

1. Introducción:

En este proyecto de fin de carrera se pretende analizar la secuencia de operaciones a realizar a la hora de fabricar un componente de una transmisión. El objetivo final es realizar esta operación de la forma más eficiente posible.

El proyecto se centrará en el proceso de torneado, y aunque se harán diversas consideraciones teóricas a lo largo del mismo, no es el objetivo de este proyecto centrarse en la teoría del mecanizado sino hacerlo en la parte práctica de ejecución. Así, el proyecto se centrará en el análisis de las decisiones a tomar por parte del ingeniero en cuanto a:

- Parámetros necesarios para mecanizado: velocidad de corte, revoluciones, esfuerzo del motor, potencia,...
- Herramientas de corte a utilizar, desde punto de vista dimensional y económico
- Tratamiento de la viruta, analizando su formación, espesor, rotura y evacuación
- Lubricación de herramientas, evaluando calor generado y formas de disiparlo
- Programa de mecanizado, sobre la base de una máquina de control numérico
- Posibles mejoras e inversiones a realizar, etc.

Evidentemente, estas decisiones vendrán condicionadas por toda una serie de factores que afectan al proceso en sí: características del material, parámetros significativos, equipos etc. También tendrán su influencia otras circunstancias de partida como son el plano de producto, la máquina existente dentro de una línea de fabricación, las exigencias de volumen de fabricación etc. Estas últimas condicionan el tiempo de ciclo y los costes de fabricación resultantes, que tendrán que ser tales que garanticen viabilidad económica del proyecto.

2. Motivos de la elección del presente proyecto:

El motivo de realizar como proyecto fin de carrera un estudio tan específico como este obedece básicamente a mi especial interés por dar sentido práctico a tantos conceptos teóricos que durante años estudiamos los ingenieros industriales en esta escuela y que a veces parecen tan abstractos o innecesarios.

Algunos de esos conceptos estoy convencido que seguirán pareciéndonos lejanos a muchos de nosotros, porque son muchos los campos que engloba esta titulación y esa generalidad desaparece al poco de entrar en el mundo laboral debido a la segmentación de las tareas.

Sin embargo muchos otros conceptos serán parte de nuestra labor cotidiana, pese a que no reparamos en muchos casos la utilidad de los mismos cuando los estudiamos. El hecho de poder llevar a la realización práctica lo que uno ha estudiado creo que es una de las formas más satisfactorias de realización profesional, y el hecho de saber que finalmente así ocurre debe servir además de motivación para los estudiantes que por tantos momentos difíciles pasan en una titulación como la nuestra.

He querido sobre todo poder aplicar en este proyecto mi propia experiencia profesional, a lo largo de estos ya más de 6 años ejerciendo como ingeniero, queriendo además plasmar en un documento mis conocimientos en esta materia que uso de forma cotidiana en mi vida laboral, y confiando en que puedan ser útiles a quien consulte este trabajo.

En concreto he usado para este estudio la operación de mecanizado por su gran versatilidad. Son múltiples tanto los factores que intervienen como las posibles soluciones técnicas que hoy se dan en el mercado, así como infinitas las aplicaciones.

3. Descripción del proceso completo de fabricación de la pieza:

Con el fin de entender mejor la filosofía del presente proyecto, y pese a que éste se va a centrar solamente en la operación de torneado, he creído conveniente describir la sucesión de eventos que se dan en cualquier empresa real hasta llegar a la entrada en producción de dicha pieza, y como parte de dicha secuencia el proceso productivo completo de nuestra pieza en cuestión.

Tomaremos como punto de partida el momento en que se recibe por parte de un posible cliente la solicitud de oferta para la fabricación de una pieza determinada. Desde este instante el proceso lógico es el que se describe a continuación:

1. A partir de un plano del producto a fabricar, unos requisitos de calidad y volúmenes de fabricación, el **ingeniero responsable del proyecto** deberá estudiar todos los factores involucrados en la fabricación de la pieza, para definir así el proceso de fabricación, es decir, la secuencia de operaciones a llevar a cabo para convertir la materia prima inicial en el producto definido en el/los plano/s. Esta decisión viene dada, en su mayor parte, por la experiencia del ingeniero de proyecto, basado en el conocimiento adquirido por similitud con piezas parecidas, y convenientemente asesorado por el equipo de ingenieros o técnicos que habitualmente se encargan de la fabricación. En base a la secuencia resultante, se valorará estimativamente el coste de dichas operaciones y de los mismos se obtendrá un precio final a ofertar por la pieza a fabricar.

Si finalmente, la oferta es aceptada por el cliente, ya tendremos un coste objetivo a obtener en la fabricación de la pieza, así como un volumen de unidades a fabricar, que serán los parámetros que condicionarán fundamentalmente el resto del proceso.

