



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño y fabricación de utillaje de sujeción mecánica mediante tecnologías de fabricación aditiva (Rapid Tooling).

Autor: Manuel Conde Rubio
Director: Luis Rayado Guerrero

Madrid
Julio de 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
..... DISEÑO
Y FABRICACIÓN DE UTILLAJE DE SUJECCIÓN MECÁNICA MEDIANTE
TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA (RAPID TOOLING).

.....
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico4º..... es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Manuel Conde Rubio

Fecha: ...16.../ ...07.../ ...2020...



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Rayado Guerreo

Fecha: ...16.../ ...07.../ ...2020.





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño y fabricación de utillaje de sujeción mecánica
mediante tecnologías de fabricación aditiva (Rapid
Tooling).

Autor: Manuel Conde Rubio
Director: Luis Rayado Guerrero

Madrid
Julio de 2020

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UTILLAJE DE SUJECCIÓN MECÁNICA MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA (*RAPID TOOLING*).

Autor: Manuel Conde Rubio

Director del Proyecto: Luis Rayado Guerrero

Entidad Colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

Resumen del Proyecto

Este trabajo tiene como objetivo la obtención de una pieza aplicando las distintas técnicas de fabricación aditiva (*Rapid Tooling*). Esta pieza se usará como útil de sujeción mecánica, los cuales se encargan de fijar otra pieza en una posición determinada impidiendo en todo momento su movimiento mientras el proceso de fabricación es llevado a cabo.

En este trabajo el útil diseñado consistirá en una mordaza para la soldadura de piezas en ángulo recto (*Imagen 1*), útil ampliamente usado en la industria, siendo de vital importancia para la obtención de soldaduras precisas y exactas, sobre todo para piezas de un tamaño relativamente pequeño, para las cuales el grado de exactitud debe de ser mayor.



Imagen 1: Mordaza para soldadura en ángulo

Fuente: <https://www.manomano.es>

El diseño del útil se ha llevado a cabo en tres partes: la parte 1 consistirá en el cuerpo de la mordaza, la parte 2 será el tornillo que permite el avance de la mordaza, y la parte 3 será la mordaza propiamente dicha (*Imagen 2*). Este diseño por partes se ha escogido de tal forma que, si una de estas partes sufre algún daño o rotura, gracias a la flexibilidad que permite la fabricación aditiva, se pueda obtener el repuesto de solo esa parte sin tener que desechar la pieza completa.

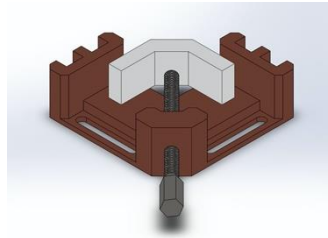


Imagen 2: Mordaza para Soldadura en Ángulo

Fuente: Elaboración Propia

Debido a las condiciones actuales de excepcionalidad los ensayos de esfuerzos que puede sufrir la mordaza, no se han podido llevar a cabo, por lo que los resultados obtenidos serán siempre basados en el análisis realizado mediante el software CAD empleado (*Solidworks 2020*).

Una vez planteada y analizada la pieza, así como las distintas técnicas de fabricación aditiva empleadas, se realizará un análisis de los distintos objetivos de desarrollo sostenible que este trabajo puede solucionar (*Imagen 3*).



Imagen 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible plantados por la ONU para 2030

Fuente: <https://www.un.org>

Finalmente, tras la elaboración de este trabajo se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La fabricación aditiva es una de las tecnologías con mayor futuro, tanto para el desarrollo de actividades tecnológicas, como para la vida cotidiana, sin embargo, plante algunos problemas que se han de resolver, sobre todo en las piezas de mayor tamaño.
- El mundo de los utillajes de sujeción es ampliamente desconocido para el público general y sin embargo esta presente en la mayoría de las actividades industriales que exijan un cierto grado de precisión.

DESIGN AND MANUFACTURE OF MECHANICAL HOLDING TOOLS THROUGH 3D PRINTING

Author: Manuel Conde Rubio

Director: Luis Rayado Guerreo

Collaboratng Entity: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

Abstract

The objective of this work is to obtain a single piece by applying the different 3D Printing techniques (Rapid Tooling). This part will be used as a mechanical clamping tool, which is responsible for fixing another part in a certain position, preventing its movement at all times while the manufacturing process is carried out.

In this work, the designed tool will consist of a clamp for the welding of parts at right angles (*Image 1*), a tool widely used in the industry, being of vital importance for obtaining precise and exact welds, especially for parts of a size relatively small, for which the degree of accuracy must be greater.



Image 1: Angle Welding Clamp

Fuente: <https://www.manomano.es>

The design of the tool has been carried out in three parts: part 1 will consist of the body of the clamp, part 2 will be the screw that allows the advance of the clamp, and part 3 will be the clamp itself (*Image 2*). This part design has been chosen in such a way that, if one of these parts suffers any damage or breakage, thanks to the flexibility that 3D printing allows, the replacement of only that part can be obtained without having to discard the complete part.

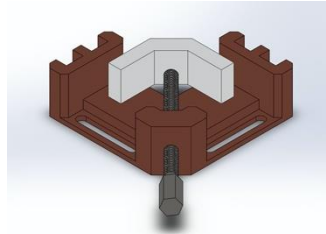


Image 2: Angle Welding Clamp

Source: Own

Due to the current exceptional conditions, the stress tests that the clamp can suffer have not been carried out, so the results obtained will always be based on the analysis carried out using the CAD software used (Solidworks 2020).

Once the piece has been raised and analyzed, as well as the different 3D printing techniques used, an analysis will be made of the different sustainable development objectives that this work can solve (*Image 3*).



Image 3: Sustainable Development Goals 2030

Fuente: <https://www.un.org>

Finally, after preparing this work, the following conclusions can be reached:

- 3D printing is one of the technologies with the greatest future, both for the development of technological activities and for everyday life, however, it poses some problems that must be solved, especially in the larger pieces.
- The world of clamping tools is widely unknown to the general public and yet is present in most industrial activities that require a certain degree of precision.

