para las actividades y métodos especificados.

Acciones para reducir el Tiempo Improductivo_

Existen diversas técnicas de aplicación que integradas en una propuesta de mejora logran optimizar un sistema productivo. Algunas de las más eficientes son:

CONTENIDO BÁSICO DEL TRABAJO

A.1 DESARROLLO DEL PRODUCTO
reduce el contenido del trabajo debido a un mal diseño.

A.2 LA UTILIZACIÓN ADECUADA
Los materiales reduce y utilice los desperdicios.

A.3 EL CONTROL DE CALIDAD
garantiza la aplicación de normas y secuencias de inspección adecuados.

B.1 MEJORA DE LA DISPOSICIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL PROCESO
reduce los movimientos innecesarios.

B.2 EL MOVIMIENTO DE ENTIDADES adaptados a las operaciones reduce tiempo y esfuerzo.

B.3 LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL de la producción reducen el tiempo improductivo.

B.4 EL ESTUDIO DE MÉTODOS
reduce el contenido de trabajo debido a métodos ineficaces.

B.5 EL CONTROL DE EXISTENCIAS
determina inventarios adecuados y más económicos.

B.6 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO asegura una vida más larga y una continuidad de los procesos más sólida.

C.1 POLÍTICA DE RECURSOS
enfocada mejora el clima laboral y las condiciones de responsabilidad.

C.2 LA CAPACITACIÓN promueve los conocimientos necesarios para una óptima ejecución de labores.

C.3 MEJORES GARANTÍAS DE SEGURIDAD reduce el absentismo.

FIGURA 27_ Acciones para reducir el tiempo improductivo.

Tema
././04


Planificación y Control de la Producción_

Introducción_

Desde la perspectiva sistémica, la empresa es un sistema socioeconómico que tiene como objetivo la obtención de beneficios a través de la generación de bienes y/o servicios, realizando para ello una serie de actividades comunes a todas ellas.

Las actividades de las empresas industriales deben necesariamente funcionar en forma coordinada si se pretende tener éxito en las operaciones y, por supuesto, en los resultados a obtener. Dentro de estas actividades comunes se puede citar, entre otras: comprar, producir y vender.

La planificación, la programación y el control de la producción, articulan las actividades anteriormente mencionadas.

La Gestión de la Producción es aquella actividad destinada a ordenar el flujo de materiales en las empresas industriales.

Para poder gestionar en forma adecuada la producción, es necesario contar con indicadores de gestión productivos que indiquen la evolución ante los cambios realizados, una eficiente programación y control de la producción, y una adecuada gestión de inventarios.

Programación y Control de la Producción_

Cuando se habla de programación y control de la producción, se suele hacer referencia a métodos y técnicas dirigidas a programar y controlar operaciones de procesos. Se pueden citar como las más destacadas:

- MRP (Material Requirement Planning), Planeamiento de Requerimiento de Materiales, surgido en los Estados Unidos, en la empresa IBM.
- OPT (Tecnología de Producción Optimizada), desarrollada inicialmente por Eliyahu M. Goldratt, que más tarde dio lugar al surgimiento de Teoría de las Restricciones (TOC) y a su aplicación en programación (método DBR: Drum – Buffer – Rope).
- JIT (Just in Time), de origen japonés, desarrollado inicialmente por Toyota Motor Company.

BOM: Producto A	
Componente	Cantidad
Subconjunto A1	1
Elemento 1	1
Elemento 2	2
Subconjunto A2	2
Elemento 3	10
Elemento 4	4
Elemento 5	2
Elemento 6	1

TABLA 6_ Ejemplo de un Listado de Materiales.

En el cuadro anterior se observa que de la cantidad pronosticada de ventas, se realiza un descuento del stock de producto terminado obteniéndose la cantidad de unidades a producir en el período siguiente para cada uno de los productos. Asimismo, se procede a realizar una programación semanal de producción en base a las unidades a fabricar.

El Listado de Materiales, también conocido como BOM (Bill of Material), proporciona la información de estructura del producto en cuanto a sus componentes, como se muestra en el ejemplo a continuación:

Puede observarse que en la columna de cantidad por producto figuran las unidades requeridas para producir una unidad de A. En el caso particular del subconjunto A2, del cual se requieren 2 unidades, sus respectivas materias primas (elementos 3, 4 y 5) ya se encuentran afectadas por el doble de la cantidad necesaria para la fabricación de una unidad de dicho subconjunto.

El Listado de Materiales puede complementarse frecuentemente con la información obtenida de un Diagrama Arbóreo, en el cual se observa la estructura del producto en sus diferentes niveles, como se muestra a continuación:

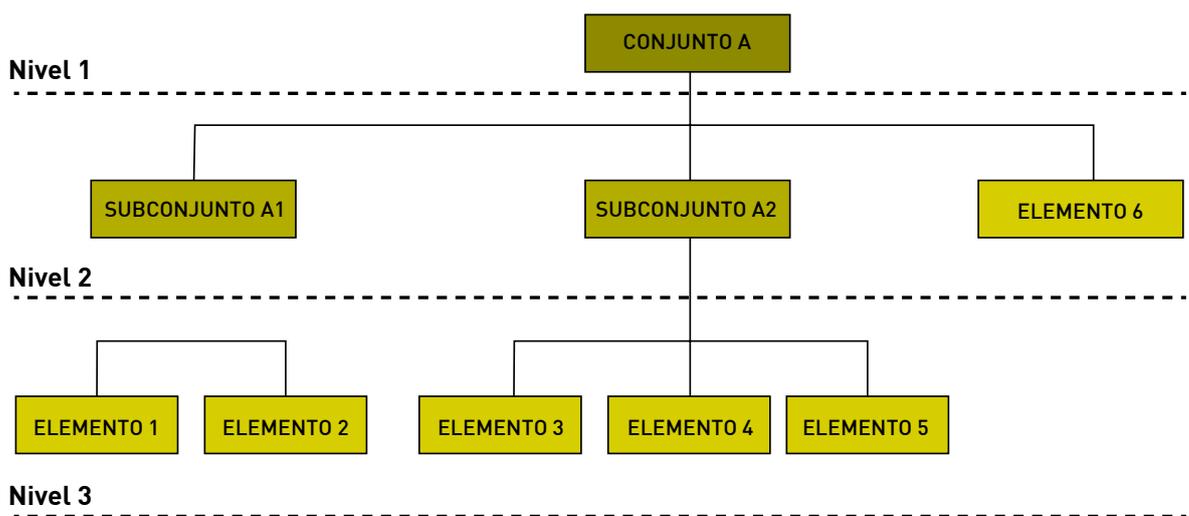


FIGURA 28_ Ejemplo de un Diagrama Arbóreo.

La información de los niveles de la estructura del producto también puede figurar en el listado de materiales. Sin embargo, la representación gráfica del Diagrama Arbóreo ayuda a comprender con mayor precisión la composición del conjunto final.

Una vez que se cuenta con la información del Plan Maestro de Producción, del Listado de Materiales (BOM) y del Diagrama Arbóreo, se puede proceder a la programación de requerimiento de materiales, en el cual se contemplará el estado actual de inventarios.

En el ejemplo propuesto se supone que los conjuntos (productos finales) y los subconjuntos (productos en curso) son elaborados internamente en la empresa, en tanto que los elementos son adquiridos en proveedores.

En la tabla 7 se detallan las necesidades semanales para cada uno de los elementos:

Componente	Nivel	Cantidad por producto	Necesidad de producción mes 1	Stock	Producto				
					Mes 1	Programa semanal			
						Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
CONJUNTO A	1	1	600	-	600	150	150	150	150
SUBCONJUNTO A1	2	1	600	50	550	100	150	150	150
SUBCONJUNTO A2	2	2	1200	100	1100	200	300	300	300
ELEMENTO 6	2	1	600	100	500	50	150	150	150
ELEMENTO1	3	1	600	150	450	0	150	150	150
ELEMENTO 2	3	2	1200	450	750	0	150	300	300
ELEMENTO 3	3	10	6000	1250	4750	250	1500	1500	1500
ELEMENTO 4	3	4	2400	1000	1400	0	200	600	600
ELEMENTO 5	3	2	1200	1250	-50	0	0	0	0

TABLA 7_ Requerimientos para la fabricación del producto A.

El cuadro anterior fue elaborado, a modo de ejemplo, a fin de obtener únicamente los requerimientos necesarios para la fabricación del producto A.

En el mismo se representan cada uno de los subconjuntos y elementos que forman parte de la estructura del producto, con su respectivo nivel, cantidad de componentes por producto, necesidad relativa de producción para el próximo mes y estado actual de inventario.

Para el caso de los elementos, los cuales son adquiridos en proveedores, el requerimiento real para el mes, surge del descuento de la necesidad menos el stock (estado de inventario).

De allí se obtienen las cantidades a adquirir, las cuales son prorrateadas en las cuatro semanas que componen el mes, tomando como base la utilización de los inventarios en primer medida para luego gestionar la adquisición de los elementos faltantes.

Principios del sistema MRP_

El sistema MRP posee su estructura de funcionamiento basado en dos ideas esenciales:

- 1_ La demanda de la mayoría de los componentes no es independiente, únicamente lo es la de los productos terminados.
- 2_ Las necesidades de cada componente y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de datos bastantes sencillos tales como las demandas independientes (productos finales) y la estructura del producto.

Limitaciones del sistema MRP_

El sistema MRP cuenta con una serie de limitaciones dentro de las cuales se pueden destacar:

- No tiene en cuenta las restricciones de capacidad, por lo que no asegura que el programa de producción establecido sea viable.
- Requiere de pronósticos lo más exactos posibles.

Programación de carga de trabajo_

Diagrama de Gantt_

Como se mencionó anteriormente, el sistema MRP no tiene en cuenta las restricciones de capacidad para cada una de las operaciones y/o actividades que se llevan a cabo sobre los productos. Existen para ello una serie de herramientas que permiten asignar cargas de trabajo controlando que no se exceda la capacidad de la actividad.

El Diagrama de Gantt es una representación gráfica que se emplea para la programación de actividades, en la cual se representan en las columnas los tiempos en una escala apropiada y en las filas se indican las distintas actividades, permitiendo contrastar de esta forma la capacidad. A continuación, se muestra un ejemplo de Diagrama de Gantt:

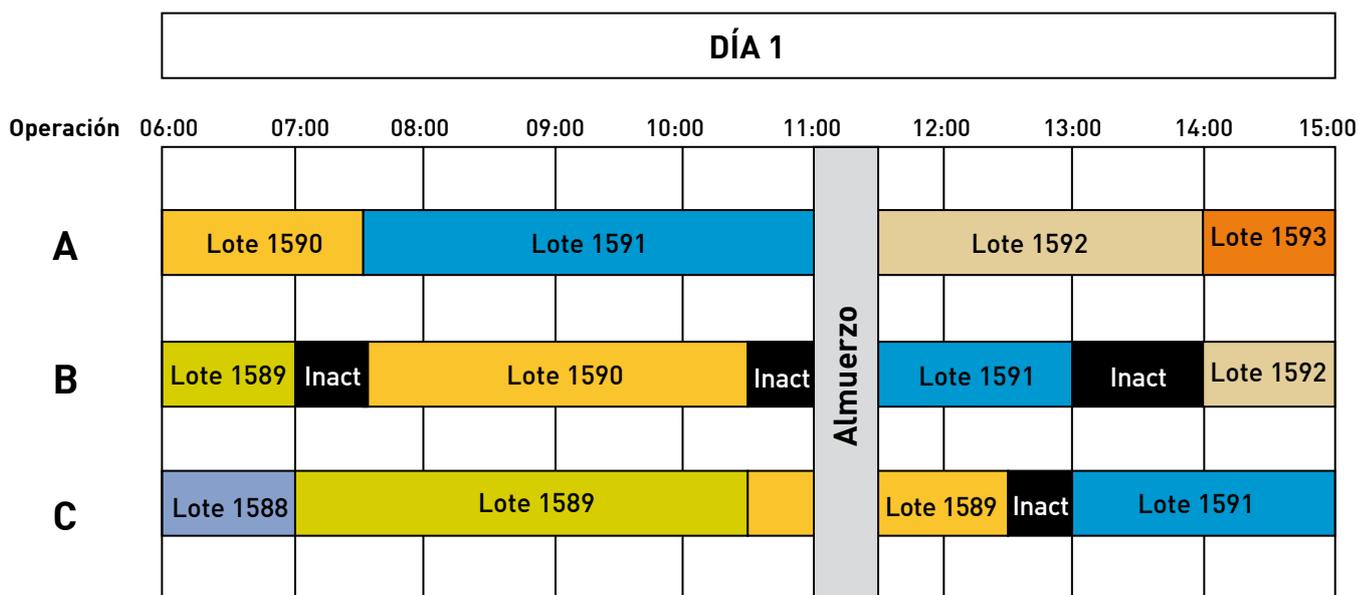


FIGURA 29_ Ejemplo de Diagrama de Gantt.

