

Envío: 1-07-2013

Aceptación: 24-08-2013

Publicación: 29-11-2013

LA TRANSCENDENCIA DEL CAMBIO DE FORMATO DE LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN: UN FACTOR A TENER EN CUENTA

**THE SIGNIFICANCE OF THE CHANGE OF FORMAT OF
PRODUCTION MACHINES: ONE FACTOR TO TAKE INTO
ACCOUNT**

Manuel Rodríguez Méndez¹

Francisco Javier Cárcel Carrasco²

1. Doctor Ingeniero Industrial. ESePro (Estrategias de Seguridad y Producción S.L.), A Coruña, España.
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Construcciones arquitectónicas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. fracarc1@csa.upv.es

RESUMEN

Una de las actividades importantes que configuran el proceso productivo es el cambio de formato (también llamado cambio de útiles). El cambio de útiles se puede definir como el conjunto de operaciones que se realizan sobre los equipos de producción, para prepararlos y puedan producir el nuevo producto que va a entrar en la nueva fase productiva. Esta actividad debe de realizarse y controlarse bajo los parámetros de eficiencia, eficacia y con el mínimo coste, introduciendo en este artículo la trascendencia de estas operaciones.

ABSTRACT

One of the important activities that make up the production process is the change of format (also called changing helpful). The change of tooling can be defined as the set of operations that are performed on production equipment, to prepare them and to produce the new product that is going to enter the new productive phase. This activity should be carried out and monitored under the parameters of efficiency, effectiveness and with the minimum cost, introducing in this article the significance of these operations.

PALABRAS CLAVE

Gestión de Producción, Flexibilidad del proceso, Eficiencia, Productividad, Cambio de útiles, Lote económico.

KEY WORDS

Production management, flexibility of the process, efficiency, productivity, change of useful, economic lot.

INTRODUCCIÓN

La producción, entendida como una red de procesos y operaciones que se ordenan en el espacio y en el tiempo, para obtener unos bienes o servicios, la configura un conjunto de actividades que son imprescindibles para elaborar el producto y que le aportan valor. Sin embargo, alrededor de estas actividades existen otras cuyo desarrollo sirve de soporte al propio proceso productivo y sin el cual sería difícil llevarlo a cabo. Por ejemplo:

- La inspección de la calidad de los productos.
- El almacenamiento y transporte de las materias primas y producto final.
- Las operaciones de mantenimiento de los equipos de producción.
- Procesado de la información generada durante la producción.
- Las operaciones de preparación de las máquinas.

Este artículo trata de profundizar en el análisis de una de estas actividades: Las operaciones de preparación de máquinas o cambio de útiles. Esta operación define como el conjunto de actividades que se desarrollan en una máquina, o línea de producción, para permitir que en ella se pueda elaborar un nuevo producto, diferente al elaborado anteriormente. Se define, entonces, el tiempo de cambio de útiles como el tiempo invertido en la realización del cambio, y que se inicia desde el instante en que ha salido de la máquina el último elemento de la producción anterior, y finaliza cuando de la máquina sale el primer elemento del nuevo producto, ya en régimen productivo.

EL CAMBIO DE ÚTILES Y SU RELEVANCIA

Históricamente, el cambio de útiles siempre se ha considerado como una actividad de despilfarro ya que no se considera una etapa propiamente productiva, y por lo tanto genera un coste para el producto a elaborar. El modelo de gestión de fabricación en cadena no ha tenido en consideración esta actividad ya que el coste por unidad del producto elaborado, que esta actividad generaba, se diluía frente a la elevada cantidad de producto a elaborar. Sin embargo, en los modelos de fabricación por lotes, ha sido una actividad muy importante ya que el coste del cambio de útiles puede condicionar el coste del producto a fabricar, además de ser una actividad cuyo tiempo de realización restaba flexibilidad al proceso de producción.

En la segunda mitad del siglo XX ya se planteó la necesidad de mejorar este proceso y de minimizar su tiempo de ejecución, para darle más flexibilidad al proceso de producción. Fue Shigeo Shingo quien propuso el modelo SMED como una herramienta para mejorar y minimizar el tiempo de realización del cambio de útiles, realizándolo en tiempos inferiores a los 10 minutos. El modelo propone la realización de las siguientes etapas para alcanzar este objetivo:

- 1.- La identificación de las actividades que configuran el cambio de útiles. Eliminando aquellas que nada tienen que ver con la propia actividad de cambio de útiles.
- 2.- Clasificación de las actividades en operaciones internas y operaciones externas.
- 3.- Realizar las operaciones externas antes y/o después de la parada de máquinas, y realizar las operaciones internas cuando la máquina está parada.
- 4.- La implantación de mejoras técnicas para reducir el tiempo de ejecución de las operaciones internas. Incluso, pasando a externas algunas operaciones internas.