INDICE DE CONTENIDO

Resumen del Proyecto	6
Abstract	9
Glosario	19
Introducción	21
Presentación del Tema	21
Estado de la Cuestión Y Objetivos	24
Estado de la Cuestión	24
Objetivos	24
Metodología Y Recursos Empleados	25
Metodología	25
Recursos Empleados	25
Estado del Arte	28
Parte I: Utillaje de Fabricación Y Montaje	28
1. Definición de Utillaje	29
2. Elementos de los Utillajes	30
2.1. Sistemas de referencia y de puesta en posición	30
2.2. Apoyos y Reacciones	34
2.3. Sistemas de Sujeción Mecánica	35
2.4. Sistemas de Sujeción Neumática	42
2.5. Sistemas de Bloqueo Hidráulico	45
2.6. Órganos auxiliares para el arranque de viruta	46
3. Utillajes, Dispositivos y Aparatos	49
3.1. Plantillas y Aparatos para el trabajo en la taladradora	49
3.2. Proyectos de Aparatos Completos para Trabajos en Taladradoras	51
Parte II: Tecnología de Fabricación Aditiva o Impresión 3D	53
1. Historia del 3DP	53
1.1. La Impresión 3D en la Actualidad	55
2. Ventajas de la Impresión 3D	56
3. Limitaciones de la Impresión 3D	58

4. Tecnologías para la Impresión 3D	59
4.1. Extrusión de Material	59
4.2. Polimerización VAT	60
4.3. Fusión en Lecho de Polvo	61
4.4. Inyección de Material	63
4.5. Inyección de Aglutinante	64
4.6. Fusión en Lecho de Polvo Metálico	65
5. Procedimiento Para La obtención de una Pieza con 3DP	67
5.1. Modelo 3D	69
5.2. Conversión del Modelo 3D	69
5.3. Preparación para la Impresión	70
5.4. Impresión	73
5.5. PostProcesado	74
6. Futuro de la Impresión 3D	77
7. Conclusiones de la Tecnología 3DP	79
Parte III: Tecnología de Fabricación por Soldadura	81
1. Historia de la Soldadura	81
2. Definición	82
3. Tipos de Soldadura	83
3.1. Soldadura Blanda	83
3.2. Soldadura Fuerte	84
3.3. Soldadura por Electrodo Revestido - SMAW	85
3.4. Soldadura TIG	87
3.5. Soldadura MIG-MAG	89
3.6. Soldadura por Resistencia – RW	91
3.7. Soldadura por Fricción	92
Diseño y Análisis	95
La pieza	95
Proceso de Fabricación	96
1. Método de Impresión Seleccionado	96
2. Elección del Material	98
3. Fabricación	100
Costes	101
Conclusiones	102
Bibliografía	104

ANEXOS	110
ANEXO I	117
Objetivos de Desarrollo Sostenible	119
1. Introducción	119
2. Los Diecisiete Objetivos Para el Desarrollo Sostenible	119
ANEXO II	123
ANEXO III	127

Índice de Imágenes

Imagen 1: Mordaza para soldadura en ángulo	6
Imagen 2: Mordaza para Soldadura en Ángulo	7
Imagen 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible plantados por la ONU para 2030	7
Imagen 4: Plato de Garras usado para la sujeción de piezas en un Perno	28
Imagen 5: Tornillos de Referencia en Posición	30
Imagen 6: Pernos o Clavijas Fijas de Referencia	30
Imagen 7: Tapones Móviles de Referencia	31
Imagen 8: Casquillos centradores	31
Imagen 9: Referencia mediante Casquillo con Muelle	31
Imagen 10: Situación de un Elemento mediante Cursor Autocentrador	32
Imagen 11: Puesta en Posición mediante Cursor	32
Imagen 12: Puesta en Posición mediante dispositivo Autocentrador	32
Imagen 13: Obturadores de Sección Circular	33
Imagen 14: Obturador de Sección Rectangular	33
Imagen 15: Casquillos Guía-Herramientas	34
Imagen 16: Clavijas	34
Imagen 17: Reacción Doble	35
Imagen 18: Datos Necesarios para el Calculo de la Presión Axial de un Tornillo	35
Imagen 19: Sujeción con Bridas Sencillas	36
Imagen 20: Tuercas Especiales de Bloqueo	36
Imagen 21: Sistema de Bloqueo con Bisagra	36
Imagen 22: Brida de Platos para Bloqueo Doble	36
Imagen 23: Bloqueo Mediante Bridas Puente	37
Imagen 25: Brida de Gancho	37
Imagen 24: Brida de Gancho para Sujeción poco Voluminosa	37
Imagen 26: Aparato para el Bloqueo Múltiple con Tirante	38
Imagen 27: Dispositivo para el Doble Bloqueo Tangencial	38
Imagen 28: Sistema de Bloqueo Doble y Equilibrado	39
Imagen 29: Bloqueo Lateral con Brida de Balancín	39
Imagen 30: Sujeción Simple por Brida	40
Imagen 31: Sistema de Sujeción Ligera a Presión Tarada	40
Imagen 32: Sistema de Bloqueo mediante Pinza	40
Imagen 33: Sistema de Sujeción mediante Palancas Excéntricas	41
Imagen 35: Sistema de Bloqueo Central	41
Imagen 36: Dispositivo para el Bloqueo Mediante Tirantes	42
Imagen 37: Sistema de Bloqueo Equilibrado	42
Imagen 38: Esquema de las Conexiones de un Dispositivo Neumático	43
Imagen 39: Cilindro Neumático	43
Imagen 40: Sistema de Retención con Guarniciones de Goma	44
Imagen 41: Distribuidor del Aire Comprimido en Tres Vías	44
Imagen 42: Brida de Sujeción Accionada mediante Cilindro Neumático	44
Imagen 43: Tornillo de un Porta-Piezas Funcionando con Aire Comprimido	45
Imagen 44: Sistema de Bloqueo Hidráulico con Brida y Leva	46
Imagen 45: Porta-Broca para Taladradora	47
Imagen 46: Porta-Broca para Taladradora con Tuercas de Tope	47
Imagen 47: Escariador con Acoplamiento por Lengüetas	48
Imagen 48: Plantilla para Agujereado Radial de un Casquillo	49
Imagen 48: Plantilla para Agujereado Radial de un Casquillo	49
Imagen 49: Plantilla de Mesa para el Agujereado de una Brida	50