El gráfico anterior corresponde a la fabricación de distintos lotes de producción en tres operaciones distintas en el transcurso de una jornada laboral.

En el mismo se puede observar la carga de trabajo para las operaciones A, B y C compuesto por distintos lotes de fabricación. Asimismo es posible calcular los tiempos ociosos de los recursos, los cuales figuran en negro (Inactividad).

Teoría de Restricciones (TOC)

La metodología de la teoría de las restricciones (TOC) plantea una planificación de la producción a través de la previa identificación y pos optimización del recurso más crítico del sistema productivo. La restricción es "el eslabón más débil de la cadena" y determina el nivel máximo de desempeño del sistema, es por este motivo que al efectuarles una pequeña variación producen un impacto o cambio de gran magnitud en el mismo.

En una organización se pueden diferenciar dos tipos de restricciones:

A_ Restricciones físicas

Las restricciones físicas son las generadas por elementos tangibles del sistema, constituyen un eslabón en el proceso, cuyo flujo de resultados es menor al esperado por él. Pueden presentarse en por lo menos tres escenarios: las materias primas (abastecimiento), el proceso como tal (operaciones) y en las ventas (mercado).

B_ Restricciones políticas

Las restricciones políticas, en cambio, son aquellas relacionadas con las normas, presupuestos, procedimientos, condiciones de venta, entre otras, cuyo limitante del sistema viene dado por las prácticas comunes y gestiones empresariales, los cuales producen resultados negativos.

La implementación de la Teoría de las Restricciones se lleva a cabo en cuatro pasos:

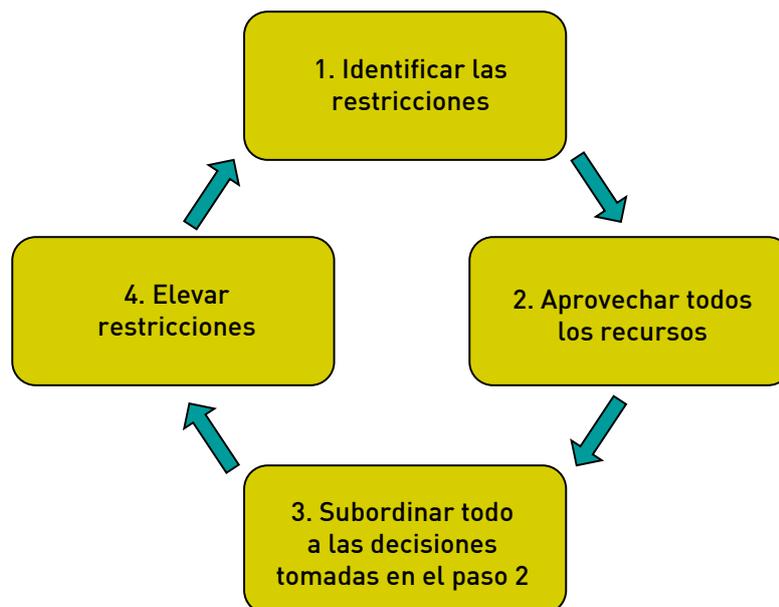


FIGURA 30_ Implementación de la teoría de las restricciones.

1_ IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA.

Existen diversas formas que permiten encontrar la restricción del sistema:

- 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.

Una vez identificada una restricción, se puede explotar la misma haciendo mejoras como por ejemplo asegurar su uso el 100 % del tiempo disponible. Para ello, algunos consejos son:

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

3_ SUBORDINAR TODOS LOS RECURSOS A LA RESTRICCIÓN.

Los recursos no restrictivos deben suministrar lo que la restricción necesita, ya que esta última marca el ritmo de producción del sistema. Para ello es imprescindible aplicar el método de programación DBR, de forma de asegurar los recursos a tiempo al cuello de botella. Aspectos a tener en cuenta:

- 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.

4_ ELEVAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA.

Elevar significa "levantar la limitación" y para lograr ello se puede:

- 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
- Reasignar tareas
- Estandarizar

Justo a tiempo (JIT)

Justo a tiempo o, Just in Time, es una filosofía que radica en la eliminación por completo de los desperdicios que inciden sobre la producción, desde las compras hasta la distribución, a efectos de reducir los costos. Su idea básica radica en la obtención del tipo requerido de unidades en el tiempo y en la cantidad que asimismo se requieran.

La filosofía de producción JIT establece producir los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades precisas. Lo primero que necesita el método JIT es permitir a todos los procesos conocer con precisión los tiempos y las cantidades requeridas.

A diferencia de los sistemas MRP, en donde la producción se planifica y ejecuta de principio a fin, previendo la demanda en base a pronósticos de ventas de producto terminado, los sistemas JIT actúan de manera inversa.

Suponen una revolución en el sentido de que cada proceso recoge los elementos o piezas del proceso anterior, partiendo de la última operación hasta llegar a la primera. A continuación se muestra una comparación de funcionamiento entre ambos sistemas:

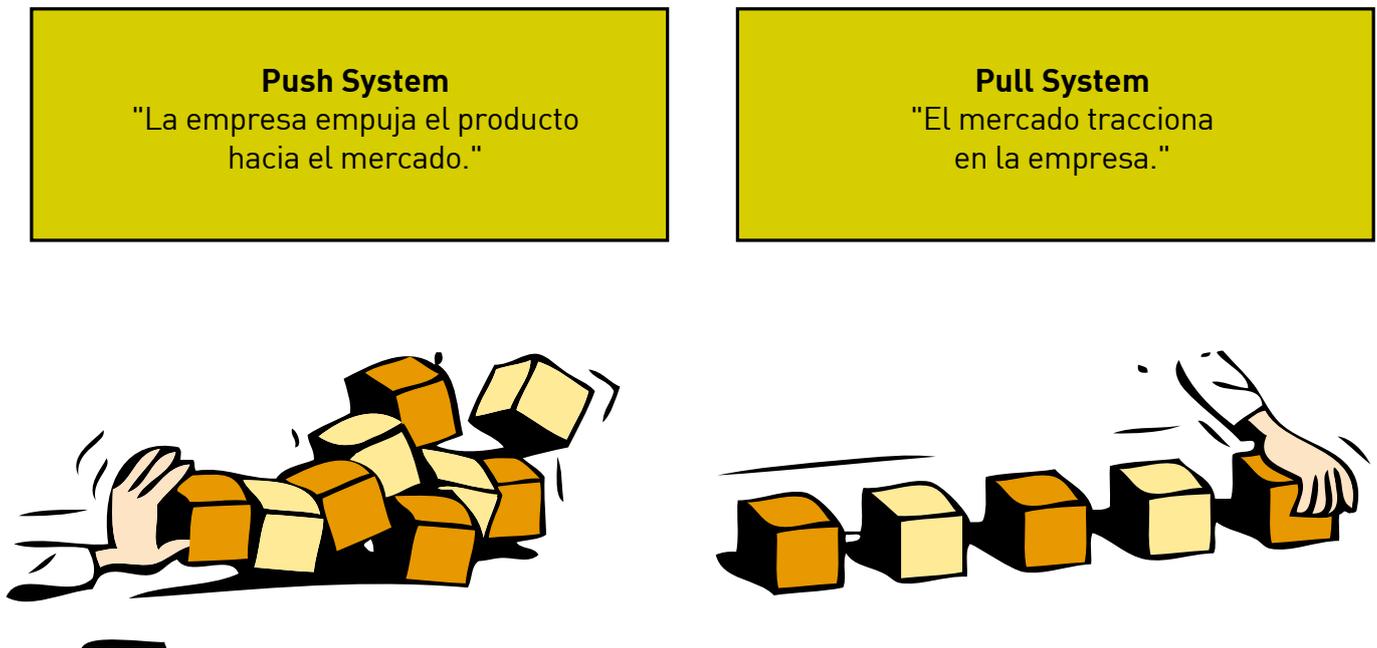


FIGURA 31_ Sistemas Push y Pull.

En los sistemas de planificación MRP se utiliza la metodología de producción Push, en donde los productos son "empujados" a través de cadena productiva, desde el principio al final. En contraste, los sistemas JIT utilizan una metodología Pull, en donde los productos son "jalados" desde el final de la cadena.

Este último, es un sistema que funciona bajo la modalidad de pedido, es decir, las máquinas y operaciones no comienzan a fabricar hasta que no haya una solicitud por parte del cliente.

La metodología Pull implementada por los sistemas JIT, se basa en la utilización de tarjetas llamadas **Kanban**, que cumplen la función de una orden de producción. El sistema de tarjetas recorre determinados puntos del proceso de fabricación a efectos de suministrar los elementos necesarios en el tiempo adecuado.

Entre los principales objetivos del uso de Kanban se puede mencionar:

- Informar a cada puesto: qué producir, cuánto producir y cuándo producir.
- Limitar la cantidad de materiales en procesos intermedios o finales, ya que únicamente se fabrica la cantidad indicada en la tarjeta.
- Instrucción de producción
- Tarjeta de identificación de los materiales

Las señales Kanban son de diversos tamaños y formas. La señal tradicional es una tarjeta con la siguiente información:

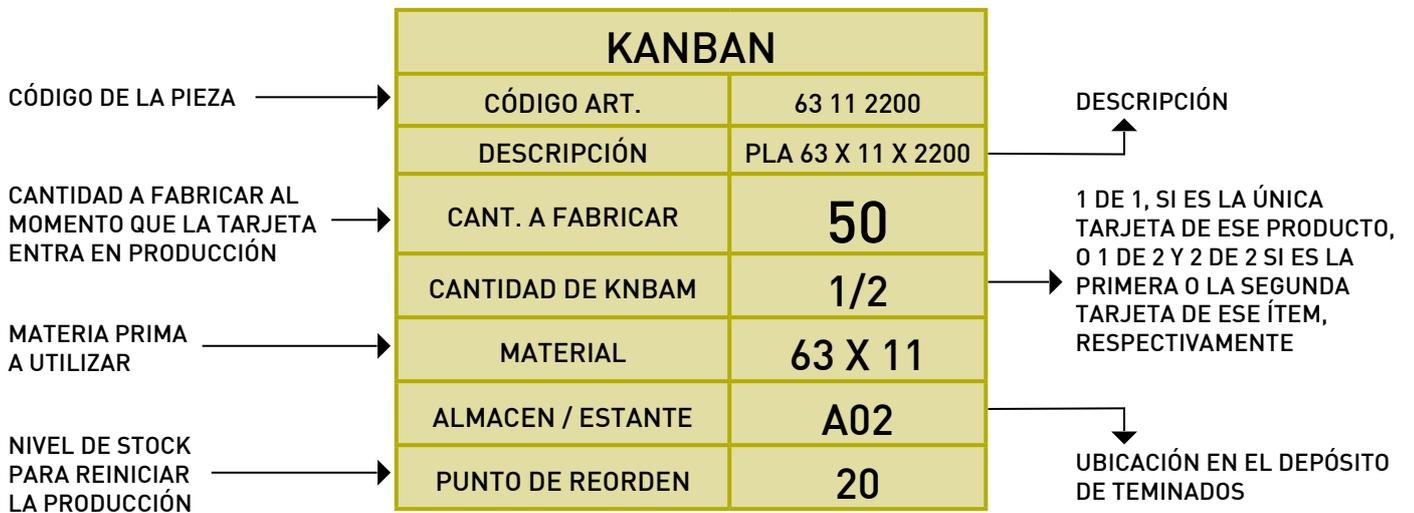


FIGURA 32_ Modelo de tarjeta Kanban.