Este modelo, actualmente muy extendido en todos los sectores industriales, ha servido de base para otros modelos de mejora como el modelo OTED, también propuesto por el propio Shigeo Shingo, el modelo propuesto por Sekine y Arai.

Realmente, el cambio de útiles es otro proceso de fabricación paralelo al de elaboración de la propia actividad de la empresa. Proceso en el que se fabrican máquinas a partir de una máquina en un estado inicial diferente al que se requiere para que pueda ser utilizada en el proceso productivo que se le demanda. El cambio de útiles, en síntesis, es un proceso productivo de adaptación de los medios de producción.

El cambio de útiles es una actividad que permite, a las empresas, adaptarse a las necesidades del mercado y, además, en una sociedad cambiante como la actual, les va a permitir ahorrar inversiones para adaptarse a dicho cambio. Por esta razón no es una actividad que deba ser considerada como una operación de despilfarro, pues la posibilidad de uso de los medios de producción en la elaboración de productos diferentes permite un ahorro importante en inversiones innecesarias.

El tiempo de la actividad de cambio de útiles es un parámetro importante para evaluar el nivel de flexibilidad de proceso productivo de una empresa, y su nivel de adaptación a las

necesidades del mercado. Por ello, más que una simple operación de cambio de útiles, se está ante un proceso, complejo a veces. Y como tal proceso, debe de desarrollarse considerando parámetros de coste y de eficiencia y, en ocasiones, con un alto componente de conocimiento tácito interno en la empresa, que hace necesariamente introducir una fase de gestión del conocimiento que haga aprovechar experiencias realizadas en mejorar la eficiencia de actividades futuras (Cárcel, 2002).

FACTORES RELEVANTES DEL CAMBIO DE ÚTILES

El análisis de los cambios revela la existencia de operaciones que son comunes a todos los cambios que se puedan realizar. Esto permite establecer no solamente una tipología de operaciones, que configuran el cambio de útiles, sino que también permiten presentar una tipología de procesos de cambio de útiles. Además, cada una de estos tipos de cambios y de operaciones que los configuran permiten extraer la existencia de un conjunto de variables que si son tenidas en cuenta en las etapas de diseño de las máquinas y en las etapas de diseño de operaciones, permitirán minimizar el tiempo y el coste de los cambios de útiles y un importante ahorro en inversiones en máquinas futuras. Hay que tener en cuenta las operaciones a realizar, las variables que lo condicionan y las tipologías de cambio de formato que nos podemos encontrar:

1. OPERACIONES DE UN CAMBIO DE FORMATO

Estos procesos están configurados por el siguiente conjunto de operaciones que van configurando el proceso de preparación de las máquinas:

El transporte de los útiles. El traslado de los útiles desde su lugar de almacenamiento hasta el lugar de la máquina en donde se van a utilizar. También incluye el transporte de las piezas retiradas de las máquinas, que estuvieron siendo utilizadas, hasta su lugar de almacenamiento. Se incluyen aquellas micro-operaciones de transporte para acercar las piezas a la máquina. También se incluye el transporte de las herramientas que son necesarias para la realización del cambio de útiles.

Intercambio de las piezas en las máquinas. Son las operaciones claves del proceso de cambio. Incluye la retirada de las piezas, en las máquinas, que no son necesarias para el nuevo formato y la colocación de aquellas piezas que si son necesarias para que la máquina pueda procesar el nuevo producto a elaborar.

Colocación y retirada de piezas. En algunos casos no se produce el intercambio de piezas indicadas anteriormente, sino que es necesario su retirada de las máquinas, o la colocación de otras nuevas en ellas. En líneas de producción, configuradas por diversas máquinas, se puede estar hablando de colocar máquinas necesarias para el nuevo producto o, también, de retirar máquinas que ya no sean necesarias para la elaboración del nuevo producto.

