



5 Optimización del tiempo de cambio de ráfaga

Debido a las características del producto fabricado, una de las causas de baja productividad es la pérdida de producción en cambios de ráfaga.

Por tiempo de cambio de ráfaga se entiende el tiempo en el que la producción se detiene en una determinada línea de fabricación para la preparación de la instalación para la fabricación de una referencia distinta a la producida hasta ese momento.

Dependiendo de las características de la línea y de las diferencias entre las dos piezas a fabricar, el tiempo de cambio de ráfaga (tiempo de última pieza de la referencia anterior a primera pieza buena de la siguiente referencia) puede variar entre 10 minutos o 3 horas. La eliminación de esta dispersión y la reducción del tiempo medio de cambio es el objetivo de las siguientes páginas.

Ante todo hay que tener en cuenta que el tiempo de cambio de ráfaga es inevitable, pero, debido a los cambios en la estrategia productiva de la



fábrica, su reducción es necesaria. Ese cambio de estrategia responde a las nuevas tendencias en la producción en masa, y afecta directamente a uno de los factores que definen la productividad (definida por el rendimiento operacional), que es la disponibilidad operacional.

En el ámbito del *Just in Time* (Justo a tiempo), la reducción del tamaño de los lotes de fabricación es crucial. Es decir, se fabricarán lotes (ráfagas) relativamente cortas de cada referencia para:

1. Aumentar la flexibilidad. La nueva estrategia de fabricación viene determinada por las nuevas demandas de las fábricas clientes. Los pedidos se hacen con menos antelación y con una mayor diversidad de referencias. Si el tiempo de cambio de ráfaga disminuye, se puede cambiar de lote más frecuentemente según la solicitud del mercado.
2. Disminuir los stocks. El objetivo final es crear un *flujo tenso* entre la fabricación y el montaje, con pequeños stocks intermedios. Los stocks importantes resultan improductivos, son costosos de mantener y plantean problemas para la trazabilidad de defectos.
3. Eliminar la sobreproducción. La respuesta inmediata a las necesidades de montaje reales disminuye los excesos de producción.
4. Aumentar el rendimiento de las líneas de fabricación, a pesar del aumento de tiempos improductivos por cambios de ráfaga más frecuentes. Al trabajar con lotes más pequeños, se obliga a las líneas de producción a trabajar siempre a la cadencia teórica, sin tiempos para 'recuperar la producción perdida'. En definitiva, una planificación más exacta de lotes más pequeños debe aumentar la productividad.



Evidentemente, para conseguir estos objetivos y especialmente el último de ellos, se determina la necesidad de optimizar los tiempos de cambio de ráfaga.

Los condicionantes que determinan la duración de un cambio de ráfaga son:

a. Diferencias entre las piezas a fabricar

Debido a las características del producto, y para las piezas fabricadas en el taller Nave F, estas diferencias consisten fundamentalmente en cambios en el dentado de las piezas. En este caso, a las diferentes referencias se les denomina 'pares' por la función que tiene un par de engranajes. Así se puede pasar de fabricar un Árbol Secundario de par 15x58 (ref. 7700112232) a otro de par 16x55 (ref. 7700112238), en el que el primer número se refiere al número de dientes de la rueda conductora (en este caso el Árbol Secundario) y el segundo a la rueda conducida (una corona de caja diferencial en este caso).

Las diferencias entre las dos piezas pueden ser pequeñas como en este caso (varía el diámetro de la cabeza del árbol secundario, del que se parte para fabricar el dentado, y el número de dientes).

b. Número de medios afectados por el cambio

Siguiendo con el ejemplo anterior, se puede plantear preguntar qué relación hay entre el cambio de producto fabricado y la instalación. En el caso anterior, el cambio de diámetro de la cabeza previo al tallado del dentado, implica un cambio en el torno que realiza esta operación. El cambio de dentado afectará a las talladoras que



realizan el desbaste, a las desbarbadoras y a las afeitadoras que lo terminan.

Asimismo quedarán afectados los medios de control de todas estas operaciones. El medio de control es un equipo de medida de precisión que se usa a pie de máquina, de fabricación robusta y preparados generalmente para un cambio rápido de referencia.

