
Descripción de procesos productivos

3.1. INTRODUCCIÓN. ¿QUÉ ES UN PROCESO?

De forma general podemos definir un proceso como una secuencia de operaciones que transforma unas entradas (*inputs*) en unas salidas (*outputs*) de mayor valor.

De forma particular podemos definir un proceso productivo como una secuencia definida de operaciones que transforma unas materias primas y/o productos semielaborados en un producto acabado de mayor valor.

Cuando dentro de un proceso una operación «añade valor» al producto decimos que es una operación de «valor añadido». Se define operación de «valor añadido» como aquella operación que hace avanzar al producto hacia su función final. Dicho de otra manera, que añade funcionalidad al producto.

Profundicemos un poco más en este concepto con un ejemplo: el proceso de producción de una bombilla.

Para saber qué operaciones son de valor añadido debemos definir primero la «función final» de la bombilla. De una forma sencilla podríamos decir que la función final de una bombilla es dar luz colocada en una lámpara eléctrica.

Toda operación que en el proceso productivo aporte algo a la bombilla para que «finalmente dé luz colocada en una lámpara eléctrica» será valor añadido.

A la vista de esta definición ¿cuáles de las siguientes operaciones serán valor añadido?:

1. Almacenar bombillas terminadas en una caja.
2. Insertar el filamento en el casquillo.
3. Transportar los casquillos de una sección a otra.
4. Unir casquillo con cristal.
5. Comprobar que la bombilla ilumina al final del proceso.
6. Empaquetarla en su caja.

Solamente las operaciones 2 y 4 son estrictamente de valor añadido. El resto pueden considerarse como un derroche susceptible de ser eliminado o al menos minimizado. En los procesos productivos muy frecuentemente encontramos estos «derroches»; en la Figura 3.1 se muestra una clasificación clásica de los derroches de los procesos productivos.

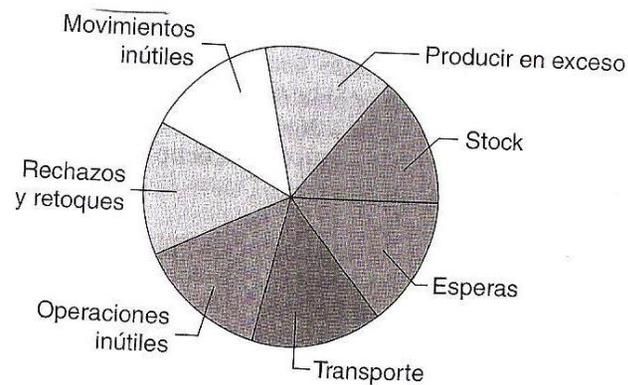


Figura 3.1. La rueda de los 7 derroches.

Con esta definición de valor añadido, hemos introducido indirectamente dos ideas básicas en la ingeniería de procesos: la de eficacia y la mejora:

- Un proceso será más eficaz cuantas menos operaciones de derroche tenga.
- Los procesos pueden ser mejorados eliminando (o minimizando) los derroches.

3.2. LA INGENIERÍA DE PROCESOS PRODUCTIVOS

Se puede definir la *ingeniería de procesos* como la especialidad de la ingeniería industrial que se ocupa del diseño, puesta en marcha, gestión y mejora de los procesos productivos que dan existencia física a un producto.

En el ciclo de desarrollo de un producto existen dos figuras clásicas en el ámbito de la ingeniería industrial: la ingeniería de producto y la ingeniería de proceso:

- *La ingeniería de producto.* Es la responsable de la funcionalidad final del producto, de la tecnología necesaria y del diseño detallado. Se suele encuadrar en las áreas de Investigación y Desarrollo.
- *La ingeniería de proceso.* Es la responsable de definir cómo se fabricará el producto diseñado, con qué tipo de proceso, qué herramientas y tecnologías de producción son necesarias. Se suele encuadrar en el área de Industrialización y Producción.