JIT → Sistema Pull → Kanban

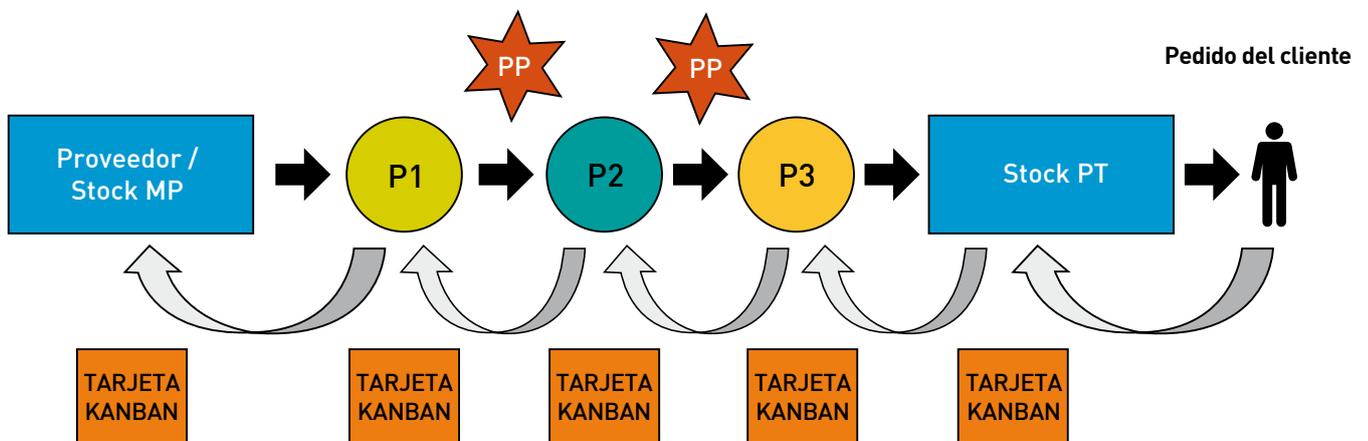


FIGURA 33_ Funcionamiento del Sistema Pull.

- La programación se realiza sobre la última operación.
- Esta última etapa del proceso es la que conoce el tiempo de entrega, y va tomando de la etapa anterior los elementos ó componentes necesarios para la fabricación de la cantidad que se solicita, en el momento justo y a la velocidad necesaria. Esta actividad es llevada a cabo a través de las mencionadas tarjetas KANBAN. Cada puesto recibe de su sucesivo, una tarjeta (orden de producción a fabricar) con cantidad solicitada por la demanda.
- Las máquinas no comienzan a fabricar hasta que no haya una solicitud por parte del cliente interno o externo por una cantidad definida.

Ejemplo de un sistema Pull_

¿Cómo trabajan los supermercados?_

- 1_ El cliente puede tomar lo que necesita, cuando lo necesita, y en la cantidad que necesita.
- 2_ Un empleado del supermercado repone lo que el cliente se llevó de la góndola, tomándolo del stock.
- 3_ Compras solicita al proveedor lo que el empleado se llevó, reponiendo el stock.



Gestión de Inventarios_

¿Qué es el inventario o stock?_

Se conoce como stock, inventario o existencias, al conjunto de materiales y artículos que se almacenan para, generalmente, hacer frente a las fluctuaciones de la demanda.

Es crucial saber qué hay en existencias, en qué cantidad y donde se guarda, para administrar eficazmente los inventarios. Sin información precisa, las compañías pueden cometer errores graves si ordenan o producen demasiado, muy poco, o envían productos a un lugar equivocado. Las empresas pueden tener inventarios grandes, y pese a ello, sufrir desabasto de productos porque tienen demasiado inventario de algunos artículos y muy poco de otros.



FIGURA 34_ Ejemplo de inventario.

Composición de los stocks_

MATERIAS PRIMAS_

Productos que sirven para la fabricación y que se encuentran en el almacén a la espera de ser empleados en el proceso de producción.

PRODUCTOS SEMIELABORADOS_

En este apartado podemos considerar los productos en curso, es decir, los que se encuentran a la espera de ser reintegrados en la siguiente fase de un proceso de fabricación, o los fabricados por la empresa que no se destinan a la venta mientras no se completa su fabricación.

PRODUCTOS TERMINADOS O MERCADERÍAS_

Se encuentran en los almacenes a la espera de ser vendidos.

BIENES DE EQUIPO Y RECAMBIOS_

Es la maquinaria y los equipos empleados por la empresa para desarrollar su actividad, así como las piezas dedicadas a la sustitución de las que se van deteriorando en las máquinas del proceso productivo.

INSUMOS DIVERSOS_

Si bien son necesarios y es imperioso su control y gestión, cumplen una función secundaria dentro del sistema productivo. Entre ellos se pueden encontrar, por ejemplo, los envases para embalaje.

Función del Inventario_

- **ESCASEZ_**

Evitar la imposibilidad de abastecer a los clientes, ante la incertidumbre de su demanda o ante un posible retraso en el suministro de los pedidos.

- **ECONOMÍA DE ESCALA_**

Aprovechar la disminución de los costos a medida que aumenta el volumen de compras o de fabricación. Así como el costo de producir disminuye al aumentar el volumen de producción, también se pueden obtener beneficios de determinados descuentos por volumen de compra.

- **COMERCIAL_**

lograr un equilibrio entre las compras y las ventas para alcanzar la máxima competitividad, regulando, mediante el almacenaje, el flujo de adquisiciones y entregas.

La necesidad de los inventarios_

La necesidad de disponer de inventarios viene dada por la dificultad de coordinar y gestionar en el tiempo, las necesidades y requerimientos de los clientes con el sistema productivo, y las necesidades de producción con la habilidad de los proveedores de suministrar los materiales en el plazo acordado. En la administración de los inventarios existen una gran cantidad de inconvenientes, entre los cuales se pueden mencionar:

- Elevado tiempo de entrega y bajo grado de cumplimiento de proveedores.
- Inadecuada programación de la producción.
- Producción en lotes grandes.
- Problemas de calidad (desperdicios, mermas, reprocesos, etc.).
- Gran variabilidad de la demanda.

El siguiente gráfico agrupa los problemas en internos y externos y, a su vez, estos últimos se subdividen en proveedores y clientes:

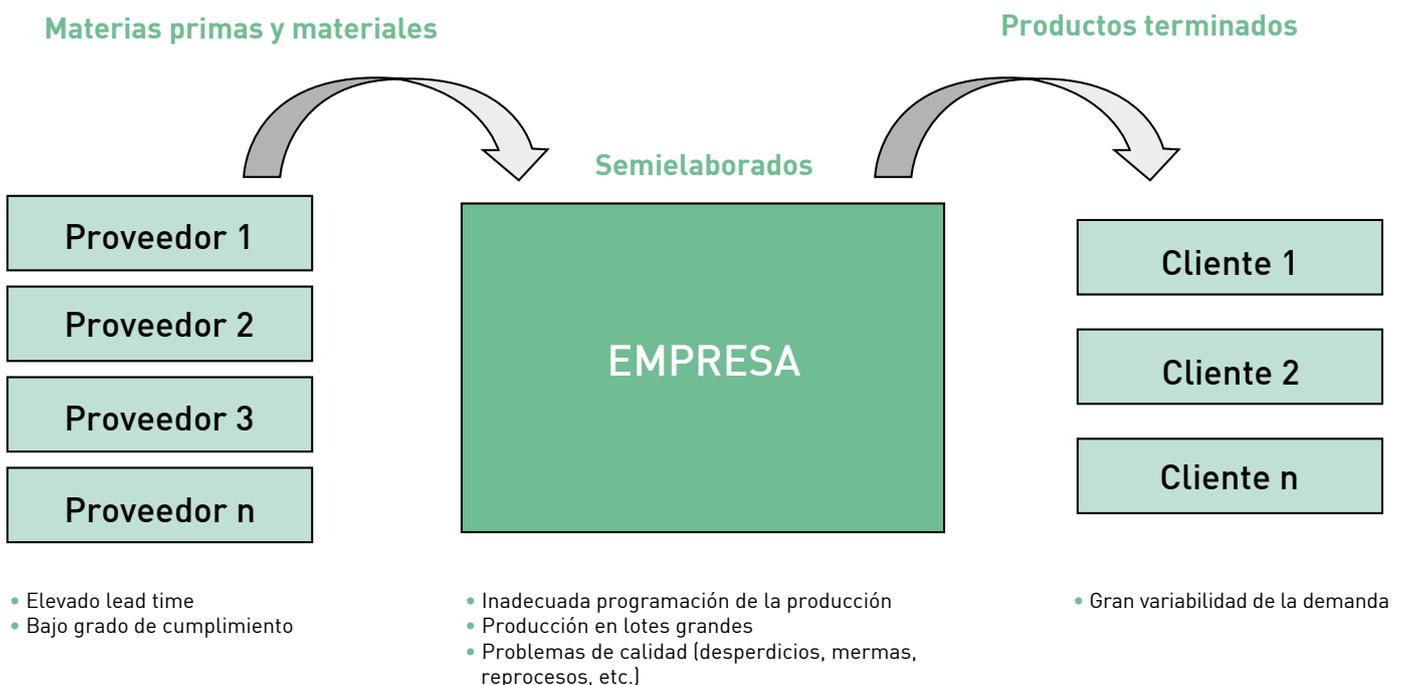


FIGURA 35_ Puntos del sistema en donde se pueden generar problemas de stock.

¿Por qué es necesario mantener bajos niveles de inventario?_

La principal razón para mantener bajos los niveles de inventario es que el mismo representa una inversión monetaria temporal. Como tal, la empresa incurre en un costo de capital, originado por el dinero que está inmovilizado en el inventario y que podría utilizarse para otros propósitos. Además del mencionado costo de capital, se incurre en otros costos como: impuestos, almacenaje, manejo, seguros y mermas.

Las principales razones son:

- Costos de: capital, almacenaje, manejo, impuestos, seguros y mermas.
- Obsolescencia de productos
- Daño o rotura de materiales

Sistemas de producción_

Existen distintas formas de clasificar los sistemas de producción. Sin embargo, si contemplamos la forma de comercialización de los productos por parte de la empresa, se pueden clasificar en:

- **SISTEMA DE PRODUCCIÓN A PEDIDO (SIN STOCK DE PRODUCTO TERMINADO):** a partir de la recepción del pedido del cliente, se comienza con la programación de actividades y la definición de los recursos necesarios.
- **SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONTRA STOCK (CON STOCK DE PRODUCTO TERMINADO):** se fabrica con anterioridad a la recepción del pedido.