Imagen 50: Plantilla para el Agujerado y Escariado de los Extremos de un Eje de Automóvil	50
Imagen 51: Cronograma de los Hitos más Importantes del 3DP	54
Imagen 52: Evolución de los Ingresos Generados por la venta de Impresoras 3D	55
Imagen 53: Coste Unitario vs. Volumen de producción	56
Imagen 54: Esfera Dentro de Otra Esfera	57
Imagen 55: Muestra de Distintos Materiales Usados para la 3DP	57
Imagen 56: Las Dimensiones de la Pieza Están Limitadas a las Dimensiones de la Base	58
Imagen 57: Grado de Detalle de una Pieza Influido por la Resolución de la Impresora	58
Imagen 58: Esquema del Proceso FDM	59
Imagen 59: Pieza Con material de Soporte (Rojo)	60
Imagen 60: Esquema del Proceso SLA	60
Imagen 61: Esquema del Proceso DLP	61
Imagen 62: Esquema del Proceso SLS	62
Imagen 63: Esquema Proceso MJ	63
Imagen 64: Esquema Proceso BJ	64
Imagen 65: Esquema Proceso DMLS	66
Imagen 66: Esquema Proceso EBM	66
Imagen 67: Proceso de Diseño en Ingeniería	68
Imagen 68: Proceso de Impresión Seguido	68
Imagen 69: Entorno de Trabajo Solidworks	69
Imagen 70: Calidad de la Pieza según la Desviación Superficial elegida	70
Imagen 71: Espesor de la Pared	70
Imagen 72: Calidad de la Superficie según su Orientación	71
Imagen 73: Puntos Débiles Generados en Función de la Orientación de las Capas	71
Imagen 74: Variación de la Resistencia del Material según la Orientación Elegida	72
Imagen 75: Material de Soporte (blanco) Usado para la Impresión de la Pieza (naranja)	72
Imagen 76: Aplicación de la Regla de 45°	73
Imagen 77: Funcionamiento del Servicio On-Line de Impresión 3D	73
Imagen 78: PostProcesado de Resinas	74
Imagen 79: PostProcesado de Filamentos Plásticos	75
Imagen 80: PostProcesado de Polvo Polimérico Usando un Aspirador	75
Imagen 81: Postprocesado de una Pieza Metálica	76
Imagen 82: Pieza Obtenida por 3DP y Agujerada con un Taladro	76
Imagen 83: PostProcesado Usando un Soldador de Estaño	77
Imagen 84: Operario Realizando un Escaneo 3D de una llanta de Neumático	78
Imagen 85: Concepto de Bio-Impresora 3D	78
Imagen 86: Soldadora en los Años XX	81
Imagen 87: Clasificación de los Distintos Procesos de Soldadura	82
Imagen 88: Soldadura Blanda Empleada en un Circuito Electrónico	83
Imagen 89: Equipo Usado para Realizar Soldadura Blanda	83
Imagen 90: Ejemplo de Soldadura Fuerte	84
Imagen 91: Equipo Utilizado para la Soldadura Fuerte	84
Imagen 92: Ejemplo de Soldadura Amarilla	85
Imagen 93: Soldador Realizando una Soldadura SMAW	85
Imagen 93: Soldador Realizando una Soldadura SMAW	85
Imagen 93: Soldador Realizando una Soldadura SMAW	85
Imagen 93: Soldador Realizando una Soldadura SMAW	85
Imagen 94: Equipo Usado para Llevar a cabo una Soldadura SMAW Polaridad Directa	86
Imagen 95: Elementos Principales de la Soldadura SMAW	86
Imagen 96: Soldador Realizando una Soldadura TIG	87
Imagen 97: Elementos Principales de la Soldadura TIG	88
Imagen 99: Robot Industrial Llevando a cabo una Soldadura MIG-MAG	89

Imagen 100: Elementos Principales Soldadura MIG-MAG	89
Imagen 101: Esquema del Proceso GMAW	90
Imagen 102: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura RW	91
Imagen 103: Bocetos de distintos tipos de Soldadura RW	91
Imagen 104: Ejemplo de Soldadura HRFW	92
Imagen 104: Ejemplo de Soldadura HRFW	92
Imagen 105: Esquema de Funcionamiento de Soldadura por Fricción	92
Imagen 106: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura LFW	93
Imagen 107: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura FSW	93
Imagen 108: Esquema de las Partes Principales de una Mordaza Básica	95
Imagen 109: Diseño de la Mordaza Planteada	95
Imagen 110: Partes Principales de la Mordaza Diseñada	96
Imagen 111: Tabla Comparativa SLS vs. SLA vs. FDM	97
Imagen 112: Comparativa Acabado Superficial	97
Imagen 113: Propiedades del ABS	98
Imagen 114: Propiedades del Nylon	98
Imagen 115: Propiedades del PLA	99
Imagen 116: Propiedades del PETG	99
Tabla: Comparativa de Precios	99
Proceso 1: Elección de la pieza a imprimir	100
Proceso 2: Selección de los parámetros del formato. stl	100
Proceso 3: Selección del material, relleno, acabado superficial y dimensiones de la pieza	101
Imagen 117: Mordaza para Soldadura en Angulo	102
Imagen 118: Mordaza para Soldadura en Angulo Bessey WSM9	102