El ciclo de desarrollo de un producto ha sido tradicionalmente secuencial: primero los ingenieros de producto desarrollan el producto y cuando está totalmente definido se transfiere a los ingenieros de proceso que se encarga de diseñar un proceso adecuado de fabricación. Una vez definido y puesto en marcha, este proceso es transferido a producción que se encargará de gestionarlo.

Este enfoque presenta graves problemas:

- El tiempo de desarrollo del producto es muy largo.
- A menudo se generan productos que son imposibles de fabricar o necesitan medios muy costosos para hacerlo.
- No hay retroalimentación, lo que hace que en la fase de producción aparezcan por primera vez problemas de calidad e incluso de «fabricabilidad» del producto. Corregirlos entonces es muy costoso o a veces simplemente imposible.

El enfoque actual de desarrollo de un producto es el denominado *ingeniería simultánea* o *ingeniería paralela*.

Consiste en que desde las primeras fases de definición del producto, ingenieros de producto e ingenieros de proceso (y también ingenieros de producción) trabajan juntos y en paralelo definiendo a la vez el producto y el proceso productivo que le dará existencia real. De esta forma se asegura un diseño de producto adecuado, consiguiéndose:

- Una reducción importante del ciclo de desarrollo del producto.
- Unos menores costes de fabricación al asegurar desde el diseño la fabricabilidad.
- Mayores niveles de calidad, pues en el diseño del producto se introducen elementos que aseguran el proceso productivo.

Con este enfoque podemos describir las responsabilidades de la ingeniería de proceso como sigue:

En el diseño del producto:

- Aportar los conocimientos sobre tecnologías de fabricación disponibles para la producción del producto.
- Asegurar la fabricabilidad del producto, es decir, asegurar que el producto puede ser producido en serie mediante un proceso físico eficiente.
- Aportar ideas al diseño del producto que lo haga más fácilmente producible (reducción de los costes de fabricación desde el diseño) y seguro (eliminar problemas de calidad desde el diseño).

En la industrialización del proceso.

- Definir el proceso de producción, las herramientas y maquinaria necesaria.
- Definir el equilibrado del proceso.
- Diseñar la distribución en planta del proceso (*layout*).
- Desarrollar la documentación asociada al proceso: instrucciones de trabajo, instrucciones de la maquinaria, pautas de mantenimiento, controles de calidad...
- Definir los parámetros a medir para gestionar el correcto funcionamiento del proceso desde el punto de vista técnico-tecnológico y también de coste.

En la puesta en marcha.

- Cualificar la maquinaria y herramientas, es decir, asegurar que cumplen los requerimientos definidos.
- Asegurar la correcta ubicación de la maquinaria (*layout*) y su puesta en marcha.
- Formar a los operadores de producción y usuarios del proceso en general.
- Comprobar los supuestos de diseño, reajustándolos si es necesario (ajuste fino).

En el funcionamiento en serie del proceso.

- Gestionar el proceso utilizando los parámetros de control definidos (productividad, niveles de calidad, control estadístico de procesos, parámetros técnicos...)
- Adaptar el proceso a posibles nuevos requerimientos: cambios de cadencia de producción, cambios técnicos, modificaciones del producto, mejora de calidad...
- Asegurar la mejora continua.

A menudo en el ámbito de la ingeniería de procesos se demanda puestos de trabajo concretos que reciben diferentes nombres en función de la especialidad dentro de este ámbito:

- Ingeniero de industrialización. Se asocia normalmente a las fases de diseño. Suele estar especializado en los aspectos tecnológicos del proceso: maquinaria, utillajes...
- Ingeniero de métodos y tiempos. Más tradicional, se asocia al equilibrado de procesos, definición de estándares de trabajo y documentación.
- Ingeniero de procesos. Más moderno. Se asocia al diseño de proceso general y su primera puesta en marcha: equilibrado, distribución en planta, documentación, formación de los operarios...
- Ingeniero de producción. Se asocia al ingeniero de procesos que desempeña su labor en la fase de producción en serie. Se responsabiliza de los ajuste del proceso necesarios, de su gestión y mejora continua para cumplir con los objetivos y planes de producción (en cuanto a coste, calidad y plazo).

