



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UPC -ESEIAAT

Grado en Ingeniería en Vehículos Aeroespaciales

Estudio de la adaptación del proceso de soldadura MIG, a proceso de fabricación aditiva para obtención de piezas tridimensionales.

Presupuesto

Estudiante: Martín Sánchez, Gabriel

Director: Ortiz Marzo, José Antonio

Grado: Ing. en Vehículos Aeroespaciales.

Fecha de entrega: 30/06/2020

Convocatoria: QP 2019-2020



Tabla de contenidos

Lista de Figuras	II
Lista de Tablas	II
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. RECURSOS HUMANOS	5
3. COSTE ENERGÉTICO	6
4. MATERIAL	7
4.1. Materiales para la realización del estudio.....	7
4.2. Materiales para la fabricación de los componentes diseñados.....	8
4.3. Material fungible.....	10
5. COSTE FINAL	12
5.1. Costes finales del estudio.....	12
5.2. Costes finales con fabricación y sin experimentaciones.....	13
5.3. Costes finales con fabricación y con experimentaciones.....	13

Lista de Figuras

Figura 1: Grafico circular de los costes finales del estudio (sin incluir costes de fabricación de los componentes diseñados ni de experimentación)..... 12

Lista de Tablas

Tabla 1: Coste de recursos humanos para la realización del estudio.5
Tabla 2: Coste de recursos humanos en fabricación y experimentación.5
Tabla 3: Coste energético del estudio.6
Tabla 4: Coste de la energía para la realización de las experimentaciones.6
Tabla 5: Coste materiales para la realización del estudio.7
Tabla 6: Coste de los materiales para la fabricación de los componentes diseñados.10
Tabla 7: Coste del material fungible..... 11
Tabla 8: Resumen de costes finales del estudio.12
Tabla 9: Resumen de costes finales incluyendo el coste de la fabricación de los elementos diseñados, pero sin incluir el coste de las experimentaciones.....13
Tabla 10: Resumen de costes finales del estudio incluyendo costes de fabricación y de experimentación.13

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presenta el presupuesto del estudio desarrollado: “*Estudio de la adaptación del proceso de soldadura MIG, a proceso de fabricación aditiva para obtención de piezas tridimensionales*”. Las experimentaciones de este estudio no se han podido llevar a cabo (debido a la pandemia de coronavirus COVID-19), por tanto, el coste de éstas se estima en base a los planes de experimentación diseñados. Consecuentemente, el coste total se muestra dividido en diversas partes, son las siguientes: coste total del estudio, coste total incluyendo la fabricación los elementos diseñados y coste total incluyendo la fabricación de los elementos diseñados y experimentaciones. A lo largo de este documento, se realizan los incisos necesarios sobre esta clasificación de los costes.

El presupuesto se ha dividido según la tipología de los recursos empleados. Encontramos, en un primer apartado de “*2. Recursos humanos*”, los honorarios del equipo de ingeniería encargado de realizar el estudio. Seguidamente, en el apartado “*3. Coste energético*” se estima el coste total de la energía eléctrica consumida. A continuación, se muestra el coste de los materiales necesarios en el apartado “*4. Material*”. Y, finalmente, se muestra el cómputo global de los costes en el apartado “*5. Coste final*”.

Se excluyen de este presupuesto costes como el alojamiento, el transporte y gastos de mantenimiento, entre otros. En todos los cálculos se incluyen impuestos.

2. RECURSOS HUMANOS

El coste en recursos humanos incluye, básicamente, los honorarios del equipo de ingeniería. El cálculo de éste se ha realizado en base a un sueldo en bruto anual de 36.000€ para el ingeniero júnior y de 52.000€ para el director del estudio (ingeniero experimentado).