Glosario

2D:	Two Dimension: acrónimo del inglés. Hace referencia a las dimensiones de un plano, se dice de un diseño cuando este no presenta volumen
3D:	Three Dimension: Derivado del anterior. Hace referencia a las tres dimensiones del espacio, se refiere al diseño cuando este ocupa un volumen
3DP:	Three Dimension Printing, Acrónimo del inglés y de significado: Impresión en tres dimensiones
ABS:	Acrilonitrilo Butadieno Stireno, acrónimo del latín referido a un plástico empleado en la modelación en 3D que destaca por su resistencia y por su estabilidad dimensional a alta temperatura.
Acero Cementado:	Tipo de acero que ha sufrido un proceso químico endureciendo su superficie. Es más duro que otros aceros.
Aglutinante:	Agente químico usado para unir distintos elementos.
Arco Eléctrico:	Descarga eléctrica producida entre dos electrodos en un medio gaseoso.
Brida:	Elemento mecánico que une dos componentes normalmente cilíndricos.
CAD:	Computer-Aided Design, es el software de ordenador que se utiliza para diseñar. Está enfocado principalmente para ingeniería y arquitectura
Capacidad Calorífica:	Cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura en una unidad.
Capilaridad:	Movimiento de un líquido en un material poroso debido a las fuerzas de adhesión y tensión superficial.
Coalescencia:	Propiedad de un material a fundirse o unirse.
Código Abierto:	Modelo de desarrollo de software basado en la colaboración entre usuarios.
Corte Transversal:	Plano perpendicular al cuerpo del sólido.
Coste Unitario:	Coste en la producción de una sola unidad.

Curado:	Endurecimiento de la pieza.
Excéntrica:	Cuerpo cuyo eje de giro está desplazado de su centro de gravedad.
Electrodo:	Extremo de un conductor en contacto con un medio que recibe una corriente eléctrica.
Electrodo Revestido:	Electrodo recubierto con material cerámico que protege al cordón de soldadura del ambiente.
Escoria:	Impurezas generadas durante la fusión del electrodo.
FDM:	Fusion Deposition Modelling, acrónimo proveniente del idioma inglés y de significado de Modelado por Deposición Fundida. Se trata de una tecnología de impresión de piezas en 3D mediante extrusión de plástico fundido.
Fotopolímero:	Polímero sensible a la luz.
Fresado:	Proceso de mecanizado a partir del corte de una herramienta rotativa.
Gas Inerte:	Gas no reactivo en ciertas condiciones de presión y temperatura.
Hidráulico:	Que es movido o funciona por un líquido.
Incompresibilidad:	Característica de los fluidos los cuales no pueden cambiar de forma reduciendo su volumen.
Infiltrante:	Tipo de material capaz de introducirse entre las oquedades de la pieza.
Ley de Joule:	Si por un conductor circula corriente eléctrica parte de la energía cinética de los electrones se transformará en calor.
Material de Aporte:	Todo aquel material incorporado durante una soldadura para producir el cordón de soldadura.
Mandrinado:	Proceso de mecanizado empleado para ampliar o mejorar la calidad de un agujero existente.
Mecanizado:	Conjunto de Operaciones que dan la forma a una pieza mediante el arranque de material.

Neumático:	Elemento que contiene aire.
Normalizado:	Conjunto de piezas que se diseñan siguiendo unas normas comunes.
Obturador:	Elemento utilizado para impedir la salida de gases o líquidos.
Órgano:	Medio o conducto que pone en comunicación dos cosas.
Plástico:	Estado alcanzado en ciertos elementos cuando están viscosos o fluidos y no tienen propiedades de resistencia esfuerzos mecánicos.
Polaridad:	Propiedad que tienen algunos agentes físicos de acumular sus efectos en puntos opuestos.
Polímero:	Sustancia química de elevada masa molecular, unión de monómeros
Proceso de Producción:	Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios.
Prototipo:	Primer ejemplar que se fabrica de una figura y que sirve de modelo para las siguientes.
Resina:	Sustancia pastosa y pegajosa, se endurece al contacto con el aire.
Serie:	Elaboración de un mismo producto.
Sinterizar:	Fabricar objetos mediante el prensado de polvo, previamente calentado.
Sistema de Referencia:	Conjunto de coordenadas que se requieren para determinar la posición de un cuerpo en el espacio.
SLA:	Se refiere a la tecnología también conocida como Estereolitografía, proceso en el cual se convierte, con un láser, un fotopolímero líquido en plástico sólido, capa por capa.

SLS:	Sintetización de Laser Selectivo. Se trata de una tecnología de impresión de piezas en 3D mediante el fundido del material de aporte con un laser.
Soldabilidad:	Dificultad que tiene un metal a ser soldado.
STL:	Abreviación del término inglés stereolithography. Se trata de un formato de archivos 3D que se muestra en forma de malla tridimensional generada a partir de un diseño creado por un software de CAD.
Termoplástico:	Tipo de plástico que se endurece con el calor y se endurece con el frío.
Tolerancia:	Intervalo de valores entre los que debe encontrarse una medida.
UV:	Siglas para Radiación Ultravioleta

Introducción

Presentación del Tema

En la actualidad es impensable imaginar la fabricación de cualquier producto sin el uso de algún tipo de utillaje que fije la pieza en una posición determinada consiguiendo así un grado de exactitud elevado, al mismo tiempo que se protege al trabajador de cualquier percance que pueda ocurrir mientras el proceso de fabricación se está desarrollando. Estos útiles son tan importantes y ofrecen tal cantidad de funciones para los distintos procedimientos industriales que resulta curioso que a veces se pase por encima en la formación de cualquier ingeniero.

Para lograr a entender con garantías lo que es un útil de sujeción mecánica, primero se debe definir lo que es un utillaje, así pues, la RAE define utillaje: *‘al conjunto de útiles o herramientas necesarias para una industria o actividad’*

En el conjunto de los distintos tipos de utillaje que se pueden encontrar en la industria los útiles de sujeción mecánica tienen una relevancia muy importante. Estos útiles se encargan de fijar la pieza en una posición determinada impidiendo en todo momento su movimiento mientras el proceso de fabricación es llevado a cabo.

Estos útiles tienen que conseguir la fijación de la pieza de forma rápida y eficaz, evitando la deformación de esta por el uso de dichos útiles. Deben de ser fáciles de desmontar, permitiendo su posterior limpieza, así como ser cómodos a la hora de ser manipulados, pero sobre todo deben de ser seguros para el personal que los manipula, y ofrecer seguridad, esto es, que no fallen.