En términos de automatización intermedia, pueden verse afectados aquellos equipos que realicen manipulaciones o apoyos en la zona afectada, incluso en máquinas en las que no se realicen las operaciones involucradas directamente en el cambio.

Finalmente, el cambio de elementos logísticos como contenedores, carros de tratamientos, palets, canastas, etc.. es fundamental, principalmente para evitar mezcla de piezas de referencias distintas.

c. Facilidad de cambio

El tiempo invertido en un cambio de ráfaga está en relación directa, no sólo con el número de máquinas afectadas, sino también con la complejidad de dichas tareas. Tomemos como ejemplo las máquinas talladoras de la línea de Árbol Secundario. Existen dos máquinas trabajando en paralelo, una de ellas de última generación, con control numérico (CNC) y cambio rápido de herramienta. La otra, sin control numérico y con cambio mecánico de herramienta. En una bastará con cambiar el programa de mecanizado, cambiar a la herramienta adecuada y hacer una pieza de prueba. En la otra, los cambios en las condiciones de corte requieren el cambio de una serie de engranajes que acoplan los distintos movimientos de rotación y avance que producen el corte (en la máquina de control



numérico cada eje es independiente y se mantienen sincronizados electrónicamente).

Estas diferencias entre dos máquinas que realizan la misma operación conlleva una diferencia de tiempos importante: De los 7 minutos que se tarda en cambiar la máquina más moderna a los 50 minutos de la otra.

d. Tiempo de preaviso

Aun en el caso de una planificación de la producción precisa, los tiempos con los que se conoce de antemano la necesidad del cambio de referencia fabricada suelen ser cortos, especialmente en aquellas líneas con mayor diversidad de referencias, en las que las tandas de producción suelen ser muy cortas, incluso con dos cambios de ráfaga al día. El tiempo medio con el que se avisa a los responsables de la línea suele estar en torno a las 8 horas (1 turno de producción), pero en algunos casos se puede llegar a concertar con días de antelación.

e. Estrategia de cambio

Una vez dada la orden de cambio de ráfaga se ponen en marcha una serie de acciones encaminadas a realizar el cambio de la manera más rápida posible. El orden y manera de poner en marcha esas acciones son el objetivo principal de este ensayo de mejora del tiempo de cambio de ráfaga, debido fundamentalmente a que los otros factores son relativamente invariables y que el procedimiento debe ser lo suficientemente genérico para ser aplicable a cualquier línea de fabricación.



El método elegido para afrontar la reducción de tiempo se inspira en la metodología *Kaizen* (palabra japonesa que puede traducirse por ‘mejora’ o ‘cambio a mejor’ aunque la expresión comúnmente usada en su lugar es ‘mejora continua’), uno de los pilares de los métodos de fabricación japonesa, que han dado origen al concepto de *lean production* (producción ajustada) y que son así mismo promotores del concepto de lotes de pequeño tamaño, fabricación bajo demanda, flujo tenso, etc...

Inicialmente se pueden marcar objetivos temporales de reducción de tiempo de cambio de ráfaga (reducir el tiempo de cambio de ráfaga un 25%, después hasta un 40%...) pero por estandarización se puede tender a largo plazo a marcar un objetivo de todos los cambios de ráfaga ‘rápidos’, indicándose un tiempo límite aplicable a cualquier cambio de ráfaga (menor de 15 o 10 minutos).

5.1 Análisis del proceso de cambio de ráfaga

Una vez que se recibe el aviso del cambio de necesidades logísticas, el procedimiento habitual es:

- 1 El traslado de personal encargado de las operaciones complejas en un cambio de ráfaga (generalmente un ‘técnico preparador’) a las líneas afectadas.
- 2 La parada en cierta secuencia de los medios de producción.
- 3 Los operarios empiezan a ‘limpiar’ la línea de las piezas de la referencia de la ráfaga actual. Esto implica, en la mayor parte de los casos, la extracción de piezas de los transportadores entre máquinas (cadenas de transporte, palets, pórticos, etc..) y su almacenaje en los



contenedores adecuados como 'producto en proceso OPXXX' para una posterior reintroducción cuando se vuelva a cambiar la referencia.

Ésta es una de las tareas que más tiempo consume en un cambio de ráfaga, además de ser desde todo el punto de vista indeseable la existencia de *stocks* intermedios de piezas no terminadas, tanto desde el punto de vista logístico, como por el de calidad del producto.