Por su parte, e independientemente del sistema de producción, las empresas pueden contar o no con inventarios en distintas fases del proceso productivo:

- **SIN STOCK DE MATERIA PRIMA:** la gestión de adquisición de materias primas y/o insumos se lleva a cabo al momento de detectarse la necesidad.
- **CON STOCK DE MATERIA PRIMA:** la empresa cuenta con stock de materias primas e insumos, adquiridas previamente a la necesidad.
- **CON STOCK EN PUNTO DE DESACOPLE:** el stock se encuentra centralizado en una fase intermedia del proceso de producción común a la mayoría de los productos, a partir de la cual se procede a personalizar el producto en base a las necesidades del cliente.

El sistema de producción que adopte una empresa está sujeto en gran medida a las problemáticas planteadas anteriormente, al tiempo de respuesta que requiera el mercado y a la capacidad de la empresa para afrontar la carga económica y financiera de los stocks. Generalmente las empresas que fabrican contra stock se encuentran en una situación de mercado en la cual el tiempo de respuesta al cliente es una ventaja competitiva fundamental. Por tal motivo, estas empresas prefieren adoptar una política de afrontar la carga económica y financiera de mantener inventarios, en lugar de correr el riesgo a perder ventas y/o mercado.

Ante la situación anteriormente planteada, cuando el ciclo de producción es mayor al tiempo de respuesta que requieren los clientes, la empresa debe necesariamente contar con stock. La política de contar o no con stock de materias primas y/o inventarios en el punto de desacople es determinada en base al tiempo que lleva la reposición del producto terminado frente a la tasa de demanda del mercado.



En el siguiente gráfico se representan los tiempos de entrega (despacho) y los tiempos de reaprovisionamiento de producto terminado en distintos casos: sin stock de MP, con stock de MP y con stock en punto de desacople.

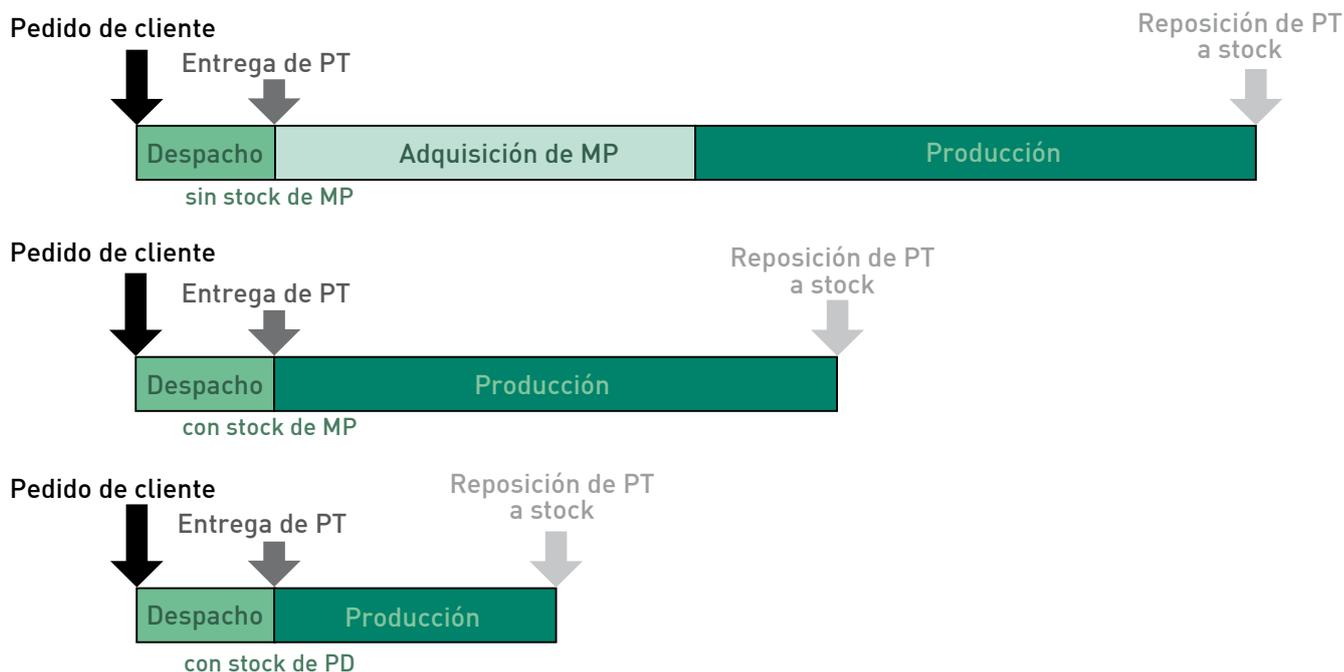


FIGURA 36_ Stock para diferentes sistemas de producción.

Cuando el tiempo de respuesta al cliente no juega un papel determinante para la diferenciación en el mercado, las empresas pueden adoptar la decisión de producir a pedido, siempre y cuando el ciclo de producción sea acorde a las necesidades del cliente.

En este caso, las empresas también pueden adoptar la política de mantener inventarios de MP o no, y/o de material semielaborado en el punto de desacople. Si la gestión de adquisición de materiales representa un factor importante en el tiempo total del ciclo, las empresas generalmente adoptan la política de mantener inventarios de materias primas e insumos necesarios, caso contrario la adquisición de las mismas se lleva a cabo al realizarse el pedido concreto del cliente.

Como se observa en varios de los modelos anteriormente expuestos, la gestión de inventarios de materias primas, insumos y productos terminados, representa un papel fundamental en la gestión integral de la producción. El gráfico de dientes de sierra constituye uno de los modelos más frecuentemente empleados para la gestión de existencias.

Comportamiento del stock _

Para realizar una gestión de stocks, es necesario primero determinar la cuantía que deseamos o necesitamos almacenar.

Esto, que a primera vista parece sencillo, entraña su dificultad, debido, por un lado, a las distintas clases de stock que podemos considerar al hacer el cálculo y, por otro, a las variaciones que éste experimenta.

Gráfico de dientes de sierra_

El gráfico de dientes de sierra corresponde a una representación de consumos y reabastecimiento de materiales (materias primas, componentes o productos terminados) a efectos de gestionar el nivel de inventarios de los mismos. En el eje de las ordenadas (eje y) se representan las cantidades y en el de abscisas (eje x) el tiempo. Las cantidades que se van retirando corresponden a requerimientos reales de producción en el caso de materias primas, o a ventas realizadas en caso de corresponder a productos terminados. A continuación se muestra un ejemplo de gráfico de dientes de sierra:

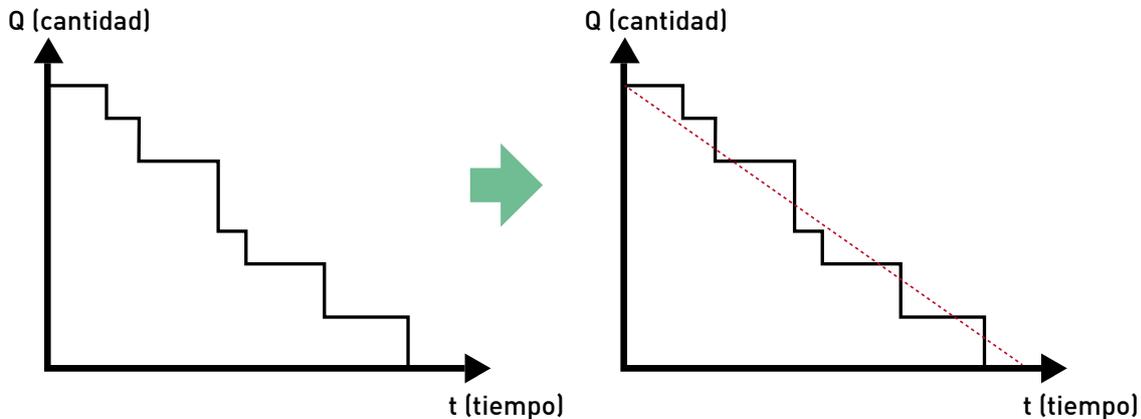


FIGURA 37_ Gráfico de dientes de sierra.

Puede observarse en la representación de la derecha que los consumos pueden linealizarse, aunque en realidad son escalonados en el tiempo. La pendiente de la recta representa la tasa de demanda del mercado.

Si procedemos a graficar en un horizonte mayor de tiempo, se puede observar que la gráfica adopta forma dentada, debido a que cuando se llega al nivel de stock cero, se repone en forma instantánea la cantidad de producto correspondiente al stock máximo. Este ciclo se repite en el tiempo, obteniéndose la siguiente representación:

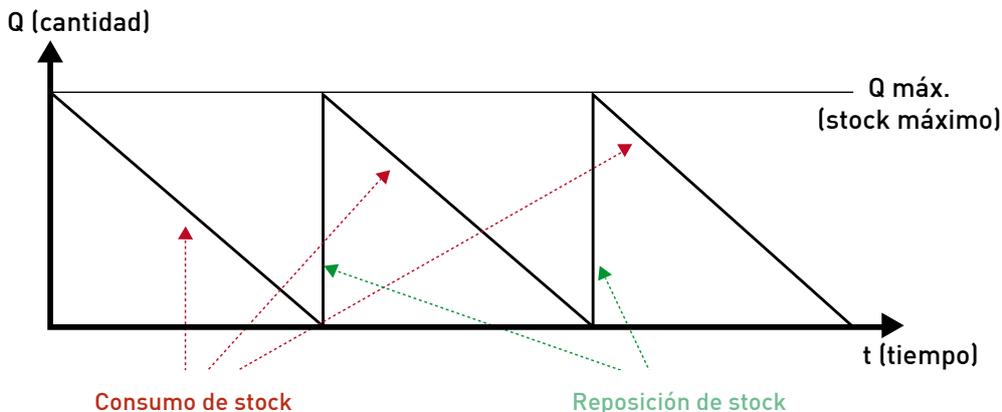


FIGURA 38_ Gráfico de dientes de sierra.

Para que este modelo funcione correctamente, es necesario contar con dos parámetros importantes:

- Tiempo de reposición (t_r)
- Punto de pedido (Q_p)

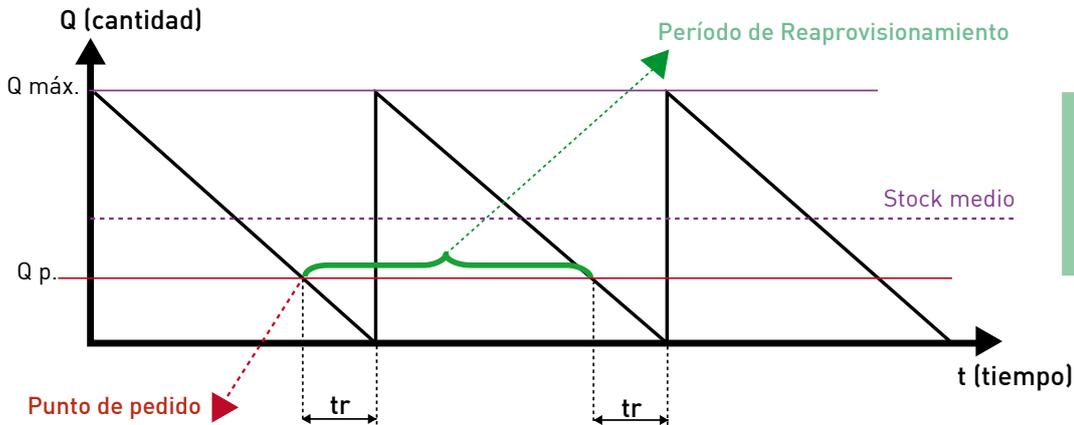
El tiempo de reposición, en el caso de las materias primas, es el tiempo que transcurre desde que se lleva a cabo el pedido al proveedor hasta que el mismo procede a entregarla y se encuentra disponible para su procesamiento. En el caso de producto terminado, es el tiempo desde que se emite la orden de producción hasta que el producto se encuentra disponible para la venta.