El uso de estos útiles, así como su correcta utilización es una de las prioridades más importantes en cualquier tipo de industria ya que el empleo de utillajes permite la obtención de piezas precisas e idénticas a la vez que se consigue una reducción en los tiempos de fabricación, sin embargo, la obtención de dichos útiles suele ser una actividad costosa por lo que es preciso investigar la posible obtención de estas herramientas de forma rápida y barata.

Una de las tecnologías que más auge está teniendo en la industria es el uso de la fabricación aditiva o impresión 3D. Esta tecnología está siendo usada actualmente para la obtención de piezas que sirvan de prototipo de una pieza final, ya que tanto el coste, como los tiempos de producción de dicho prototipo se reducen de manera significativa.

Sin embargo, al ser una tecnología relativamente nueva tiene ciertas limitaciones como la capacidad de crear piezas no muy grandes ajustándose a las dimensiones de la propia impresora, o el grado de especialización del operario que tenga que manipular la impresora, al cual se le tiene que instruir de manera adecuada para conseguir piezas con buena precisión.

Pese a estos inconvenientes, las ventajas que ofrecen la impresora 3D, así como la incorporación de nuevas tecnologías en la impresión 3D como es el uso de metales como material de impresión, se está alcanzando un grado de conocimiento de esta tecnología que en algunos casos podrá sustituir a algunos métodos de fabricación más tradicionales.

Como se ha visto tanto el mundo del utillaje como el mundo de la tecnología 3D¹ comparten características comunes, pero la más importante de todas y la que al final del día a todo ingeniero interesa es que ambas tecnologías permiten un ahorro de costes.

Por lo que, si se une la reducción de costes que de forma natural proporciona la impresión de 3D, al diseño de un buen utillaje de sujeción, los beneficios para la industria son increíblemente altos, por lo que el objetivo de este trabajo será conseguir dicho útil analizando todas las formas de impresión 3D conocidas y eligiendo aquella que sea más favorable para dicho diseño.

¹ Three Dimension Printing: Acrónimo del inglés y de significado: Impresión en tres dimensiones

Estado de la Cuestión Y Objetivos

Estado de la Cuestión

Este apartado será desarrollado más adelante en las distintas partes de la que constará el epígrafe Estado del Arte, el cual constará de tres partes claramente diferenciadas:

- Primera Parte: Se analizarán y explicarán los distintos útiles de sujeción presentes en la actualidad
- Segunda Parte: Se analizarán las distintas tecnologías de 3DP, así como los distintos materiales empleados en la actualidad, a su vez se comentarán los distintos problemas a resolver a la hora de imprimir una pieza
- Tercera Parte: Se comentarán las distintas tecnologías de soldadura, ya que la pieza diseñada será usada para este tipo de tecnología de fabricación

Objetivos

Como se he venido exponiendo en los apartados anteriores los objetivos principales de este trabajo se pueden resumir en los siguientes:

- Estudio de los distintos útiles de sujeción más usados en la industria
- Estudio de las distintas técnicas de fabricación aditiva
- Estudio de las distintas tecnologías de Soldadura
- Diseño de un útil de sujeción mediante software CAD
- Análisis de dicho diseño
- Fabricación del diseño propio
- Análisis de costes del útil obtenido mediante fabricación aditiva
- Análisis del posible impacto ambiental que tendrá el producto final

Todos estos objetivos se irán cumpliendo y desarrollando en orden a lo largo del trabajo, siguiendo una metodología propia que se expone a continuación. El único objetivo no logrado será el de la fabricación del diseño propio usando las impresoras que ofrece la Universidad ICAI debido a la excepcionalidad que se ha vivido con la pandemia provocada por el COVID-19

Metodología Y Recursos Empleados

Metodología

Para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado se ha propuesto la siguiente metodología de trabajo. Previamente antes de iniciar la redacción de este, se llevará a cabo un estudio previo de los distintos utillajes presentes en la industria, se realizará una clasificación y se comentarán las características más importantes de cada uno de ellos. Se propondrá un diseño de útil de sujeción mecánica.

Posteriormente y una vez diseñado el útil se realizará un estudio de las distintas técnicas de fabricación aditiva presentes en la industria, se analizarán las características de cada una de ellas y se elegirá aquella que más se ajuste al útil diseñado.

Una vez obtenido el útil se llevarán a cabo los pertinentes análisis técnicos requeridos, así como un análisis económico de la pieza final y su impacto ambiental.

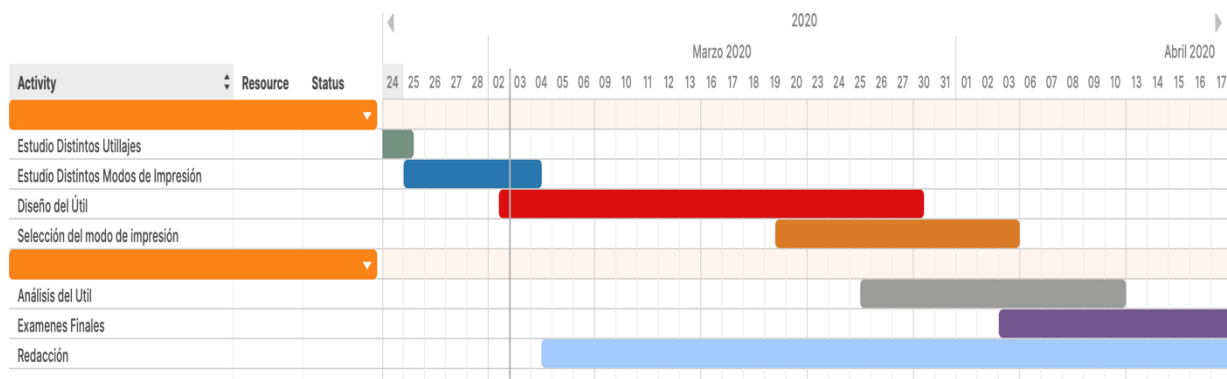


Tabla 1: Cronograma del Programa

Fuente: Elaboración Propia

Recursos Empleados

Para la recopilación de información de utillajes se usarán los apuntes de la asignatura: *Ingeniería del Mecanizado – Utillaje para fabricación y Montaje*, proporcionados por el director del proyecto Luis Rayado Guerrero. Para completar la información sobre los utillajes se hará uso de bases de datos como *Google Scholar* y páginas web de prestigio dentro del sector.