Operaciones de ajuste. En las máquinas se procesan productos con diferentes valores de sus propiedades físico-químicas. Por ello, es necesario que la máquina se ajuste a los nuevos parámetros físico-químicos que definen al nuevo producto que se va a envasar. También, muchos de los productos a procesar no tienen unas propiedades físico-químicas fijas, si no que éstas deben de estar incluidas en un intervalo que las define. Es fácil encontrarse comportamientos dispares, con un mismo producto, en puntos diferentes de las máquinas. Esto hace que sea necesario un grupo de operaciones, dentro del proceso de cambio de útiles, encaminadas a ajustar la máquina a las características físico-químicas del producto a procesar. Los ajustes también pueden ser de piezas que tienen diferentes posiciones en la máquina en un mismo elemento de soporte. Entonces hay que realizar

varios ajustes de tipo mecánico, para encontrar la posición correcta de la pieza en la máquina.

Las operaciones de limpieza de máquinas. Hay que diferenciar diferentes tipos de limpiezas. Hay las que son originadas porque puede haber diferentes piezas que sean comunes para diferentes productos, entonces, es necesaria la limpieza de las piezas para que el nuevo producto no se vea contaminado con restos del producto que anteriormente se procesaba en la máquina. Hay otro tipo de limpieza generado por la existencia de riesgos de contaminación microbiológica del producto, lo que hace necesario que las piezas sean lavadas, estén o no contaminadas con el anterior producto. Otro tipo de limpieza es originada para buscar un correcto mantenimiento de la máquina, ya para retirarle el polvo o para limpiar su exterior para ofrecer una adecuada imagen. Otro conjunto de operaciones de limpieza es el de la limpieza de los útiles que se han retirado de la máquina y que se van a guardar hasta cuando sean utilizadas de nuevo.

El almacenamiento de los útiles. Los útiles que intervienen en las operaciones de intercambio es importante tenerlas guardadas de forma que estén localizadas de forma rápida y eficaz para cuando sean necesarias de nuevo en otra producción.

La manipulación de información. El proceso de cambio de útiles requiere manipular una cantidad importante de información: qué producto se va a procesar, en qué línea de producción se va a realizar el cambio de útiles, qué piezas van a ser necesarias para colocar en cada máquina, quién va a intervenir en el proceso de cambio, de qué departamento son las personas que van a intervenir en el cambio de útiles, cuándo se estima que finalice la actual producción para saber en qué momento se inicia el cambio en las máquinas. Es mucha información que trasladada de forma inadecuada puede generar incrementos importantes en el tiempo de realización del cambio de útiles.

2. VARIABLES QUE CONDICIONAN UN PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES

Un aspecto importante, que diferencia el proceso de cambio de útiles de un proceso productivo de una máquina o línea de producción, es que en estos últimos, los trabajadores tienen que adaptarse al ritmo de trabajo que les impone las máquinas; mientras que en la realización de un proceso de cambio de útiles son los trabajadores, que intervienen en él, los que condicionan el ritmo de trabajo. Por ello, el factor humano es una de las variables más importantes que puede condicionar la realización exitosa de estos procesos. Pero hay más:

El diseño de las máquinas. Este es un factor importante, pues va a influir en el tiempo de cambio y en las condiciones en que éste se va a realizar. Desde el punto de vista del cambio de útiles, en el diseño de las máquinas hay que considerarlas divididas en dos partes importantes: Una parte a la que no se va a acceder durante la realización de las operaciones de cambio, donde suelen estar los elementos motrices de la máquina, y otra parte, que se va a modificar durante el proceso de cambio de útiles, ya que va a estar en

contacto con el producto a envasar. El diseño de los elementos de esta última parte va a influir de manera notable en la ejecución del cambio de útiles.

En la etapa de diseño de las máquinas es necesario establecer que los elementos a intercambiar se pueden considerar que están constituidas por tres partes importantes:

- Una parte que le servirá para acoplarse a elementos fijos de la máquina, que va a influir en el tiempo de ejecución del cambio de útiles ya que estará condicionado por el diseño del acoplamiento máquina-pieza.
- Otra parte enfocada a la herramienta que se va a emplear para separarla, o unirla a la máquina. Que al igual que la anterior va a influir en el tiempo de ejecución del cambio de útiles, ya que estará condicionando la unión pieza-herramienta.
- Una parte enfocada al producto que se va a procesar en la máquina. Un adecuado diseño permitirá eliminar los ajustes o, al menos, minimizar su tiempo de ejecución.