- 4 Se introducen en cabecera de línea las piezas brutas correspondientes (este paso no es necesario si ambas referencias parten de la misma pieza bruta).
- 5 Se realizan los cambios o ajustes necesarios en cada máquina para la fabricación de la nueva pieza. Puede tratarse desde un simple cambio de programa en el que se invierten 5 minutos hasta la sustitución de un tren de engranajes completo de una hora de duración). Se incluyen los cambios de herramienta.
- 6 Se reintroducen en la línea, en los puntos adecuados, piezas de la referencia entrante provenientes de cambios de ráfaga anteriores.
- 7 Se preparan y ajustan los medios de control de pieza ubicados a pie de máquina para la nueva referencia.
- 8 Se arrancan secuencialmente las máquinas para la fabricación de la nueva referencia.
- 9 En cada uno de ellos se fabrica una pieza de prueba, se controlan sus características (algunas pueden realizarse a pie de máquina, otras implican que el operario se traslade hasta la cabina de control con la pieza para su medición con los medios allí disponibles), se realizan las correcciones adecuadas y se pone en marcha la máquina.

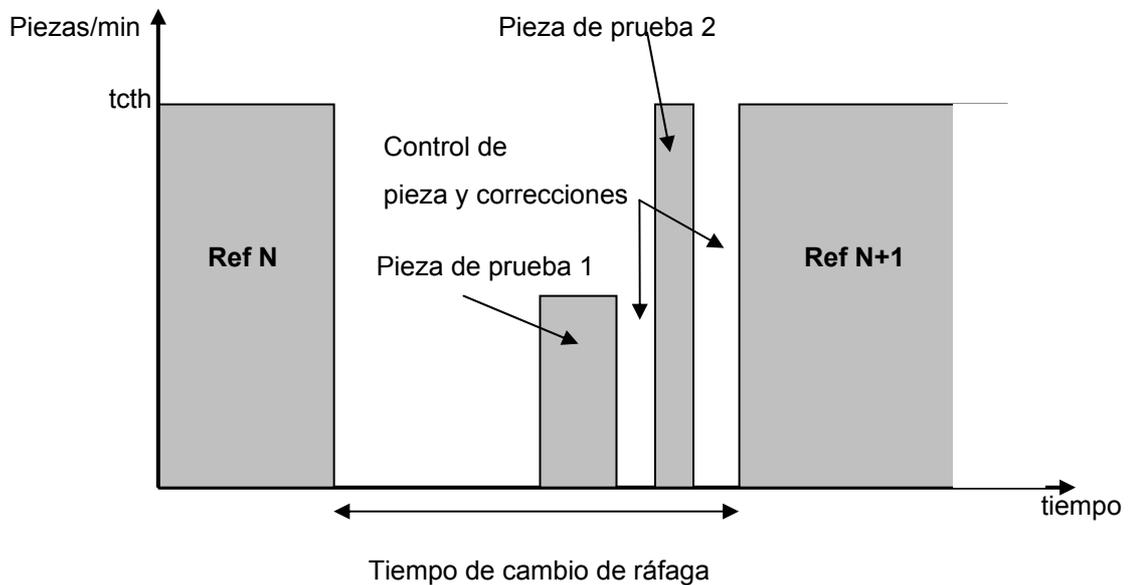


Figura 5.1. Cambio de ráfaga y puesta a punto para 'primera pieza buena'.

Se pueden considerar en este punto dos tiempos de cambio de ráfaga: uno particular de cada máquina y otro global de la línea: En ambos casos se mide como el tiempo entre la última pieza buena producida en la ráfaga N-1 y la primera pieza buena producida en la ráfaga N, siendo en el primer caso referido a una operación realizada en una máquina y en el segundo en la línea completa.

Por ello, podría justificarse la práctica de 'bajar' piezas de la referencia sustituida para tenerlas preparadas en el próximo lote en que se fabrique, de manera que se puedan tener piezas al final de línea en poco tiempo. Sin embargo, la pérdida de tiempo ocasionada por el trabajo de carga y descarga de piezas a y desde los contenedores intermedios no es admisible.