En cuanto al estudio de las distintas tecnologías de la fabricación aditiva, así como los distintos materiales usados, se utilizarán, al igual que para la información complementaria del utillaje, distintas bases de datos y paginas web.

Para el trabajo de laboratorio, el diseño del útil se llevará a cabo con las distintas herramientas de CAD² que la universidad proporciona como son *SolidWorks* o *SolidEdge*. Una vez obtenido el diseño de dicho útil se realizará la impresión a partir de las impresoras 3D presentes en el laboratorio de fabricación aditiva.

El análisis de costes se realizará a partir del uso de las distintas paginas web online que nos ofrecen una estimación del precio de las distintas partes de la pieza que se han diseñado utilizando una de las distintas tecnologías 3D que nos ofrecen, lo cual será muy útil a la hora de comparar entre la pieza que se encuentra en el mercado obtenida a partir de los métodos de fabricación actuales y la pieza diseñada y fabricada por 3DP.

El desarrollo de la bibliografía se ha desarrollado con la herramienta on-line *Scribbr*, la cual nos ofrece distintos formatos de entre los cuales se ha escogido el APA.

² Computer Aid Design. Acrónimo del inglés referente diseño asistido por ordenador.

Estado del Arte

A lo largo de este apartado se explicarán de forma detallada los distintos tipos de utillajes de sujeción presentes en la industria actual, así como las características más importantes de cada uno de ellos. Se analizará el avance de la tecnología de fabricación 3DP desde sus inicios hasta el día actual, recopilando información de las distintas técnicas de fabricación y materiales empleados para ello. A su vez se comentarán las distintas tecnologías de soldadura empleadas en la industria, ya que la pieza diseñada será usada para este tipo de tecnología. Finalmente se expondrá la pieza diseñada indicando sus características principales y funcionalidades más importantes.

Parte I: Utillaje de Fabricación Y Montaje

La sujeción de piezas para su mecanizado es una tarea complicada, sobre todo para piezas con formas geométricas complejas, ya que las herramientas de sujeción están pensadas para tener un carácter universal.

Para facilitar el mecanizado³, montaje y verificación de una pieza se construyen unos dispositivos que permiten realizar estas actividades de manera totalmente efectiva, son los utillajes de sujeción (Imagen 4)

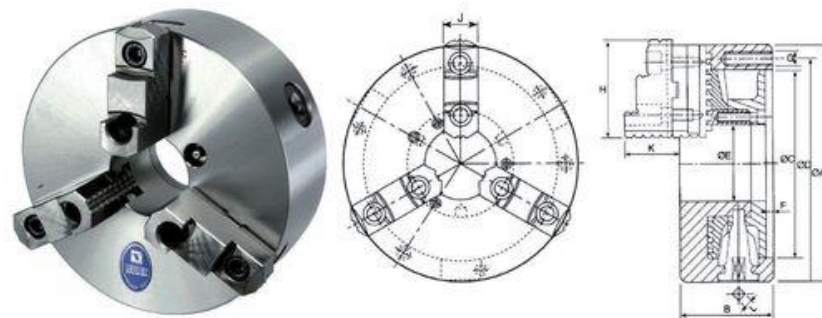


Imagen 4: Plato de Garras usado para la sujeción de piezas en un Perno

Fuente: <http://www.abratools.es/>

El empleo de estas herramientas concretas permite la obtención de piezas precisas, idénticas e intercambiables. El diseño y fabricación de estas herramientas es un proceso complicado y costoso, por lo que su uso solo es recomendado en aquellos procesos de fabricación en serie con un gran volumen de producción.

La información de todos estos elementos que conforman los elementos de los distintos utillajes que se presentan a continuación se ha obtenido a partir de los apuntes de la asignatura: *Ingeniería del Mecanizado – Utillaje para fabricación y Montaje*, proporcionados por el director del proyecto Luis Rayado Guerrero.

³Conjunto de Operaciones que dan la forma a una pieza mediante el arranque de material .

1. Definición de Utillaje

La RAE define al utillaje como: *‘al conjunto de útiles o herramientas necesarias para una industria o actividad’*.

A la hora de realizar un estudio para llevar a cabo el desarrollo y fabricación de un útil de sujeción se basa en los siguientes factores:

- Estado de la pieza antes del mecanizado
- Tipo de mecanizado
- Tolerancias⁴ exigidas y las superficies a las que se les va a realizar el mecanizado

El siguiente grupo de factores que se estudian para el diseño del útil son:

- Lugar físico donde se va a colocar la pieza
- Como se va a realizar la fijación de la pieza
- Los útiles que servirán como guía de las herramientas empleadas
- Determinar los dispositivos de orientación, centrado y sujeción de la pieza
- Croquis del útil

Una vez se han estudiado y seguido los distintos factores que limitan el diseño del útil de sujeción, se debe tener en cuenta que el útil obtenido debe cumplir con las siguientes características:

- Fácil colocación de la pieza
- Sujeción rápida y eficaz, sin deformar la pieza ni deteriore las superficies trabajadas
- Evitar todo desplazamiento y deformación de la pieza por la acción de las herramientas
- Previsión de la entrada de las herramientas y su desmontaje; entrada y salida de lubricante o viruta
- Desmontaje fácil y rápido permitiendo un mantenimiento adecuado de la pieza
- Comodidad de empleo y manipulación
- Seguridad del empleo del útil, evitando aristas vivas que puedan ocasionar accidentes en el operario
- Construcción del montaje lo más sencilla posible

Otro de los elementos más importantes para tener en cuenta en el diseño de utillaje es el uso de elementos normalizados⁵: tornillos, tuercas, rodamientos etc. Esto permitirá tener una seguridad en cuanto a la disponibilidad de recambios si en algún momento algunos de estos elementos sufren algún tipo de daño.

⁴ Intervalo de valores entre los que debe encontrarse una medida.

⁵ Conjunto de piezas que se diseñan siguiendo unas normas comunes.