Aunque pueden existir convenios sectoriales y de empresa, se tomará de referencia lo expuesto en el *Estatuto de los Trabajadores*. Consecuentemente, según el Artículo 34.1 del *Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores. Art. 34.1: "La duración máxima de la jornada ordinaria de trabajo será de cuarenta horas semanales de trabajo efectivo de promedio en cómputo anual"*. Por tanto, tomando de referencia una jornada de 40 horas semanales y restando las horas de vacaciones y días festivos, resultan en un total de 1.800 horas anuales. Mediante el siguiente cálculo se puede aproximar el coste por hora de cada trabajador:

$$\text{Ingeniero júnior: } \frac{36.000 \text{ €}}{1.800 \text{ horas}} = 20 \text{ €/hora}$$

$$\text{Director del estudio: } \frac{52.000 \text{ €}}{1.800 \text{ horas}} = 28,9 \text{ €/hora}$$

El estudio ha sido desarrollado por el ingeniero júnior, pero tutorizado por el director del estudio. El total de las horas invertidas por el ingeniero júnior en este estudio es de 612 horas (ver capítulo "6. Planificación y organización" de la memoria de este estudio). De las cuales, 20 horas se han invertido en reuniones con el director del estudio.

Por tanto, el coste en recursos humanos (*Tabla 1*) asciende a:

Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Horas de dedicación computables ingeniero júnior	612 h	20,00 €/h	12.240,00 €
Horas de dedicación computables director del estudio (ingeniero experimentado)	20 h	28,90 €/h	578,00 €
Total	-	-	12.818,00 €

Tabla 1: Coste de recursos humanos para la realización del estudio.

Si se hubieran fabricado los elementos diseñados, se estima que se deberían añadir al total citado anteriormente, el coste de unas 30 horas de trabajo. Y, si se hubieran realizado las experimentaciones expuestas en la memoria del estudio, se deberían invertir unas 8 horas más. Se muestra el resumen en la siguiente *Tabla 2*:

Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Horas de dedicación computables: Fabricación	30 h	20,00 €/h	600,00 €
Horas de dedicación computables: Realización experimentaciones	8 h	20,00 €/h	160,00 €
Total	-	-	760,00 €

Tabla 2: Coste de recursos humanos en fabricación y experimentación.

3. COSTE ENERGÉTICO

El coste energético tendrá una parte fija, correspondiente al peaje de acceso o potencia contratada y, una parte variable, correspondiente a la energía consumida. También se deberán tener en cuenta otros aspectos como impuestos y alquiler de equipos.

Actualmente, las tarifas en mercado libre tienen un coste aproximado de 0,1199 €/kWh por energía consumida (parte variable) y de 0,1328 €/kW·día por potencia contratada (parte fija).

El cómputo de la parte fija se realizará en base a una potencia contratada de 4,4 kW durante un período de 4 meses (120 días). La estimación de la energía consumida se ha realizado en base a las horas de trabajo. De forma aproximada, durante el 80% del tiempo invertido en este estudio se ha requerido del uso de ordenador. Por tanto, se estima que durante 490 h se ha utilizado un ordenador con una potencia de, aproximadamente, 180 W. Durante el 50 % del tiempo invertido en este estudio (306 h), se ha requerido de iluminación, ésta presenta una potencia de 30 W. Por tanto, la energía consumida asciende a 88,2 kWh (490 h x 0,18 kW) para el ordenador y 9,18 kWh (306 h x 0,03 kW) para la iluminación. Además, se deberán tener en cuenta costes adicionales (impuestos a electricidad, IVA y alquiler de equipos de medida y control), éstos ascienden a un total aproximado de 40 € (4 meses).

En la siguiente *Tabla 3* se muestra el desglose al completo del coste energético para la realización de este estudio.

Coste energético del estudio			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Potencia contratada (coste fijo)	4,4 kW (120 días)	0,1328 €/kW·día	70,12 €
Energía consumida (coste variable)			
-Ordenador	88,2 kWh	0,1199 €/kWh	10,58 €
-Iluminación	9,18 kWh	0,1199 €/kWh	1,10 €
Impuestos a la electricidad, IVA y alquiler de equipos de medida y control	1 (120 días)	40,00 €/u	40,00 €
Total	-	-	121,79 €

Tabla 3: Coste energético del estudio.