En base al tiempo de reposición y a la tasa de demanda dada por la pendiente de la recta, se obtiene el punto de pedido, que es la cantidad a partir de la cual se debe realizar la gestión de adquisición al proveedor en el caso de las materias primas, o la emisión de la orden de producción, para productos terminados.

// Cuando el stock llega al punto donde es necesario hacer un nuevo pedido para reaprovisionar el almacén, se dice que estamos en el punto de pedido //

El stock máximo ($Q_{\text{máx}}$) generalmente surge de una decisión política de la empresa respecto del grado de cobertura que se requiere ante los quiebres de stock.

En la siguiente gráfica se representa el tiempo de reposición, el punto de pedido y el período de reaprovisionamiento:



El stock medio expresa la inversión en existencias que, por término medio, realiza la empresa.

FIGURA 39_ Gráfico de dientes de sierra.

// Llamamos periodo de reaprovisionamiento al plazo de tiempo que transcurre entre dos entregas de nuestro proveedor //

Generalmente, la demanda que deben atender las empresas industriales es variable en el tiempo, lo cual implica que la pendiente de la recta de consumo pueda sufrir variaciones.

Si los tiempos de reposición permanecen constantes, los puntos de pedido se modificarán ante los cambios de demanda, tal como se muestra a continuación:

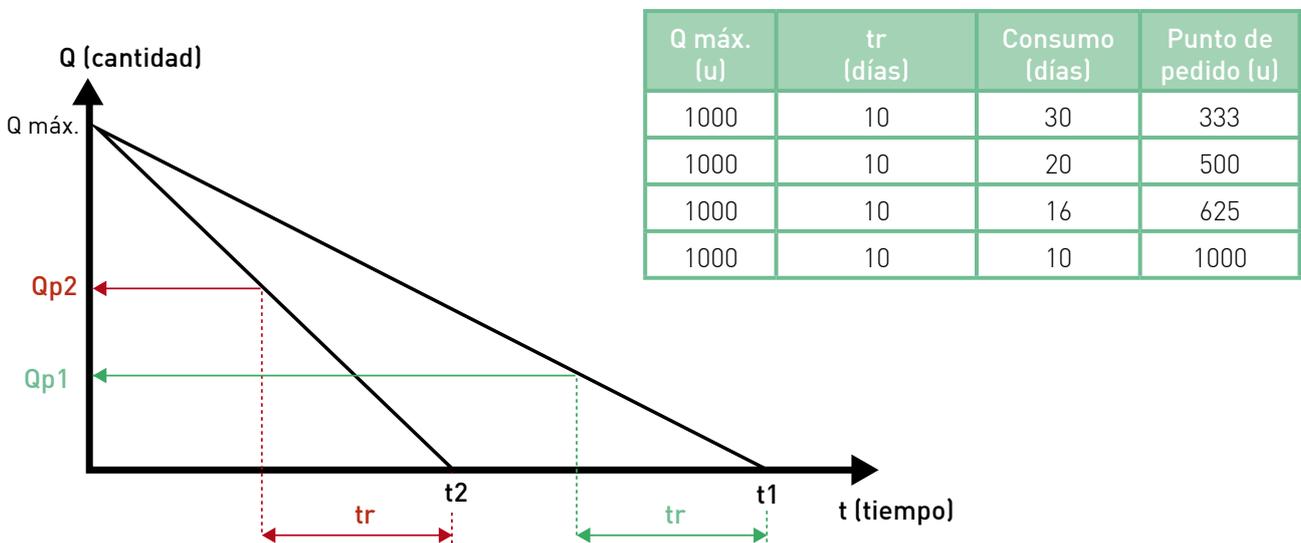


FIGURA 40_ Cambios en la demanda.

De esta manera, resulta difícil saber en qué momento se debe realizar la orden de reabastecimiento del producto. Una forma de solucionar esta situación es contar con stock de seguridad (SS), también denominado stock de protección (S_p), de modo de amortiguar las variaciones de la demanda, manteniendo inalterable el punto de pedido.

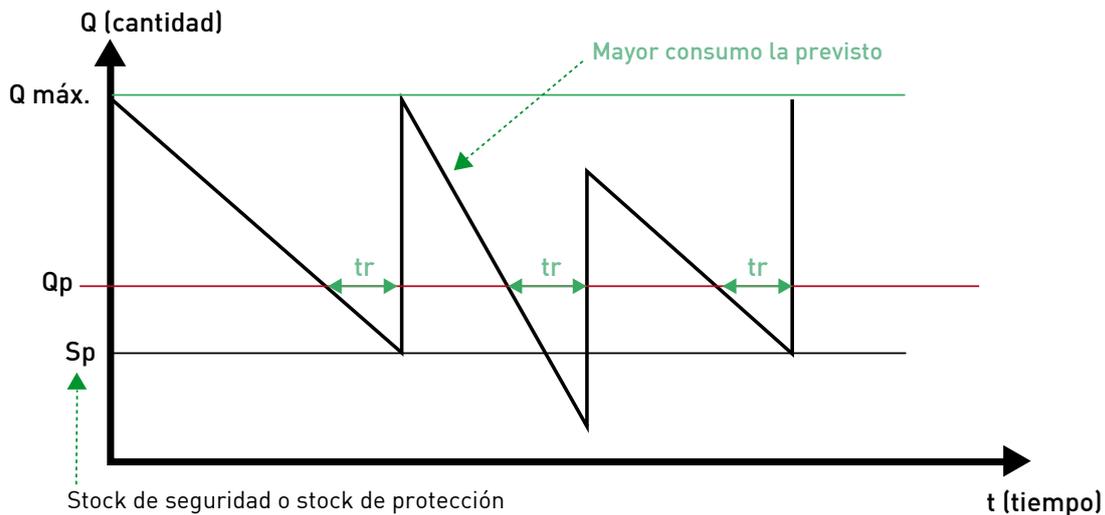


FIGURA 41_ Gráfico de dientes de sierra ante cambios en la demanda.

El stock de seguridad que se adopte, dependerá del nivel de servicio que se quiera tener, y en mayor medida, de la posibilidad de ocurrencia de sucesos inesperados que alteren o perturben la gestión planificada.

La instrumentación de este modelo se puede llevar a cabo fácilmente con el empleo de un software adecuado a las necesidades de la empresa, o bien con planillas Excel.

Factores que intervienen en la gestión del inventario_

A la hora de gestionar las existencias hay que tener en cuenta diversos factores: hay que tener suficiente stock para cubrir la demanda, pero, por otro lado, el costo de gestionar el stock debe ser el más bajo posible, siempre y cuando resulte rentable. Los factores principales son:

LA DEMANDA: toda gestión de stock está fundamentada en un conocimiento lo más real posible de la demanda. Se necesita hacer previsiones de las ventas que se realizarán y, en función de cómo sean estas ventas, se tendrá una gestión de stock u otra.

NIVEL DE SERVICIO: se refiere a la satisfacción que proporciona la empresa a sus clientes. Tener un buen nivel de servicio significa que los clientes encuentran el artículo que buscan en el momento en que lo buscan. La decisión de qué nivel de servicio dar, estará en función de la imagen que pretendamos tener.

$$\text{NIVEL DE SERVICIO} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Demanda}} * 100$$

LOS COSTOS: para minimizar la función de los costos es necesario conocer bien su composición. Estos se pueden dividir en las siguientes 3 categorías:

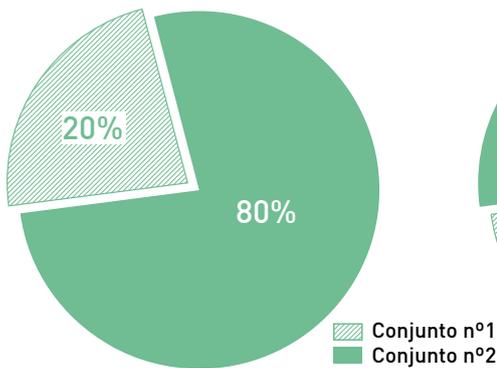
- **Costo de adquisición:** primero hay que comprar el stock y pagar su precio. Este ítem es fácil de calcular, pues basta con multiplicar el precio de cada producto por el número de unidades adquiridas.
- **Costo de emisión de pedidos:** Colocar los productos en el almacén supone gastos de transporte, manipulación, papeleo, etc., que hay que tener en cuenta.
- **Costos de almacenaje:** representa el costo de mantener las existencias en el almacén y todos los gastos derivados de su gestión.

El costo total de la gestión del stock es la suma de los 3 costos anteriores.

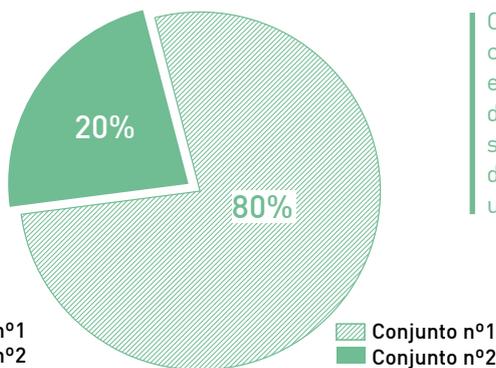
Control de Inventario: Sistema ABC

Si bien es necesario llevar un control de inventarios para asegurar la continuidad del proceso productivo, un control minucioso de todos y cada uno de los artículos tendría un costo excesivo, por lo que, es de carácter significativo adoptar una metodología de control que evite este sobrecosto. La metodología del sistema ABC deriva de la famosa ley de Pareto. Según ésta, en muchas situaciones económicas se observa que un pequeño número de elementos de un conjunto (aproximadamente el 20%) le corresponde la mayor parte del valor de otro conjunto (alrededor del 80%). Para ser más gráficos:

Distribución de valores



Distribución de cantidades



Como se comprende, esta correspondencia (80-20) no es exacta. Indica más bien, la desproporción que con frecuencia se da en el reparto de un determinado conjunto, entre un grupo de elementos.

FIGURA 42_ Sistema ABC.

Esta desproporción también suele presentarse en el caso de los inventarios. La constatación de esta realidad en un gran número de ocasiones, impulsó la aplicación del método ABC para decidir el grado de atención que se iba a prestar a los diferentes productos. El método consiste en dividir las existencias totales en los siguientes 3 grupos:

- **GRUPO A:** Está formado por un número reducido de artículos (un 5-20%), pero representa un gran porcentaje en cuanto al valor total del stock (60-80%).
- **GRUPO B:** Suponen un número mayor de artículos (20-40%) y representan un 30-40% del valor total.
- **GRUPO C:** Representa el mayor número de artículos almacenados (un 50-60%), pero sólo representa un 5-20% del valor total del stock.

El método ABC permite diferenciar los productos que necesitan una mayor atención en términos de tiempo y control.