Una máquina diseñada para, además realizar los cambios de útiles debe de tener en consideración que el fácil, rápido y cómodo sistema de acceso a los elementos a intercambiar o a alterar durante el cambio, debiendo tener en cuenta otros factores:

Las herramientas a emplear en el proceso de cambio de útiles. Cuando se están realizando estos cambios, es muy fácil pensar que son las piezas a intercambiar los elementos claves del proceso. No necesariamente tiene porque ser así, una de las variables más importantes y que pueden condicionar la ejecución de un proceso de cambio de útiles es el número de herramientas a utilizar. Cuantas más herramientas sean necesarias, mayor es el número de interrupciones para buscarlas, recogerlas y, luego de utilizarlas, dejarlas cerca. La importancia de esta variable reside en que debido al diseño de las piezas a intercambiar, y en su forma de fijarse a la máquina, puede ser necesario un conjunto importante de herramientas que genere un retraso considerable en el tiempo de realización del proceso. Por ello, un diseño de máquinas enfocado hacia un proceso de cambio de útiles debe de considerar el modo de fijación de los elementos a la máquina, para que el proceso de intercambio de piezas no se prolongue más allá del necesario. Un número elevado de herramientas va a aumentar el tiempo de cambio de útiles al invertir demasiado tiempo en el intercambio de las herramientas.

La distribución en planta de los útiles y de los medios de producción. Una adecuada distribución en planta de los medios y útiles de producción es un factor a considerar ya que condicionará operaciones tales como el transporte de las piezas ya sea desde el almacén a las máquinas, o su vuelta al lugar de almacenamiento. También es importante el disponer de un adecuado lugar de almacenamiento de los útiles, sobre todo un almacenamiento enfocado hacia una mejor y rápida localización de las piezas más que hacia un lugar donde guardarlas. El almacén debe de permitir alcanzar las piezas y localizarlas rápidamente. El almacenamiento debe de efectuarse siempre con las piezas limpias y sin que puedan impregnarse de suciedad.

La organización entorno al proceso de cambio de útiles. Esta es una variable muy relevante sobre todo si en el proceso intervienen trabajadores de diferentes departamentos. Ya que cuando es así, es necesario hacer coincidir en el espacio y en el tiempo las personas que van

a intervenir en el proceso. El cambio de útiles va a suponer una alteración en la actividad no solo del departamento de producción sino también de los demás departamentos implicados. Departamentos con funciones y, sobre todo, maneras de trabajar diferentes: Producción trabaja con parámetros de rendimientos, rentabilidad, eficiencias, etc.; mientras que Mantenimiento trabaja con parámetros de eficacia.

Las condiciones de seguridad de las máquinas. (Rodríguez Méndez, M. 2005). El proceso de cambio de útiles está compuesto de operaciones en las que la relación persona-máquina es más intensa que en otras operaciones que configuran el propio proceso productivo. Este alto grado de relación hace que los elementos de seguridad tengan especial relevancia para la ejecución del cambio de útiles. Sobre todo en actividades relacionadas con el acceso a las piezas.

La existencia de dispositivos de seguridad va a ralentizar la ejecución del cambio de útiles. Por ello se debe de buscar elementos de seguridad que detecten la presencia de personas en la zona de trabajo más que barreras físicas que requieran una acción voluntaria para retirarlas, que añadirían nuevas operaciones a los cambios cuando hay que acceder al interior de la máquina garantizando la seguridad de los trabajadores.

Los productos a procesar. El origen del proceso de cambio reside, principalmente, en las características físicas y físico-químicas de los productos a procesar, siendo, además, todas ellas las que van a condicionar la ejecución de los cambios de útiles.

Las personas que intervienen en el proceso de cambio de útiles. El factor humano es la variable más relevante ya que durante la realización del cambio es el que marca el ritmo de trabajo. Por ello, son cualidades importantes a considerar en las personas.

- Su conocimiento de la máquina.
- Su habilidad.
- Su grado de disciplina con el trabajo.
- Su orden en la realización de las operaciones.

Por ello, es importante que sea una persona acostumbrada a trabajar con parámetros de rendimiento, eficiencia, calidad. Parámetros que no suelen ser herramientas de trabajo, por regla general, de las personas que trabajan en los departamentos de mantenimiento y si del personal de producción, el cual está trabajando en la máquina durante la elaboración del producto.