El coste eléctrico de fabricación de los elementos diseñados depende de varios factores y es de difícil estimación. Se considera que no será elevado y, por tanto, es despreciable.

Si se llevaran a cabo las experimentaciones, se consumiría una energía total de 18,575 kWh. El coste, simplemente, se añadiría al coste de energía consumida. En la siguiente *Tabla 4* se muestra el coste de la realización de las experimentaciones.

Coste energético de las experimentaciones			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Energía consumida en la realización de experimentaciones	18,575 kWh	0,1199 €/kWh	2,23 €

Tabla 4: Coste de la energía para la realización de las experimentaciones.

4. MATERIAL

En este apartado se detallan los costes asociados al material y al equipamiento necesario para la realización de este estudio y de las experimentaciones correspondientes. Se muestra desglosado en: materiales para la realización de este estudio, materiales para la fabricación de los componentes diseñados y material fungible.

4.1. Materiales para la realización del estudio

Los materiales para la realización de este estudio incluyen los equipamientos básicos para su realización, es decir, se incluye el coste del equipo informático, de las licencias utilizadas, de la impresora 3D y del equipo de soldadura TIG utilizado.

En cuanto a las licencias del software utilizado, se ha procurado utilizar programas gratuitos y software libre. El único software de pago utilizado es el software de CAD, es decir, SolidWorks®. La universidad mantiene un acuerdo con la empresa comercializadora Dassault Systèmes® que permite al estudiante utilizar una versión gratuita destinada a estudiantes. Aunque se tiene acceso gratuito, se ha incluido en el presupuesto el coste de las licencias del software CAD. Esto se ha hecho pensando en el coste real de dichas licencias por si el proyecto se realizara en otros entornos no educacionales.

Se han calculado los costes de adquisición del total de los materiales. Dichos materiales se usarán en el proyecto, pero podrán ser reutilizados, posteriormente, en otros proyectos. Es por este motivo que, se estima que el coste real del material a utilizar en este estudio es de un 10 % del valor de adquisición. A este coste hay que añadirle el coste proporcional del servicio de suscripción de las licencias (es un pago anual, se calcula el coste correspondiente a los 4 meses de uso). A continuación, se muestra en la *Tabla 5* el coste desglosado de los materiales necesarios para la realización de este estudio.

Materiales para la realización del estudio			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Ordenador portátil	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Licencia SolidWorks Standard	1	6.600,00 €	6.600,00 €
Impresora 3D Anet A8	1	230,00 €	230,00 €
Soldador TIG inverter solter core 200i	1	277,09 €	277,09 €
Antorcha de soldadura TIG solter SR-26	1	80,00 €	80,00 €
Regulador gas de protección (Reductor de presión + caudalímetro)	1	67,16 €	67,16 €
Coste de adquisición	-	-	8.254,25 €
Coste real (10% del coste de adquisición)	10%	8.254,25 €/u	825,43 €
SolidWorks - Servicio de suscripción anual	0,34	1.500,00 €/año	510,00 €
Total	-	-	1.335,43 €

Tabla 5: Coste materiales para la realización del estudio.

4.2. Materiales para la fabricación de los componentes diseñados

El coste de los materiales para la fabricación de los componentes diseñados incluye: materia prima (metales en bruto), tornillería, roldanas y resortes, entre otros. Se dividen los costes por componente, es decir, los costes del soporte de la antorcha y del alimentador del hilo se muestran de forma individual y, al final de la *Tabla 6*, se muestra el total de ambos. En este análisis no se incluyen costes de mecanización (herramientas, taladrina, reciclaje, energía, etcétera) ni posibles costes de envío.

Cabe destacar que el proveedor de metales fija unas dimensiones mínimas por pieza. En orden de optimizar el coste total de los materiales, se han agrupado las distintas piezas, de modo que, se puedan obtener de la misma chapa. Esto reduce los costes de fabricación y, también, ayuda a generar menores residuos gracias al máximo aprovechamiento del material. Por el contrario, aumenta el tiempo necesario de planificación para la realización del pedido.