Distribución del inventario

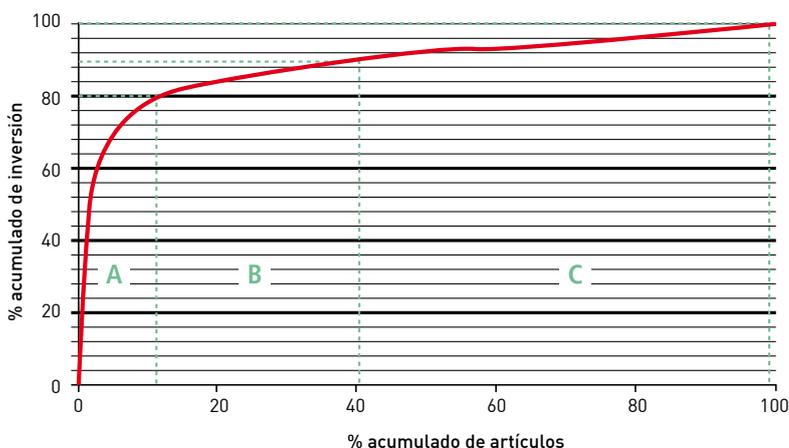


FIGURA 43_ Distribución del inventario en la metodología ABC.

Según se puede observar, los artículos del grupo A necesitan un control máximo, y por lo tanto requieren un sistema de revisión continua. Sin embargo, para los del grupo B y C la atención disminuye, siendo el último, el que reviste menos importancia en relación a la inversión.

Para la implementación de método ABC, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1_ Colocar los productos de mayor a menor valor en una tabla.
- 2_ Calcular el porcentaje que ocupa cada artículo sobre el total de los mismos y sobre el total de la inversión.
- 3_ Obtener los porcentajes acumulados de los artículos y de la inversión.
- 4_ Determinar los grupos A, B y C.
- 5_ Representarlo gráficamente, poniendo los porcentajes acumulados de artículos en el eje de las abscisas (x) y el porcentaje acumulado de inversión sobre el eje de ordenadas (y).

Tema
//06
/

SMED_

¿Qué pasaría si un piloto de Fórmula 1 parara en su box para cambiar los neumáticos, y justo en ese momento, los mecánicos se fueran a buscar los materiales al camión, no encontraran las herramientas, o cada rueda estuviera fijada al coche con cuatro tuercas imposibles de aflojar? Sería un completo desastre!

Esta era la situación en algunos sectores de la industria hace ya unos años, cuando el **Ing. Shigeo Shingo** se dio cuenta del enorme tiempo que se requería para cambiar ciertos tipos de matrices y moldes en el momento de cambiar de modelo en una línea de producción.

Esa enorme parada que provocaba el cambio de un producto a otro, llevaba a que en las fábricas, se produjeran lotes de gran tamaño de manera que no fuera necesario el cambio de un determinado molde, más que "de vez en cuando".



FIGURA 44_ Ejemplo de implementación de SMED.

SMED (Single Minute Exchange of Die), que en su traducción al español significa "cambio de matriz en menos de 10 minutos", es una técnica desarrollada por **Ing. Shigeo Shingo** en los años 50 y nace precisamente de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes de producción a medida que el mercado comienza a demandar una mayor variedad de productos. En una de las primeras aplicaciones del SMED, Toyota redujo la preparación o puesta a punto de una prensa de 1.000 toneladas de 4 horas a 3 minutos... ¿Cómo fue eso posible?

Cuando se produce un cambio de matriz en un prensa o cualquier otro útil en una máquina de producción, al igual que sucede con nuestro auto de Formula 1 cuando se detiene en boxes, se llevan a cabo diversas operaciones para su preparación y ajuste. Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos:

- **TAREAS INTERNAS:** Son todas aquellas tareas que solo pueden realizarse con la máquina parada. Por ejemplo, en una carrera de Fórmula 1, solo se pueden cambiar las ruedas y poner gasolina en los depósitos cuando el coche se detiene en boxes.

- **TAREAS EXTERNAS:** Incluye las tareas que pueden hacerse con la máquina en funcionamiento. Por ejemplo, en el caso de la Formula 1, los mecánicos pueden preparar todos los elementos del cambio (ruedas, herramientas, etc.) mientras el coche vuela sobre el asfalto.

El objetivo es identificar todas las operaciones, clasificarlas según los dos ítems anteriores, y analizar la manera de convertir operaciones internas en externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.

Una vez detenida la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas.

Luego de aplicada la técnica SMED y mejorado el método de cambio, se deben estandarizar las operaciones de modo que se pueda seguir perfeccionando la metodología y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.



FIGURA 45_ Shigeo Shingo.

Ventajas del SMED

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de herramental necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Además...

- Reduce el tiempo de preparación.
- Disminuye el tamaño del stock, y por ende los costos asociados, permitiendo reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Permite producir en un corto lapso varios modelos en la misma máquina o línea de producción.
- Mejora la calidad de producción ya que menor cantidad de productos en stock, significa menos defectos relacionados con el almacenamiento (roturas, oxidación, manipuleo, etc.).
- Mejora la seguridad en la operación de cambio, lo que implica menor riesgo de accidentes laborales.
- Ahorro de movimientos y esfuerzos innecesarios, lo que implica una menor fatiga laboral.
- Aumenta la motivación, ya que todo el mundo se siente tremendamente motivado al compartir el sentimiento de logro y de éxito.
- Genera un cambio más sencillo, lo que se traduce en la necesidad de operarios menos cualificados.

Este acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no solo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.

Principales errores en una Puesta a Punto

La **Puesta a punto** se puede definir como la serie de operaciones que se efectúan para ajustar una máquina a sus condiciones óptimas de funcionamiento.

Cuando se analizan los tiempos de la Puesta a Punto, aparecen habitualmente las siguientes operaciones indeseables:

- Los productos terminados y el herramental, se trasladan con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima y el herramental, se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices, etc., no están en condiciones de uso inmediato y se advierte la situación cuando la máquina se encuentra detenida esperando por el cambio.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio, en momentos en donde la máquina se encuentra detenida.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.



FIGURA 46_ Falta de SMED o Puesta a punto deficiente

Aplicación de SMED

La implantación de esta técnica consta de 4 etapas básicas:

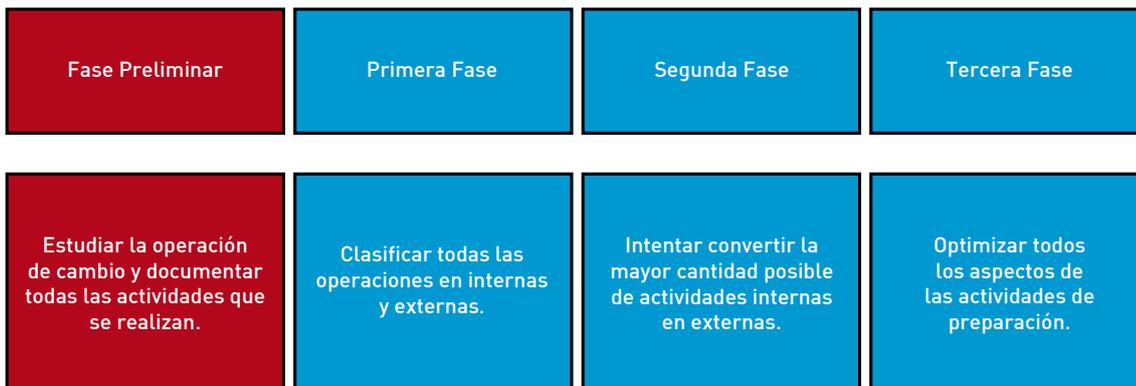


FIGURA 47_ Etapas para la aplicación de SMED.

Fase Preliminar: Estudio de la operación de cambio

Partimos de la premisa “lo que no se conoce no se puede mejorar”, por esta razón en esta etapa se realiza el siguiente análisis detallado del proceso de cambio:

ESTUDIAR LAS CONDICIONES ACTUALES

- Análisis y medición con cronómetro.
- Entrevistas con operarios (y con el preparador).
- Grabar en vídeo.
- Sacar fotografías.
- Mostrarlo después a los trabajadores.

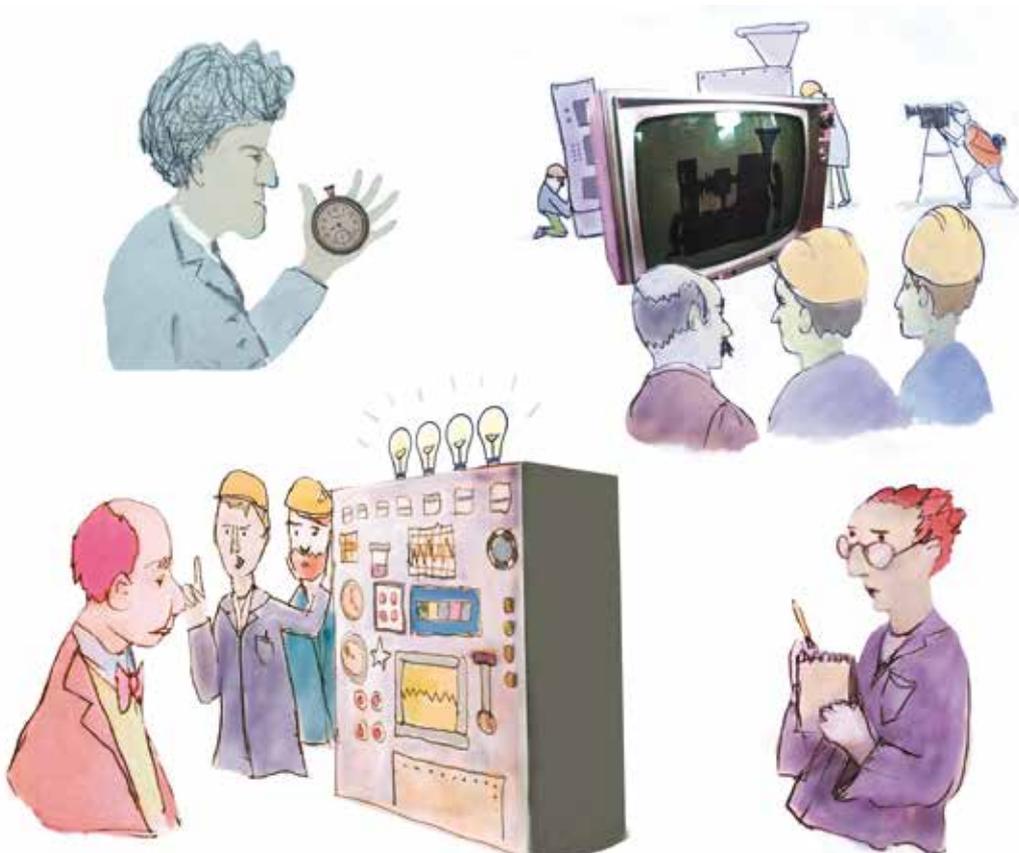


FIGURA 48_ Métodos para estudiar las condiciones iniciales.

REGISTRAR LOS TIEMPOS DE CAMBIO_

- Conocer la media y la variabilidad.
- Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.

Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que dediquemos a su estudio puede evitar posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

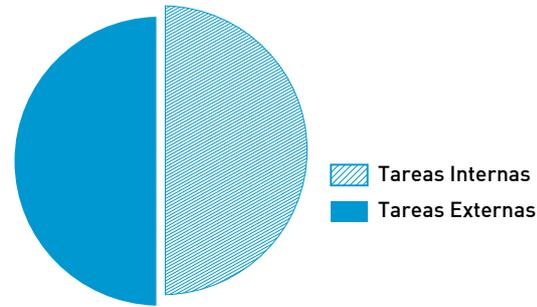


FIGURA 49_ Separación de tareas internas y externas.

Primera Fase: Separar tareas internas y externas_

Como primer paso para mejorar el tiempo de preparación es distinguir las actividades que se llevan a cabo: Preparaciones externas y preparaciones internas.

En esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo. Por ejemplo, se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no conviene hacerse con la máquina parada, pero sin embargo se hace.