De todas las tareas que conlleva un cambio de referencia se puede hacer la división en externas e internas. Las tareas externas pueden realizarse



con la máquina en marcha (ajustes en un medio de control, por ejemplo), pero las internas requieren el paro de la máquina (un cambio del sistema de acogida, por ejemplo).

Es evidente que, cuanto mayor sea el porcentaje de tareas externas, menor será el tiempo de cambio de ráfaga. Convertir operaciones internas en externas y reducir la duración de las que no se pueden convertir es el proceso a seguir para la optimización del tiempo de cambio de ráfaga.

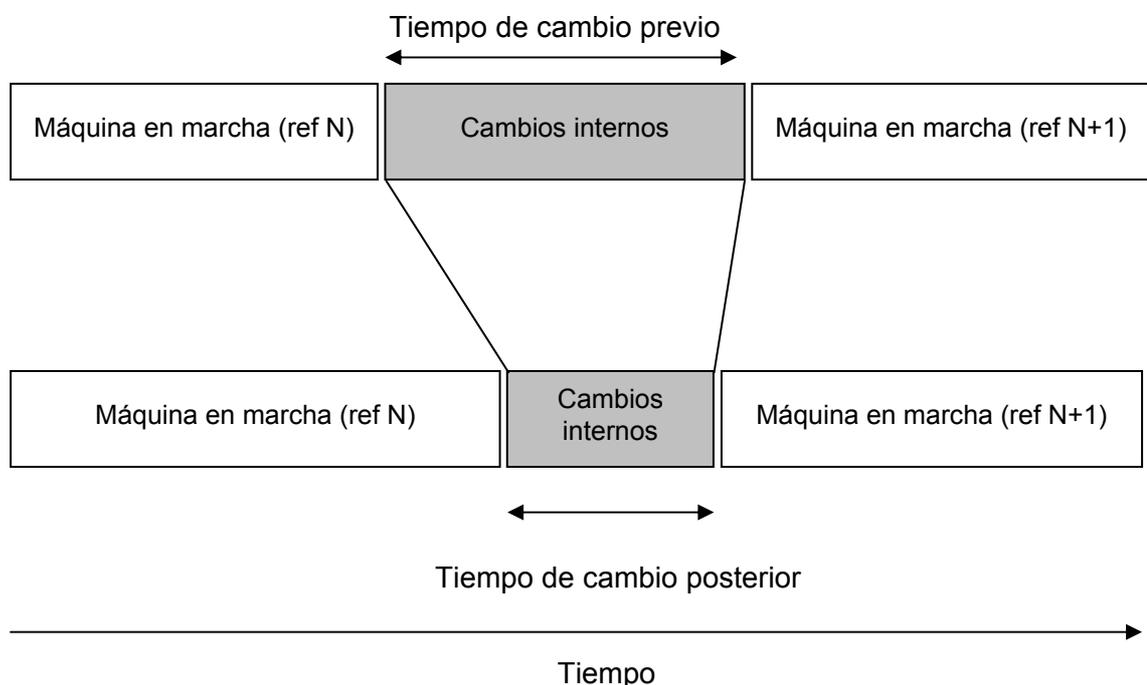


Figura 5.2. Transformación de operaciones internas en externas.

Para ello, se parte de la medición directa (o en su defecto la estimación) de los tiempos de realización de cada tarea. Un ejemplo de tabla de medida puede verse en la figura 5.3.

En ella, además de las mediciones de tiempo realizadas, se consigna el tipo de tarea (interna y externa) y cualquier detalle relacionado con ella en 'observaciones'.



FICHA DE DESCOMPOSICIÓN DE TIEMPOS DE CAMBIO DE RÁFAGA									
LINEA	DESP 5a JXQ	FECHA	09/02/2006	Observaciones					
PUESTO	OPERARIO 1								
CAMBIO	DESP 5ª JB -> DESP 5ª JXQ								
OPERACIÓN		TIPO		TIEMPO					
NUMERO	DESCRIPCIÓN	INTERNO	EXTERNO	ACUMULADO	INDIVIDUAL				
1	Paro de la carga automática de brutos. Apertura de puertas y cambio por el carretillero de contenedor. Limpieza de piezas en la tolva. Introducción por el carretillero del nuevo contenedor		x	6'	6'				
2	Poner en marcha el transportador de la carga automática para que se vacíe de la referencia anterior		x	6,5'	0,5'				
3	Preparación de herramientas OP110 según ficha		x	10'	3,5'	Se utilizará puesto de cambio de herramientas junto a mesa de control			
4	Paro del torno de OP110 y cambio de herramientas		x	16'	6'	Para el paro de la máquina se esperará al paso de la última pieza de la ref. N			
5	Puesta en marcha y relajación de 1 pieza		x	17'	1'				
6	Control de pieza y corrección		x	19'	2'				
7	Puesta en marcha de torno de OP110		x	20'	1'				
8									
9									