2. Elementos de los Utillajes

2.1. Sistemas de referencia⁶ y de puesta en posición

Un elemento para ser puesto o referido en posición posee siempre una de las siguientes características: planos en bruto, vástagos, cubos, paredes perfiladas contornos, planos o superficies trabajadas, agujeros, cámaras cilíndricas, resaltes. Son en total nueve características de las cuales para referir una pieza en posición se necesitan dos de estas características de forma combinada, el numero de combinaciones viene definida por la siguiente ecuación:

$$C_{9,2} = \frac{9 \cdot 8}{2!} = 36$$

Este 36 indica el numero de combinaciones posibles para llevar a cabo la referencia. Una vez obtenida dicha combinación que permita una buena referencia se partirá siempre de la misma para el resto de las operaciones. En general en la gran mayoría de las ocasiones la elección de la referencia vendrá impuesta por el tipo de estructura de la pieza.

2.1.1. Referencias Rígidas

- a) Tornillos de señalamiento de posición: Estos tornillos se usan para la referencia sobre paredes en bruto o trabajadas, es el sistema más sencillo (*Imagen 5*). Se puede regular girando el tornillo

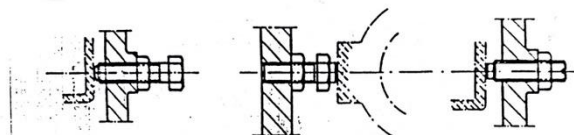


Imagen 5: Tornillos de Referencia en Posición

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- b) Pernos o clavijas fijas de referencia: Refieren las piezas por agujeros o cámaras (*Imagen 6*)

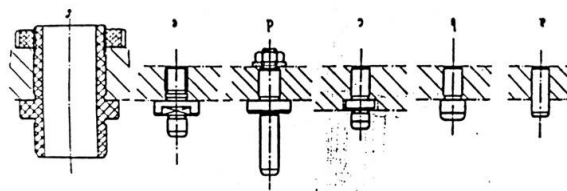


Imagen 6: Pernos o Clavijas Fijas de Referencia

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Tapones móviles: Se emplean para la situación en posición y se quitan una vez fijada la pieza (*Imagen 7*). El material empleado en estos tapones es el acero cementado⁷.

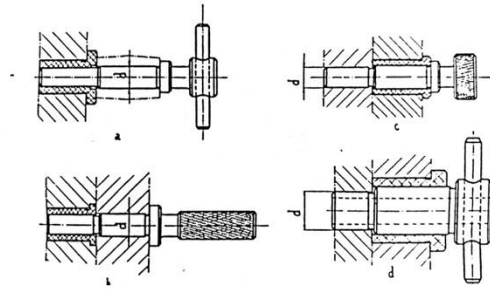


Imagen 7: Tapones Móviles de Referencia

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.1.2. Referencias Elásticas

- a) Casquillos de centrar con mando por muelle: Tienen la función de referir un elemento respecto a una parte cilíndrica. La operación de centrar se desarrolla antes de fijar la pieza, por lo que el órgano⁸ elástico solo tiene la función de centrar (*Imagen 8*)

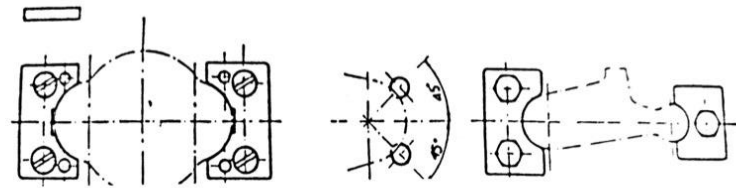


Imagen 8: Casquillos centradores

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

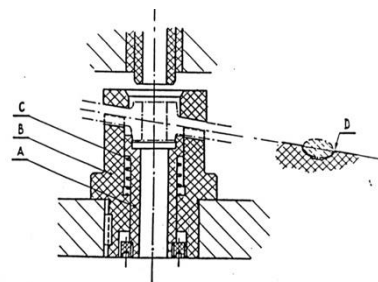


Imagen 9: Referencia mediante Casquillo con Muelle

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

⁶ Conjunto de coordenadas que se requieren para determinar la posición de un cuerpo en el espacio.

⁷ Tipo de acero que ha sufrido un proceso químico endureciendo su superficie. Es más duro que otros aceros.

⁸ Medio o conducto que pone en comunicación dos cosas.

2.1.3. Referencias Semiautocentrantes y Autocentrantes

- a) Dispositivos semiautocentrantes: Muchas piezas tienen un hueco central y algunos salientes exteriores. Suponer que se quiere taladrar concéntricamente cada saliente respetando la distancia requerida por el eje del hueco. Es conveniente hacer el centrado mediante un perno en el hueco cilíndrico y hacer referencia en un saliente por medio de un cursor en V (*Imagen 10*)

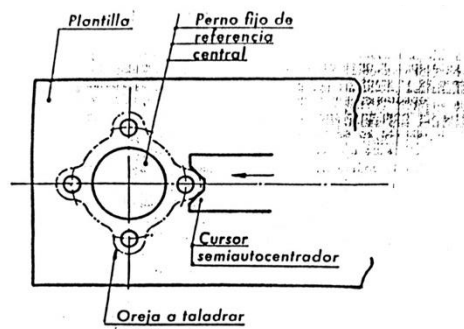


Imagen 10: Situación de un Elemento mediante Cursor Autocentrador

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

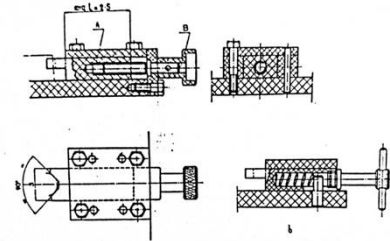


Imagen 11: Puesta en Posición mediante Cursor

- b) Dispositivos autocentrantes: Estos dispositivos para hacer frente a las exigencias de rapidez y precisión, necesitan de un mayor numero de órganos que aumentan su coste. La producción de grandes series absorbe dicho coste. El merito de estos útiles es el de realizar un centrado bilateral solucionando los errores e imperfecciones ocasionadas por la fundición o el estampado (*Imagen 12*)