2. Dada la secuencia de operaciones, y en función del volumen requerido y la capacidad instalada, se determinará el número y características de las máquinas que integrarán la célula de fabricación en la que se hará esta pieza. En caso necesario, será el **ingeniero responsable de la compra de equipos** (en muchos casos es el **ingeniero responsable del proyecto**) el que determine las especificaciones de las máquinas o equipos necesarios, teniendo como objetivo satisfacer las necesidades del cliente, tanto de calidad como volumen, de la forma más rentable posible.

3. Una vez definidas las máquinas y equipos que intervendrán en el proceso, y partiendo del plano de producto con los requerimientos del cliente, será el **ingeniero de proceso** el que diseñará las hojas de proceso u hojas de taller correspondientes. En las mismas se especificará de forma clara y secuenciada, junto con planos de la pieza, las operaciones anteriormente definidas. Suele ser habitual que se describan en estas hojas de proceso, además de las medidas y tolerancias de trabajo permitidas, los medios necesarios para medir-controlar el cumplimiento dimensional de la pieza en cuestión (calibres).
4. Finalmente, a partir de las hojas de proceso y la definición de equipos, será el **ingeniero industrial del área** quien habrá de estudiar la disposición de las máquinas para definir el número de personas que tendrán que trabajar en la célula de fabricación de la manera más eficiente. Es también habitual que se fabriquen productos similares en una misma línea de fabricación, usando la capacidad instalada disponible. Para ello, teniendo en cuenta los requerimientos de coste y volumen, se rebalancean las líneas existentes o bien se modifica su disposición (añadiendo equipos nuevos en su caso) para posibilitar la fabricación de varios modelos. Especial relevancia adquieren en este punto los estándares de ergonomía y seguridad que establecen la ley 31/95 sobre prevención de riesgos laborales. Asimismo, otro aspecto importante a tener en cuenta será el movimiento de materiales entre operaciones, si se hará de forma continua o habrá que prever espacios para los buffer intermedios de piezas en cada operación, definiendo cuál será el recorrido de las piezas desde su entrada en la célula hasta su salida como producto terminado.
5. Es en este instante, con la célula de fabricación instalada y unas hojas de proceso definidas, cuando entrará en acción el **ingeniero de fabricación** con la misión de equipar y programar cada una de las máquinas suministradas para que cumpla con los requisitos específicos de la operación y con el tiempo de ciclo que permita alcanzar la capacidad deseada. También es el responsable de la mejora continua del proceso que permita obtener beneficios adicionales al producto fabricado.

Lógicamente, en función sobre todo de las dimensiones de la empresa y la envergadura del proyecto, algunas de las funciones (incluso todas en empresas pequeñas) descritas con anterioridad pueden ser asumidas por la misma persona. El

objeto de distinguirlas en la enumeración anterior entra más en el ámbito de clarificar las atribuciones del presente proyecto.

Como se indicó anteriormente, el análisis de las tareas del ingeniero de fabricación y más concretamente todo lo referido a la operación de torneado, serán el objeto del presente proyecto. Por tanto, entrando ya de lleno en la pieza a fabricar partimos de la siguiente secuencia de operaciones, de la que disponemos de sus correspondientes hojas de proceso y conocemos la célula en que se fabricará:

- 1ª OPERACION: Torneado del vástago de la pieza, operación que sirve de eje central de este proyecto. Esta operación se llevará a cabo en un torno de control numérico con carga y descarga manual, y amarre entre puntos, para ello la primera operación que se realiza dentro de la maquina será el taladro de centrado para la localización del contrapunto, una vez hecho este el resto de la pieza se tornea entre puntos, lo cual asegura una gran concentricidad de la pieza respecto a su eje de giro.
- 2ª OPERACION: Laminado del vástago de la pieza, operación en la que por deformación plástica y sin arranque de viruta, se fuerza a la pieza a pasar entre unos rodillos que por presión producen un dentado en el diámetro superior del eje de la pieza. Este dentado será el que, en su vida funcional, sirva como engrane para la transmisión del par motor a la rueda.
- 3ª OPERACION: Proceso de lavado para eliminar los restos de aceite de la operación anterior
- 4ª OPERACION: Temple por inducción en el que se endurece la zona externa del vástago, que será la parte con mayores sollicitaciones mecánicas.
- 5ª OPERACION: Revenido en horno, para eliminar las tensiones producidas en el proceso de templado.
- 6ª OPERACION: Rectificado del vástago de la pieza, mediante el cual se consigue una gran precisión de los diámetros importantes del eje así como una mejora de la calidad superficial en los mismos.
- 7ª OPERACION: Pulido del eje, para eliminar las crestas propias del rectificado y con objeto de obtener una superficie de gran acabado superficial

- 8ª OPERACION: Lavado final con adición de productos antioxidantes para garantizar la adecuada conservación de la pieza almacenada hasta pasar a la operación de ensamblado.

En lo sucesivo nos centraremos en la primera operación, objeto de este proyecto.