Figura 5.3. Ficha de descomposición de tiempos de cambio de ráfaga.



Sobre esta información se intentan detectar las posibles mejoras realizables mediante:

- Reordenación de tareas
- Transformación de cambios internos en externos
- Eliminación de tareas
- Eliminación de interferencias entre operarios
- Reducción de tiempos individuales
- Reducción del tiempo de 'primera pieza buena'.

5.2 Propuestas de mejora

Aunque el estudio de cada línea y caso sea indispensable, se realizaron una serie de propuestas de partida para la mejora del tiempo de cambio de ráfaga:

1. Realización en nueva secuencia del cambio de ráfaga.

En primer lugar, se pretende eliminar en cualquier caso la realización de una tarea externa entre dos tareas internas. Por ejemplo, los cambios de utillaje (sistemas de cogida de pieza, herramientas, etc..) se efectuarán previamente a la parada de máquina.

2. Disminución de los tiempos de cambio interno

Manteniendo utillaje duplicado fuera de la máquina, es posible realizar el cambio rápido de un plato portapieza, en lugar del reglaje de



elemento en el interior de la máquina. En muchos casos, es factible mantener utillajes duplicados, preajustados para cada referencia. De esa manera, el prereglaje que previamente estaba integrado en el tiempo de cambio interno, ahora es parte del tiempo de cambio externo.

Se obtiene además una mejora en el tiempo de obtención de primera pieza buena, pues el número de ajustes a realizar es menor (se verá en detalle más adelante).

3. Eliminación de tareas

Es habitual que se diseñen utillajes específicos para cada referencia o que se utilicen herramientas distintas para el mecanizado de cada una de ellas. En el caso que sea posible, se pueden realizar modificaciones para la unificación de elementos entre referencias.

4. Mejora de la distribución de tareas entre operarios

Eliminar todos los tiempos de no intervención de cualquier operario (generalmente tiempos de espera). Distribuir tareas para evitar interferencias o diseñar procedimientos que ahorren tiempo por empleo de dos o más operarios simultáneamente para su realización.