En la siguiente *Tabla 6* se muestra un desglose de todos los materiales necesarios para fabricar los componentes diseñados. En dicha *Tabla 6* se indican las dimensiones máximas de las piezas y, entre paréntesis, las dimensiones que se piden al proveedor, por todo lo comentado anteriormente.

Finalmente, se obtiene un coste de los materiales para el soporte de la antorcha de 16,01€ y, un coste de los materiales para el alimentador de hilo de 101,01 €. Por tanto, el **coste total** de los materiales para fabricar los componentes diseñados es de **117,02 €**.

Materiales para la fabricación de los componentes diseñados			
Soporte antorcha			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Aluminio 5083 (Chapa corte a espesor)			
-Placa lateral 91 x 88 x 8 mm (100 x 90 x 8 mm)	1	2,48 €/u	2,48 €
-Placa lateral 27 x 64 x 20 mm (100 x 30 x 20 mm)	1	2,49 €/u	2,49 €
-Placa anclaje 90 x 90 x 8 mm (100 x 100 x 8 mm)	1	2,58 €/u	2,58 €
-Tirante 88 x 91 x 8 mm (100 x 90 x 8 mm)	1	2,48 €/u	2,48 €
-Base 90 x 83 x 8 mm (100 x 90 x 8 mm)	1	2,48 €/u	2,48 €
-Tapa 21 x 64 x 20 mm (100 x 30 x 20 mm)	1	2,49 €/u	2,49 €
-Tapa soporte tubo 18 x 8 x 5 mm	2	*Recortes*	- €
Tornillería acero inoxidable A4			
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M4x12 mm	7	0,04 €/u	0,28 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M4x10 mm	12	0,03 €/u	0,36 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x5 mm	4	0,03 €/u	0,12 €

-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x12 mm	3	0,03 €/u	0,09 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x30 mm	4	0,04 €/u	0,16 €
Total, soporte antorcha	-	-	16,01 €
Alimentador de hilo			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Aluminio 5083 (Chapa corte a espesor)			
Chapa 100 x 90 x 10 mm	1	15,44 €/u	15,44 €
-Extensor 39 x 10 x 10 mm	1		
-Eje brazo 44 x 10 x 10 mm	1		
-Cubre rodillo 50 x 50 x 10 mm	1		
-Eje roldana 26 x 10 x 10 mm	1		
Brazo 140 x 42 x 20 mm (140 x 100 x 20 mm)	1	5,18 €/u	5,18 €
Chaveta DIN-6885 B 15 x 4 x 4 mm	1	*Recortes*	- €
Apriete 70 x 10 x 6 mm (100 x 20 x 6 mm)	1	1,72 €/u	1,72 €
Pasador 12 x 4 x 4 mm	1	*Recortes*	- €
Chapa 300 x 230 x 12 mm	2	12,09 €/u	24,18 €
-Poste 39 x 12 x 12 mm	1		
-Pata 200 x 200 x 12 mm	2		
-Base pata 200 x 50 x 12 mm	2		
Chapa 100 x 70 x 10 mm	3	2,7 €/u	8,10 €
-Soporte tubo 40 x 32 x 10 mm	5		
Chapa 100x 20 x 5 mm	1	1,69 €/u	1,69 €
-Cubre soporte 20 x 10 x 4 mm	5		
Placa superior 200 x 200 x 12 mm (200 x 200 x 12 mm)	1	7,68 €/u	7,68 €
Soporte carrete 230 x 230 x 10 mm (300 x 240 x 10 mm)	1	10,69 €/u	10,69 €
Tubo soporte carrete 130 x 40 x 40 mm (200 x 40 x 40 mm)	1	6,43 €/u	6,43 €
Roldanas	2	6,50 €/u	13,00 €
Muelle DIN-2089	1	5,42 €/u	5,42 €
Tornillería acero inoxidable A4			
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x10 mm	10	0,03 €/u	0,30 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x6 mm	10	0,03 €/u	0,30 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x16 mm	4	0,04 €/u	0,16 €
-Cabeza hueca hexagonal DIN-912/ISO-4762 M3x12 mm	3	0,03 €/u	0,09 €
-Cabeza avellanada hexagonal hueca DIN-7991/ISO-10642 M8x20 mm	4	0,1 €/u	0,40 €