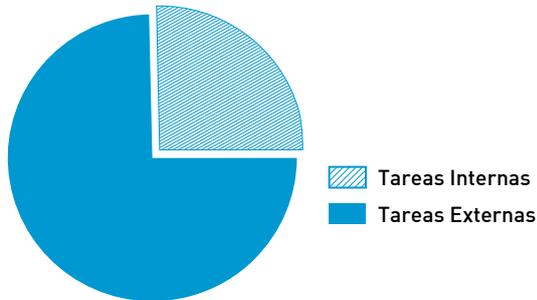


FIGURA 50_ Conversión de tareas internas en externas.

Segunda Fase: Convertir tareas internas en externas_

En esta etapa debemos formularnos la siguiente pregunta: ¿Qué actividades que se hacen actualmente con la máquina parada podrían llegar a ejecutarse con la máquina en marcha? La idea es que se conviertan la mayor cantidad posible de operaciones internas en externas, para llevar al mínimo el tiempo de parada de la máquina.

Algunos puntos para tener en cuenta:

- **PREPARAR POR ANTICIPADO LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.** Esto significa alcanzar los parámetros de presión, temperatura, posición de materiales, etc., especificados para el setup mientras la máquina se encuentra en marcha.
- **ESTANDARIZAR FUNCIONES.** Cuando el herramental, dispositivos y parámetros, cambian completamente en la configuración de una máquina entre una operación y la precedente, los tiempos de "Preparación Interna" se incrementan notablemente. La estandarización de funciones busca mantener condiciones similares entre los cambios y de esta forma reducir tiempos.
- **UTILIZACIÓN DE PLANTILLAS INTERMEDIAS.** Cuando aun luego de las primeras mejoras realizadas, la suma del tiempo de los elementos de la "Preparación interna" permanece alta. Plantillas, soportes, bases con dimensiones estandarizadas, son utilizadas como soporte auxiliar para trasladar elementos de la "Preparación Interna" a la "Preparación externa".

Cuatro reglas simples deben tenerse en mente al tratar de mejorar tiempos de intervención:

- No tener que buscar partes, suplementos o herramientas en el momento del cambio; las mismas deben encontrarse almacenadas en un lugar bien identificado.
- No mover cosas innecesariamente. Establecer una mesa de trabajo apropiada.
- Almacenar las partes o herramientas necesarias para el cambio lo más cerca posible del lugar donde se necesitarán.
- No usar las herramientas o repuestos incorrectos.

En esta etapa se puede reducir el tiempo de preparación en un 30-50%.

Tercera Fase: Optimizar las tareas internas y externas_

En esta etapa se busca perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales. Algunas técnicas del Sistema SMED para mejora de las operaciones pueden ser:

- Mejora del transporte y almacenamiento de herramental.
- Sujeciones funcionales. Eliminar en lo posible las tuercas y tornillos o bien reducir al mínimo los tiempos de enroscado. Métodos de una vuelta, de un movimiento, de eliminación de pernos, son utilizados para reducir tiempos de enroscado.

- Implementación de operaciones en paralelo. Estas operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho a acelerar algunos trabajos. Con dos personas una operación que llevaba 12 minutos no será completada en 6, sino quizás en 4, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen.
- Eliminación de ajustes, Se llama ajuste a las piezas no conformes que a base de prueba y error se van produciendo hasta lograr la pieza de acuerdo a especificaciones. Esta etapa del setup, además de alargar los tiempos, despilfarra una cantidad extra de material y de otros recursos. Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación.
- Automatización, Mientras que las técnicas generales presentadas hasta aquí pueden reducir los tiempos de preparación de horas a minutos, la "automatización" sólo reducirá este tiempo en pocos minutos o segundos. Solo deberá considerarse este método cuando se encuentren aplicadas las técnicas vistas anteriormente, ya que si saltamos directamente a la "automatización", corremos el riesgo de automatizar operaciones ineficientes, es decir, reducir el tiempo de operaciones inútiles que en realidad debieran eliminarse.

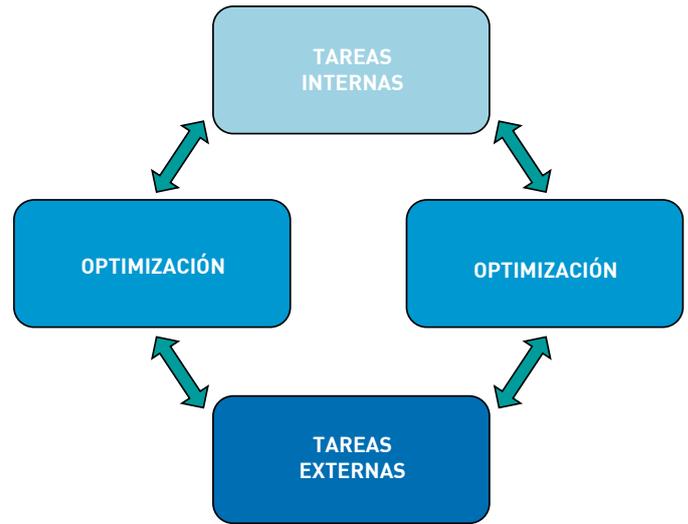


FIGURA 51_ Optimización de tareas.

Resumen

0 Fase: Preliminar



1 Fase: Separación

Separación interna/externa



2 Fase: Conversación

Trasferencia interna/externa



2 Fase: Mejora

Minimización de preparación interna y externa



FIGURA 52_ Resumen de aplicación de SMED.

// “No hay nada tan inútil como hacer eficiente las cosas que no deberían hacerse de ningún modo” //

Peter Druker



Tema
//07


Mantenimiento Productivo Total_

Objetivos_

El concepto mas amplio de mantenimiento considera que ya no es suficiente con que el objetivo del mantenimiento sea "mantener las maquinas funcionando" o ni siquiera "mantener las máquinas funcionando el mayor tiempo posible", va mucho mas allá y se pregunta, ¿A que ritmo de producción?, ¿Con cuantos productos defectuosos? ¿Con qué costo para el medio ambiente? Y ¿Qué hay de la seguridad de las personas? Es por esto que fundamentalmente se busca:

- cero accidentes
- cero defectos
- cero averías
- cero pérdidas

Fundamentalmente todo podría resumirse en que el objetivo de mantenimiento no es distinto que el del resto de la empresa y es cumplir con el plan de producción.

Esto le da nombre al concepto de Mantenimiento Productivo Total porque ya no solamente todos los miembros de la empresa son responsables, en cierta medida, por el mantenimiento, sino que también todos comparten el mismo objetivo fundamental de cumplir con el cliente.

Como dijimos, muchas de las actividades de mantenimiento son "delegadas" a los operadores de las máquinas. Esto se denomina mantenimiento autónomo. Quien mas conoce la máquina es en general quien la opera y además es quien cuenta con la oportunidad permanente de identificar fallas prematuramente. Es decir, pequeños ruidos anómalos, vibraciones anormales, olores, aumento de temperatura por mal funcionamiento, fugas de líquidos o gases, zonas de corrosión, tornillos flojos, cambios en el nivel de aceite, etc.

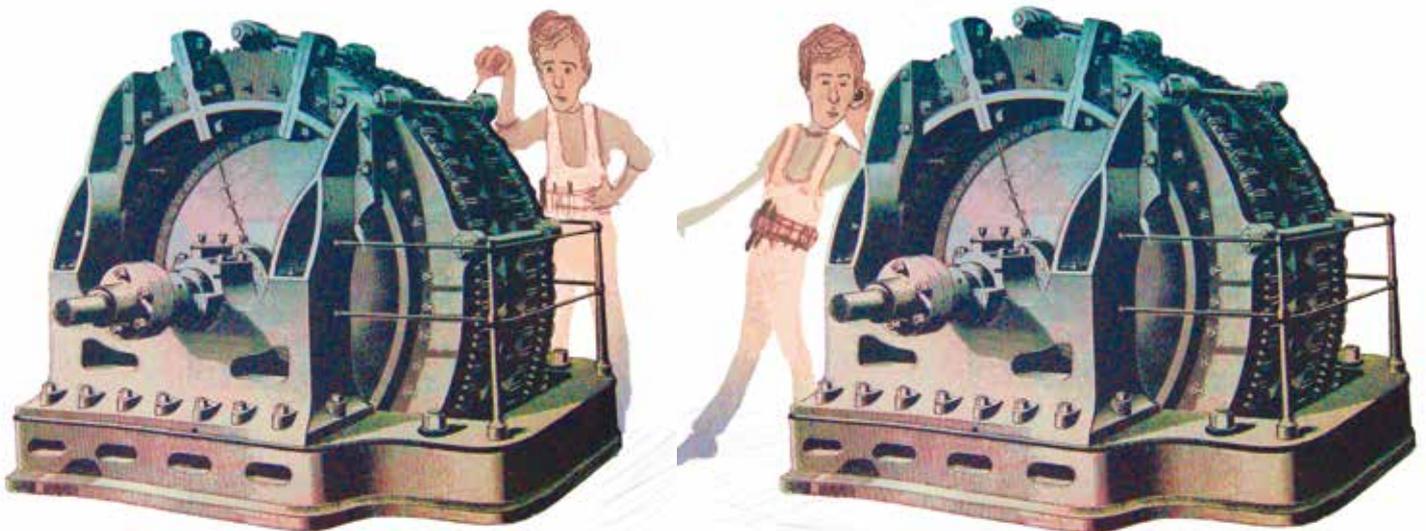


FIGURA 53_ Ejemplos de mantenimiento autónomo.

Si la solución es simple se puede hacer por el operario durante la operación, y si requiere mayor atención, herramienta específica, detener la máquina y la intervención de un especialista, el operario comunica esto al personal de mantenimiento.

Como contrapartida de este nuevo rol de los operarios, el personal de mantenimiento asume una responsabilidad mayor. Debe capacitarlos para que ellos sean capaces de identificar estos problemas cotidianos leves y además, ocuparse de una planificación a largo plazo.

Asumiendo el objetivo de cumplir con el plan de producción es muy importante trabajar en mejorar la productividad, y por esto el personal de mantenimiento dedica gran parte de su tiempo a:

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Desarrollar dispositivos y adaptar las máquinas de la empresa.

Todo el proceso de Mantenimiento tiene una fuerte base en las 5S ya que una de las actividades de inspección más eficientes es la limpieza de las máquinas. Una fuga de aceite fácilmente pasa desapercibida en una máquina totalmente llena de aceite, una fisura puede quedar oculta por el polvo, de la misma manera vibraciones y altas temperaturas pueden identificarse al contacto, el olor por recalentamiento o principios de corrosión pueden identificarse inspeccionando durante las actividades de 5S. Como puede verse es necesario tener los 4 sentidos alertas y adiestrados.

Una vez que las actividades de 5S están instaladas se puede “construir” una estructura de organización de mantenimiento basada en 7 pilares.