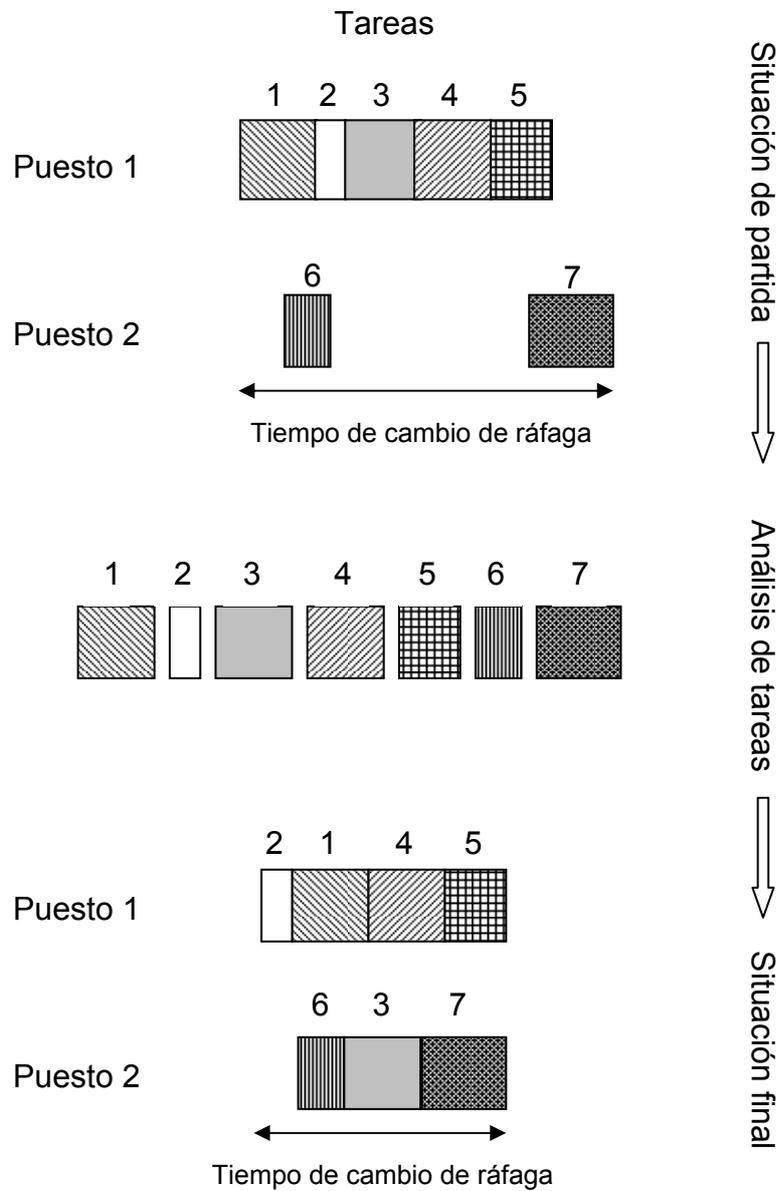


Figura 5.4. Redistribución de tareas en un cambio de ráfaga.

5. Mejora de tiempos

En algunos casos, ya sea por mejora o simplificación de utillaje o por optimización de movimientos, es posible reducir el tiempo empleado en una determinada tarea. En general, simples modificaciones en el utillaje



o cambios en el procedimiento pueden obtener grandes mejoras de tiempo. Asimismo, la reordenación y limpieza del puesto de trabajo y la identificación de los elementos involucrados en el cambio de ráfaga.

La optimización del método de trabajo debe ser estandarizada mediante procedimientos ordenados y muy específicos, para evitar la improvisación y el desorden.

6. Reducción del tiempo de primera pieza buena

Ya sea en el cambio de una sola máquina o en el de una línea completa, el cambio de ráfaga está delimitado temporalmente por la fabricación de la última pieza buena de la ráfaga N y de la primera pieza buena de la ráfaga N+1. Una vez realizados todos los cambios internos y externos, debe reglarse la máquina para la producción de piezas conformes.

Para ello se realiza una primera pieza, generalmente mediante carga manual o ciclo semiautomático, se realizan las mediciones pertinentes en el medio de control, los valores obtenidos se introducen en la máquina como correctores de herramienta o, si es necesario, se hacen ajustes mecánicos. La siguiente pieza realizada, ya en automático, vuelve a ser controlada para comprobar que las correcciones son las adecuadas. A continuación se pone la máquina en ciclo automático con las correcciones que en su caso fueran necesarias.

Este proceso puede ser acortado, como ya se adelantó en el punto número 2, mediante el reglaje previo de las herramientas y utillajes, ya que será posible introducir directamente las correcciones antes de realizar la primera pieza. Por otro lado, la definición de procedimientos de corrección y la simplificación de los medios de control puede acortar



asimismo estos tiempos.

7. Utilización de ‘falsas piezas’

Para disminuir la pérdida de producción se realizó la propuesta de utilización de una denominada ‘falsa pieza’ allí donde fuera posible.

Esta es una pieza realizada con las dimensiones generales de la pieza fabricada, generalmente común a todos los cambios de referencia y que por su construcción o material puede ser identificada automáticamente.

El objetivo es que el operario introduzca esta pieza en el punto donde se inicia el cambio de referencia, es decir, el punto de la línea donde las referencias saliente y entrante dejan de ser comunes, que no tiene porque ser en general el principio de la línea, ya que las piezas pueden tener partes comunes fabricadas en las primeras operaciones.

Una vez introducida la pieza en la línea, esta recorrerá toda la línea, bien quedándose atascada a la entrada de cada máquina para evitar la entrada de piezas de la referencia N+1 en una máquina preparada para la referencia N, o bien dando la orden a la máquina de descargar la pieza y parar la máquina, quedando ésta a la espera del cambio por el operario, mientras la falsa pieza continúa su camino a lo largo de la línea.