Para desempeñar con éxito las responsabilidades descritas, la ingeniería de proceso ha desarrollado una serie de herramientas y técnicas, algunas de las cuales se describen en este libro.

3.3. TIPOS DE PROCESOS

Los procesos productivos pueden clasificarse de formas diferentes según el criterio de clasificación que se escoja. A continuación se presentan las clasificaciones más comúnmente adoptadas.

3.3.1. Atendiendo al grado de automatización

- *Manuales.* Las operaciones del proceso se ejecutan con intervención humana, bien de forma totalmente manual, bien utilizando herramientas sencillas manipuladas manualmente. Algunos ejemplos pueden ser:

- Los procesos de ensamblaje, como por ejemplo de un juguete.
- *Automático.* Las operaciones del proceso se ejecutan de forma automatizada sin intervención humana directa. Algunos ejemplos pueden ser:
 - Una línea robotizada de soldadura de la carrocería del automóvil (Fig. 3.2).
 - Una línea de envasado de bebidas.

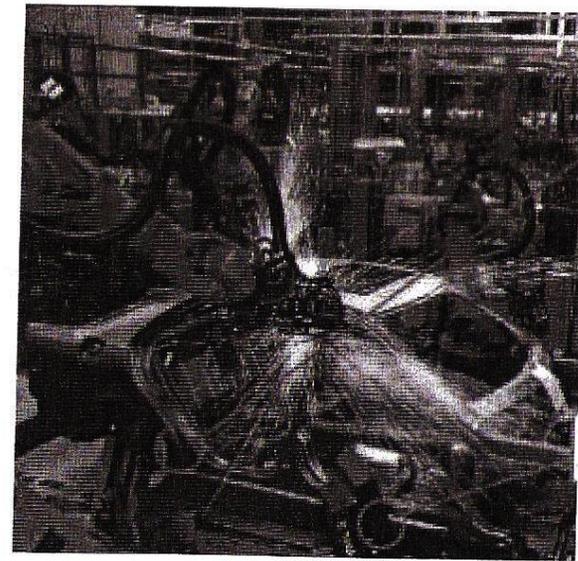


Figura 3.2. Proceso automático. Línea de soldadura robotizada.

- *Semiautomático.* En el proceso conviven fase manuales y fases automáticas. Un ejemplo sería:
 - El ensamblaje de un faro de coche con la fase de encolado del cristal robotizada (bajo nivel de automatización).
 - Un proceso de bobinado de motores eléctricos con algunos puestos manuales (alto nivel de automatización).

3.3.2. Atendiendo a la frecuencia de ocurrencia

- *Cíclicos*. La generación de un producto acabado ocurre cada cierto intervalo de tiempo. Algunos ejemplos ilustrativos:
 - Proceso de inyección de piezas de plástico.
- *Continuos*. La generación del producto ocurre de forma continua en el tiempo. Ejemplos:
 - Laminado de plancha.
 - Fabricación de conductores eléctricos de hilo de cobre.
- *Semicontinuos*. Generan un producto acabado unitario pero el proceso funciona de forma continua en el tiempo. Algunos ejemplos:
 - Cocción de azulejos en horno continuo.
 - Fosfatado de piezas metálicas.

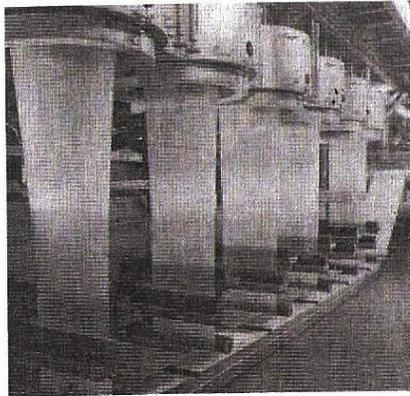


Figura 3.3. Ejemplo de proceso continuo. Extrusión textil.