-Cabeza avellanada hexagonal hueca DIN-7991/ISO-10642 M6x16 mm	2	0,05 €/u	0,10 €
-Tornillo de fijación con cabeza hexagonal hueca y copa en punta DIN-916/ISO-4029 M4x3 mm	1	0,01 €/u	0,01 €
-Tuerca ciega abombada DIN-1587 M8	1	0,12 €/u	0,12 €
Total, alimentador hilo	-	-	101,01 €
Total	-	-	117,02 €

Tabla 6: Coste de los materiales para la fabricación de los componentes diseñados.

4.3. Material fungible

En este apartado, se muestra el coste del material fungible destinado a la realización de las experimentaciones. Básicamente, encontramos tres tipologías de material fungible: el material de aportación (bobina de acero), el gas de protección (argón) y, finalmente, otros consumibles como los electrodos de tungsteno, las toberas y difusores de la antorcha, los EPI (mascarillas, gel hidroalcohólico, guantes, etcétera) y, el metal base, entre otros.

El cálculo del material fungible a consumir se ha realizado según lo estipulado en las distintas experimentaciones (ver apartados correspondientes de la memoria, resumen en el apartado “5.7. Resumen de las experimentaciones”). El coste de una bobina de 15 kg de acero ER-70S-6 es de 35,50 €/u, por tanto, el coste por kilogramo de material de aportación puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Material de aportación: } \frac{35,50 \text{ €/bobina}}{15 \text{ kg cada bobina}} = 2,37 \text{ €/kg}$$

Conociendo la masa de material de aportación consumida, se puede estimar el coste de éste. En la siguiente *Tabla 7* se muestra el coste total del material de aportación.

Por lo que respecta al gas de protección (Argón), existen dos opciones. La primera sería utilizar las botella pequeñas de 2,2 litros de tamaño y a una presión de 100 bar. Éstas tienen un coste de 44,77 €/u. Si se aproxima su contenido de argón en 220 litros, obtenemos un precio por litro de argón de 0,2035 €/l. Para la realización de todas las experimentaciones se requeriría un total de 10 botellas de 2,2 litros con un coste total de 447,7 €. La segunda opción sería utilizar botellas de mayores dimensiones, una medida común es la de 20 litros de tamaño a una presión de 200 bar y, con un contenido total de gas de protección de 4.000 litros. El coste de una de estas botellas es de 217,16 €, por tanto, obtenemos un coste por litro de argón de 0,05429 €/l. En este caso, únicamente, se requeriría el uso de la mitad de la botella. Consecuentemente, el coste de realizar las experimentaciones con botellas de mayores dimensiones es sustancialmente más económico, 109,18 € frente a 447,7 €.

Inicialmente, se había pensado en utilizar botellas de pequeño formato por la dificultad que puede presentar la obtención y almacenaje de botellas de grandes dimensiones (puede ser necesario tener un contrato y un seguro con la empresa suministradora). El elevado coste hace que las botellas pequeñas no sean una opción viable. Para realizar pequeñas

pruebas, las botellas pequeñas sí pueden ser adecuadas. En experimentaciones prolongadas, las botellas pequeñas pueden terminarse a mitad del proceso de fabricación generando, consecuentemente, defectos en las piezas. Finalmente, considerando todas las opciones, se ha tomado de referencia el coste de las botellas de gran formato (20 litros), ya que, será siempre preferible el uso de éstas.

Por último, también se deben tener en cuenta como materiales fungibles los electrodos de tungsteno, las toberas, algunos EPI y, el metal base, entre otros. La situación generada por la pandemia del coronavirus COVID-19 obliga a mantener unas condiciones higiénicas estrictas y el uso de EPI desechables. El coste de este conjunto se aproxima a unos 40 €.