La primera opción es propia de líneas con máquinas más antiguas y por lo tanto menos flexibles, mientras que la segunda se puede implementar en nuevas líneas con máquinas más fácilmente programables.

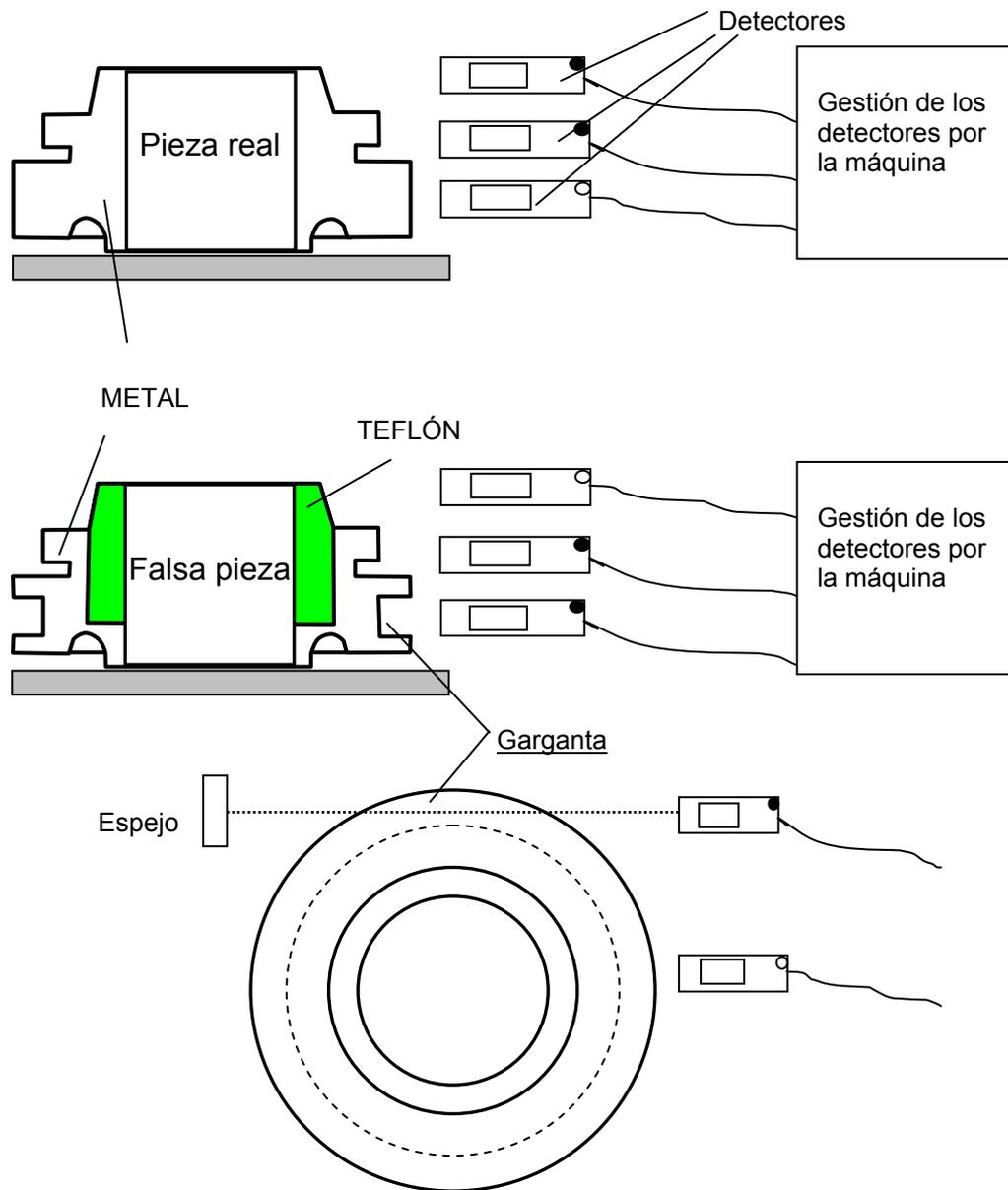


Figura 5.5. Construcción de una falsa pieza.