3.3.3. Atendiendo a la naturaleza del flujo productivo

Esta clasificación es especialmente importante ya que cada tipo de estos procesos genera unas necesidades de stock intermedio determinadas.

- *Procesos unidad por unidad*. El flujo productivo ocurre de forma cíclica generando un producto unitario cada cierto tiempo y de forma continuada. Algunos ejemplos ilustrativos:
 - Una célula de ensamblaje (Fig. 3.4).



Figura 3.4. Célula en U de ensamblaje. Proceso cíclico, manual unidad por unidad.

- *Procesos por lotes*. El flujo productivo ocurre por lotes. Cada determinado tiempo el proceso genera un lote de productos (=cantidad determinada de productos). Entre el final del lote y el principio del siguiente hay un tiempo improductivo debido a la manipulación o reajuste de la maquinaria. Se distinguen dos tipos.
 - Por lotes continuos. El lote se genera de forma continua durante la duración del tiempo de lote. Cuando acaba el lote de producción es necesario reajustar la maquinaria para adaptarla al siguiente lote. Este tiempo se denomina *tiempo de cambio de serie* y es extremadamente importante para definir el stock intermedio que el proceso generará. Algunos ejemplos clásicos:
 - Los procesos de prensado o inyección. La prensa funciona produciendo piezas iguales de forma continua durante un

tiempo, después se detiene para cambiar moldes o matricería y se inicia un nuevo lote de un producto diferente.

- Los procesos de inserción de componentes en un circuito impreso.
- Por lotes periódicos. El lote de productos se genera de forma periódica y todo de una vez. Entre lote y lote hay un tiempo generalmente ligado a la extracción-introducción del lote y a la manipulación y readaptación de la maquinaria. Algunos ejemplos clásicos:
 - La cocción de pan en un horno de leña tradicional.
 - El metalizado de botellas en una campana de metalizado.
 - Fabricación de mayonesa.
- *Procesos a velocidad constante.* El flujo productivo ocurre de forma constante en el tiempo y a una velocidad fija, generalmente controlada por medios automáticos. En este tipo de procesos están incluidos los procesos continuos y semicontinuos anteriormente descritos. Algunos ejemplos:
 - La cocción de galletas en un horno continuo.
 - El esmaltado de azulejos en línea continua.

A menudo encontramos procesos que son mezcla de dos tipos. Por ejemplo:

- Una célula de ensamblaje que fabrica varios tipos de productos diferentes. Es un proceso unidad por unidad pero también por lotes (ya que los diferentes productos serán producidos por lotes).
 - Una línea de montaje de automóviles es un proceso unidad por unidad, sin embargo el movimiento del coche por la cadena se realiza por medios mecánicos a velocidad constante, con lo que desde este punto de vista es un proceso a velocidad constante.
- Un proceso a velocidad constante, como la cocción de galletas en horno continuo, puede ser a su vez por lotes si se utiliza el mismo horno para producir diferentes tipos de galletas.

Con respecto al nivel de incidencias que cada tipo de proceso genera en el flujo productivo (stocks, discontinuidades, problemas de capacidad...) podemos decir lo siguiente:

- *Procesos unidad por unidad.* Si están diseñados de forma flexible son los que menos incidencias crean en el flujo productivo ya que se pueden adaptar fácilmente a diversos ritmos de producción.
- *Procesos a velocidad constante.* En estos procesos suele ser difícil variar la velocidad ya que suele estar ligada a factores tecnológicos del proceso (tiempo de cocción por ejemplo) por lo que suelen ser un punto de inflexibilidad en el proceso productivo. Si están bien sincronizados ayudan a regularizar el flujo ya que son muy constantes, pero si no, pueden generar roturas de stock o por el contrario stocks intermedios (si van a más velocidad que el proceso siguiente).
- *Procesos por lotes (Fig. 3.5a y b).* Generan un stock intermedio mayor cuanto mayor es la duración/cantidad del lote fabricado.



Figura 3.5a. Proceso por lotes periódicos. Mezclador alimentario



Figura 3.5b. Proceso por lotes continuos. Prensa