3. TIPOLOGÍA DEL CAMBIO DE ÚTILES

El estudio de los diferentes cambios de útiles analizados durante la fase experimental ha permitido establecer una tipología de cambios que puede, perfectamente, extrapolarse a cualquier cambio de útiles realizado en cualquier sector industrial. Los tipos de cambio que pueden presentarse son:

- **Cambio de Formato.** Es el tipo de cambio originado por una variación de la forma o del tamaño exterior del producto nuevo a elaborar en la línea de producción.
- **Cambio de Producto.** Es el tipo de cambio originado por una variación del producto interior que se va a procesar. Su origen no está en un cambio de forma o tamaño del producto, sino en un cambio en sus propiedades físico-químicas.
- **Cambio de Presentación.** Originado cuando sólo hay una modificación del aspecto externo del producto. Es más un cambio que afecta al aspecto visual y de presentación del producto.

La realización de un proceso de cambio de útiles no implica que puedan darse de forma simultánea los tres tipos de cambio antes definidos. Sin embargo, siempre que exista un cambio de formato lo habrá de presentación, pero no tiene por qué haberlo de producto; aunque si hay un cambio de producto siempre ha de haber un cambio de presentación; sin embargo, es probable que el cambio de presentación se realice de forma única.

Esta clasificación permite realizar comparaciones entre los cambios de un mismo tipo, no siendo muy acertado el realizar comparaciones entre diferentes tipos de cambios ya que no están configurados por el mismo tipo de operaciones. Y, aunque no se debe de entender de una forma estricta, cada tipo de cambio tiene un grupo de operaciones que le caracteriza. Así, en un cambio de formato prevalecen las operaciones de intercambio de piezas, transporte de útiles, almacenamiento de útiles y, a veces, operaciones de ajuste mecánico. Sin embargo, en un cambio de producto prevalecen las operaciones de limpieza y de regulación de aquellos elementos por los que pasa el producto o que dosifican su contenido. En un cambio de presentación prevalecen las operaciones de intercambio en los elementos a procesar e incluso, en líneas de producción, al intercambio de máquinas.

La razón de esta clasificación son varias:

- La tipología de operaciones que de cada tipo de cambio.
- Los factores que más influyen en cada uno de ellos.
- Poder comparar los diversos procesos de cambios dentro de la empresa y entre empresas.

En cada uno de estos tipos de cambios, las variables influyen de diferente manera. Así,

- El diseño de las máquinas influye en el cambio de formato.
- La logística influye notablemente en el cambio de formato.
- La logística de información influye en todos los tipos de cambio.
- Los elementos de seguridad condicionan la realización de los tres tipos de cambio.
- Los trabajadores influyen en todos los cambios.

CONCLUSIONES

El cambio de útiles es un proceso complejo que requiere un ajuste no sólo de su coste, sino también de su tiempo de ejecución para así permitir elaborar en las fábricas un proceso competitivo en costes sin mermar la flexibilidad de los procesos para adaptarse a la demanda del mercado de una forma rápida y eficiente.

El cambio de útiles no debe de considerarse como una operación típica de despilfarro, ya que la posibilidad de realizarse en una máquina o línea de producción también permite un ahorro importante en nuevas inversiones. Esta es la razón por la que este proceso debe de estar enfocado hacia una mejora continua, dirigiendo dicha mejora hacia:

- La organización del cambio de útiles.
- Minimizar los procesos logísticos implicados en el proceso.
- La parte técnica del proceso.

Y enfocando la mejora a minimizar tiempos y costes de ejecución del proceso.

REFERENCIAS

- [1] **Cárcel Carrasco, J.** Tesis Doctoral. *Sistema de Transmisión de la experiencia y gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial*, año 2002, UNED.
- [2] **Claunch, Jerry W.** *Set-up Time Reduction*. Chicago: Editorial Irwin, 1996.
- [3] **Rodríguez Méndez, M.** *El Proceso de Cambio de Útiles*. Madrid: Editorial Fundación Confemetal, 2003.
- [4] **Rodríguez Méndez, M.** Tesis Doctoral. *Aportaciones al Análisis de Cambios de Formato en Líneas de Envasado*. Director de Tesis: Dr. D. Javier Conde Collado. Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha. Año 2001.
- [5] **Rodríguez Méndez, M.** “La Seguridad en el Proceso de Cambio de Útiles”. *Prevención* nº 173, año 2005, Julio-Septiembre.
- [6] **Sekine, K., Arai, K.** *Kaizen para Preparaciones Rápidas de Máquinas*. Madrid: Editorial TGP, año 1993.
- [7] **Shigeo Shingo.** *Una Revolución en la Producción: El Sistema SMED*. Madrid: Editorial TGP, año 1993.