En la siguiente *Tabla 7* se muestra el desglose de los consumibles necesarios para la realización de todas las experimentaciones planteadas.

Material fungible (Coste material experimentaciones)			
Concepto	Unidades	Coste unitario	Coste
Bobina acero ER-70S-6 diámetro 0,8 mm	1,83	2,37 €/kg	4,34 €
Gas de protección (Argón)	2.011	0,05429 €/litro	109,18 €
Otros consumibles (tungsteno, toberas, EPI, metal base, etcétera)	1	40,00 €/u	40,00 €
Total	-	-	153,51 €

Tabla 7: Coste del material fungible.

5. COSTE FINAL

Los costes finales del estudio, también, se han segregado en tres: Costes finales del estudio (sin incluir el coste de la fabricación de los elementos diseñados ni de las experimentaciones), costes finales con fabricación y sin experimentaciones (incluye el coste del estudio y el coste de fabricación de los elementos diseñados) y, por último, el coste final con fabricación y con experimentaciones (incluye el coste del estudio y los costes de fabricación y experimentación).

Debido a la situación (pandemia del coronavirus COVID-19), no se han podido desarrollar las fases de fabricación ni experimentación. Por lo que, el coste real de este estudio es el indicado en el apartado “5.1. Costes finales del estudio”.

5.1. Costes finales del estudio

Los costes finales del estudio ascienden a un valor total de **14.275,22 €**. Estos costes no incluyen los costes de fabricación de los elementos diseñados ni los costes de experimentación. En la siguiente *Tabla 8* se desglosan el total de los costes.

Costes finales del estudio	
Concepto	Coste
Recursos humanos	12.818,00 €
Consumo eléctrico	121,79 €
Materiales	1.335,43 €
Total	14.275,22 €

Tabla 8: Resumen de costes finales del estudio.

En la siguiente *Figura 1* se esquematiza el total de los costes del estudio.



Figura 1: Gráfico circular de los costes finales del estudio (sin incluir costes de fabricación de los componentes diseñados ni de experimentación).

5.2. Costes finales con fabricación y sin experimentaciones

Los costes finales del estudio incluyendo la fabricación de los elementos diseñados ascienden a un valor total de **14.992,24 €**. Estos costes no incluyen los costes de experimentación. En la siguiente *Tabla 9* se desglosan el total de los costes.

Coste final del estudio incluyendo costes de fabricación de los elementos diseñados		
Concepto	Coste individual	Coste
Recursos humanos		13.418,00 €
-Estudio	12.818,00 €	
-Fabricación	600,00 €	
Consumo eléctrico		121,79 €
Materiales		1.452,45 €
-Estudio	1.335,43 €	
-Fabricación Soporte antorcha	16,01 €	
-Fabricación Alimentador de hilo	101,01 €	
Total		14.992,24 €

Tabla 9: Resumen de costes finales incluyendo el coste de la fabricación de los elementos diseñados, pero sin incluir el coste de las experimentaciones.

5.3. Costes finales con fabricación y con experimentaciones

Los costes finales del estudio incluyendo la fabricación de los elementos diseñados y la realización de las experimentaciones ascienden a un valor total de **15.307,98 €**. En la siguiente *Tabla 10* se desglosan el total de los costes.

Coste final del estudio incluyendo fabricación y experimentaciones		
Concepto	Coste individual	Coste
Recursos humanos		13.578,00 €
-Estudio	12.818,00 €	
-Fabricación	600,00 €	
-Realización de experimentaciones	160,00 €	
Consumo eléctrico		124,02 €
-Estudio	121,79 €	
-Experimentaciones	2,23 €	
Materiales		1.605,96 €
-Estudio	1.335,43 €	
-Fabricación Soporte antorcha	16,01 €	
-Fabricación Alimentador de hilo	101,01 €	
-Material fungible (Experimentaciones)	153,51 €	
Total		15.307,98 €

Tabla 10: Resumen de costes finales del estudio incluyendo costes de fabricación y de experimentación.