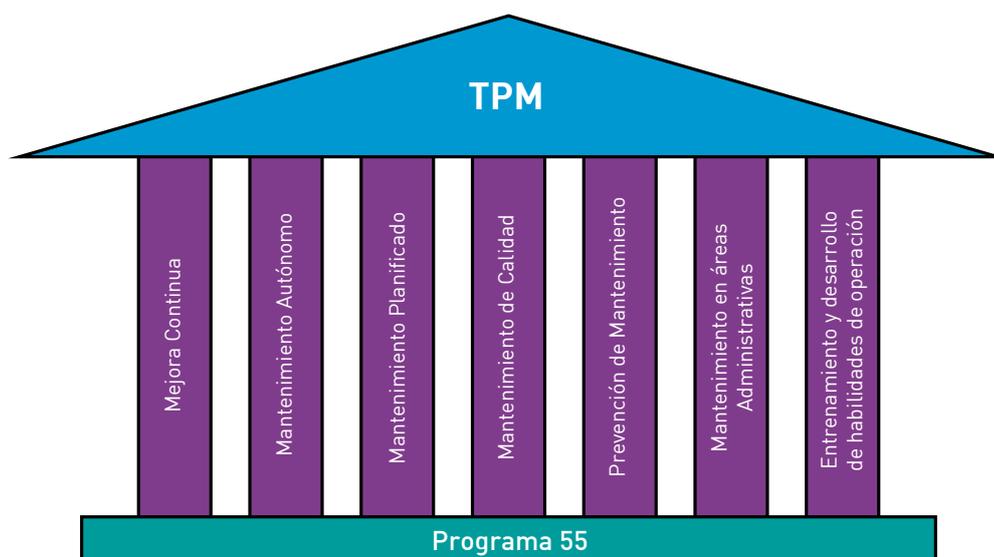


FIGURA 54_ Los 7 pilares del TPM.

Mejora continua_

La manera más eficiente de generar procesos de cambio es en base a propuestas de mejora surgidas de pequeños grupos de trabajo, en general multidisciplinarios, que piensan y ejecutan pequeños cambios tendientes a mejorar Efectividad Global de Equipos centrándose fundamentalmente en eliminar cualquiera de las 7 pérdidas.

Mantenimiento Autónomo_

Como se mencionó anteriormente es el trabajo que realiza el operario de inspección, prevención y reparación básica de los equipos que opera.

Es importante para poder capacitar a los operarios en la identificación de problemas que éstos participen y colaboren con el personal de mantenimiento cuando se realizan paradas de planta y reparaciones en general.

La capacitación para identificar problemas es muy importante así como también desarrollar en conjunto elementos de control visual para tomar acción durante la operación de la máquina.

Mantenimiento planificado_

Llevar estadísticas y poder tomar acciones preventivas e incluso predictivas es importante para poder planificar acciones y anticiparse a los hechos. Anticiparse a una rotura, aunque esto pueda significar la pérdida de horas de funcionamiento de un componente, es muy importante para no tener paradas inesperadas que generalmente son mas costosas de aquellas horas que se podría haber seguido operando.

Mantenimiento de Calidad_

Otro propósito del personal de mantenimiento es mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad. Desgaste de componentes, indicadores precisos, registro y control de los parámetros de diseño son algunos ejemplo en los que mantenimiento tiene muchos mas recursos que ningún otra área de la empresa para mejorar la calidad del producto.

Prevención de mantenimiento_

Se dice que el equipo de mantenimiento que mejor trabaja es el que menos trabajo tiene. Esto pone el foco en la prevención y no en la acción reactiva. En este sentido las aerolíneas compran aviones del mismo tipo para reducir el inventario de repuestos, las capacitaciones del personal y la planificación. En algunos casos se decide la compra de una máquina por el precio al momento de adquirirla sin evaluar los gastos operativos, incluidos los de mantenimiento. Prevención del mantenimiento es justamente eso, pensar en qué medidas deberían tomarse para evitar hacer mantenimiento.

Mantenimiento en áreas administrativas_

Como se dijo el mantenimiento es responsabilidad de todos y la necesidad de tener un control estadístico en el mantenimiento planificado, por ejemplo, hace que sea necesario dar participación a personal administrativo para el seguimiento y gestión de reposición de ciertos insumos críticos para dar continuidad a la operación de la planta.

Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación_

Mantenerse capacitado es muy importante para el personal de mantenimiento pero si bien es importante capacitarse fuera de la empresa, muchas veces hay capacidades dentro de la empresa que podrían aprovecharse por más operarios si esto se fomentara y se organizaran capacitaciones internas para aumentar la polivalencia del personal.

Gestión del Mantenimiento_

EQUIPOS CRÍTICOS_

No todos los equipos deben tener el mismo tratamiento. Ocuparse predictivamente, incluso preventivamente de todos los equipos podría ser ineficiente. Muchos equipos no requieren atención hasta que "ellos" deciden dejar de funcionar. Pero hay otros equipos que comprometen seriamente el plan de producción, la seguridad de las personas, el medio ambiente o quizás tienen un alto costo de mantenimiento, a estos equipos se los cataloga como Críticos y tienen el tratamiento más cuidadoso de toda la planta. De elegir bien estos equipos dependen el desempeño eficiente de la gestión del mantenimiento.

PROCESOS CRÍTICOS_

Imaginemos una línea de producción de tres procesos, cada proceso tiene un 90 % de eficiencia, es decir que un 10 % de su tiempo está detenido y supongamos que esta detención es sólo por problemas de mantenimiento. Si hay stocks intermedios, lo más probable es que nadie se percate de la detención de ninguno de los equipos porque cuando el primero esté detenido el segundo consume el stock y cuando el segundo se detiene el primero recupera el stock consumido.



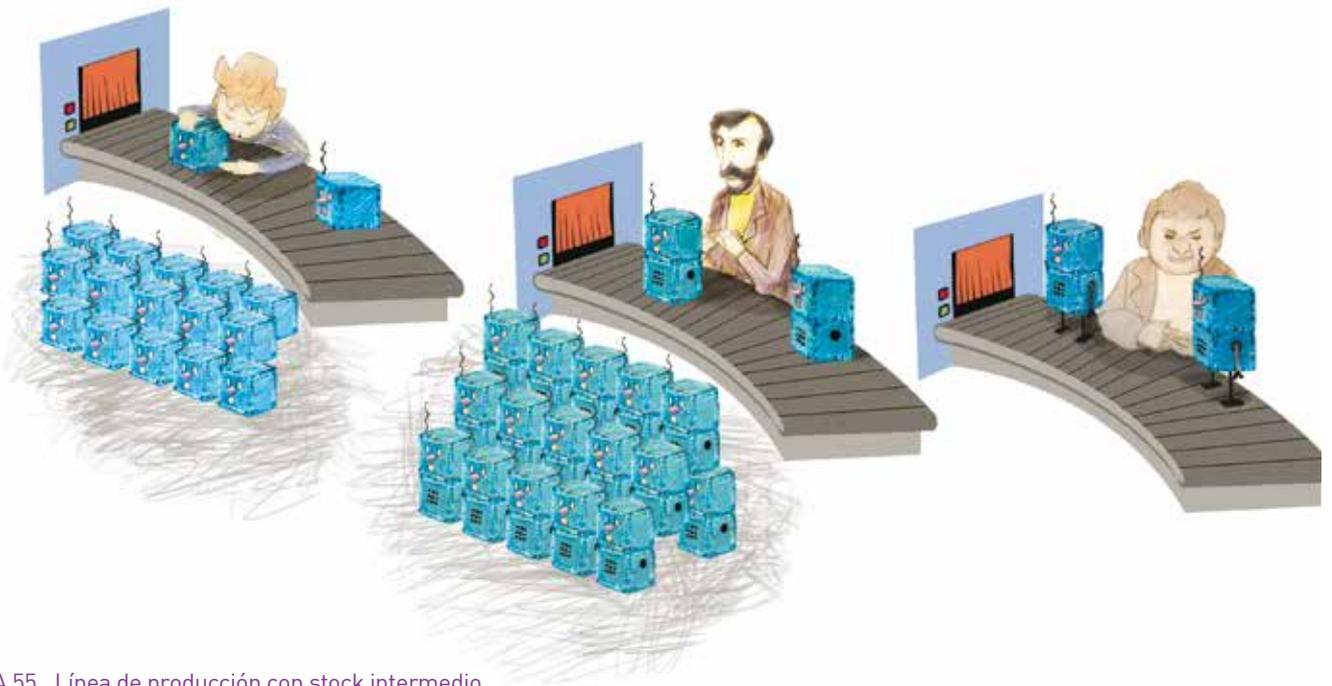


FIGURA 55_ Línea de producción con stock intermedio.

¿Pero qué pasa si se trabaja sin stock intermedio?

Si trabajamos sin stock entre procesos lo que sucede es que cuando la primera se detiene también lo hacen todas las que siguen. Entonces cuando se detiene la primera la segunda también se detiene por cuestiones ajenas a ella, es decir que el 10 % de la primera se traslada a la segunda y a la tercera además sus propias detenciones.

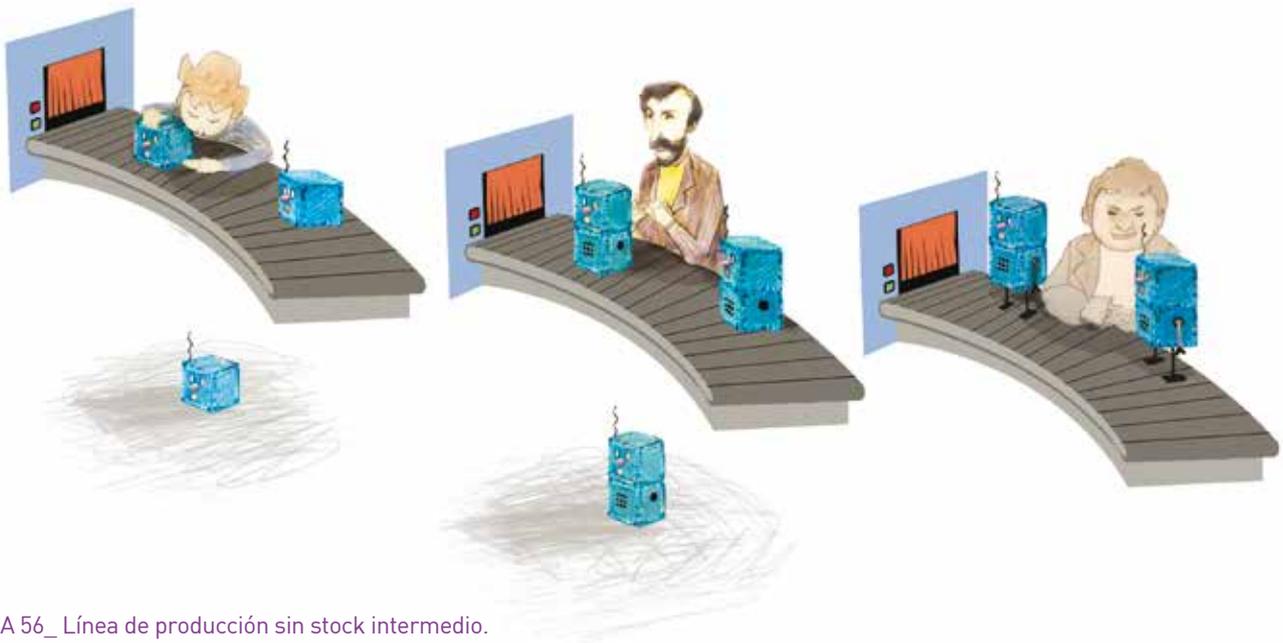


FIGURA 56_ Línea de producción sin stock intermedio.

En el caso de reducir los stocks intermedios, es importante notar que la "conexión entre máquinas es mas sensible y que los problemas de una se trasladan a la siguiente. Tanto es así que si cada una de las máquinas mantiene el 90% de eficiencia, la eficiencia de la línea baja a un 73%. Dicho de otro modo, poder mantener un 90% de eficiencia en la línea implica trabajar para que cada una de las máquinas aumente su eficiencia individual al 97%. El balance entre el stock de seguridad intermedio y el costo de mantenimiento para mantener un 97% de eficiencia individual es fundamental.

Es importante tener esto en cuenta a la hora hacer un diagnóstico y de elegir el sector que tendría prioridad de mantenimiento.