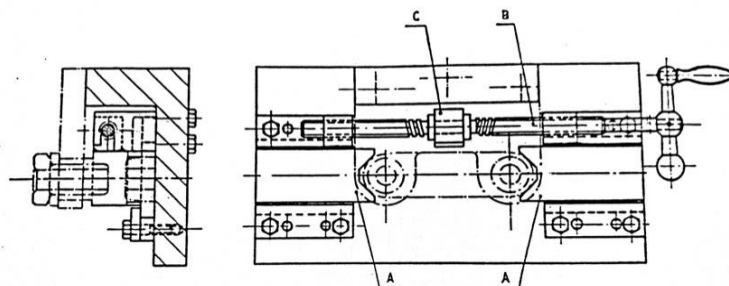


Imagen 12: Puesta en Posición mediante dispositivo Autocentrador

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.1.4. Referencias para Órganos Giratorios de Utillajes

- a) Obturadores⁹ de sección circular: Para el caso en que las referencias deban servir para colocar en posición partes móviles de un mismo utillaje o dispositivo, se recurre a los obturadores que pueden ser de asiento cilíndrico, cónico o trapezoidal. Los elementos más sencillos son los cilíndricos (*Imagen 13*)

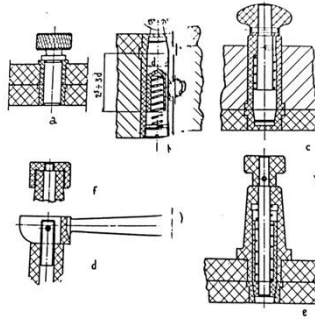


Imagen 13: Obturadores de Sección Circular

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje*

- b) Obturadores de sección rectangular: Usados para dispositivos de uso continuo como divisores para fresadoras, sobre las cuales se pueden aplicar otros utillajes (*Imagen 14*)

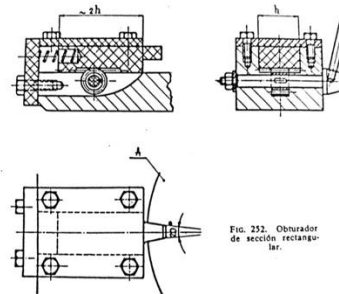


Imagen 14: Obturador de Sección Rectangular

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje*

⁹ Elemento utilizado para impedir la salida de gases o líquidos.

2.1.5. Referencias para Herramientas y Portaherramientas

- a) Casquillos guía-herramientas: Tienen la misión de guiar las brocas helicoidales, fresas y mandriles. Pueden ser fijos o móviles. Los fijos entran a presión, los móviles son deslizantes (*Imagen 15*).

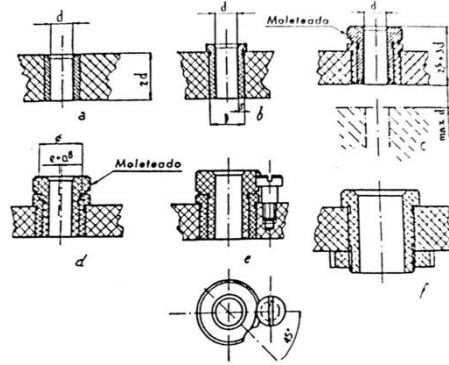


Imagen 15: Casquillos Guía-Herramientas

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utilaje de Fabricación Y Montaje

2.2. Apoyos y Reacciones

- a) Apoyos fijos y regulables: Se incluyen todos aquellos órganos los cuales tienen la función de hacer apoyar una pieza, referirla y ofrecer una reacción para la sujeción sin que se produzca ninguna deformación de la pieza. El sistema más habitual es el del pivote fijo (*Imagen 16*), el cual sirve también de referencia para aquellas piezas que deben apoyarse sobre puntos de altura variable.

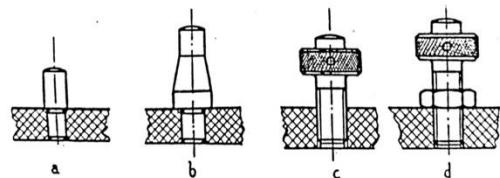


Imagen 16: Clavijas

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utilaje de Fabricación Y Montaje

- b) Apoyos variables sobre planos inclinados: Si las reacciones deben producirse sobre dos puntos distintos y de altura variable se usa este tipo de apoyo (*Imagen 17*)

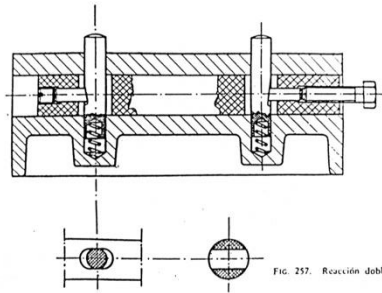


Imagen 17: Reacción Doble

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Apoyos equilibrados por un balancín: Se utilizan sobre todo para poder situar una pieza fundida sobre el utillaje, para ello se requiere de un apoyo por cuatro puntos, permitiendo obtener una adecuada superficie de trabajo.

2.3. Sistemas de Sujeción Mecánica

2.3.1. Realización de la Presión mediante Tornillos

Para establecer el paso adecuado de los tornillos que deben sujetar los elementos emplazados en los utillajes mecánicos, se emplean reglas generales ya conocidas en la construcción de máquinas, atendiendo también a las tablas de normalización. En cualquier caso, el ángulo de inclinación de la rosca debe ser inferior a $5^{\circ} 42'$ (*Imagen 18*)

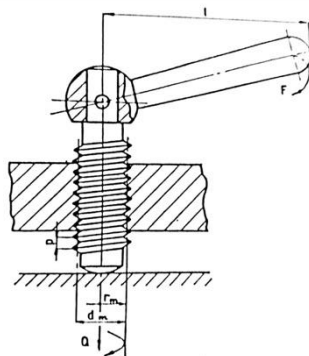


Imagen 18: Datos Necesarios para el Cálculo de la Presión Axial de un Tornillo

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- a) Bridas¹⁰ sencillas y articulas de sujeción por los extremos: Los órganos de sujeción tienen el objetivo de mantener a la pieza sujeta durante todo el proceso de fabricación. El sistema de sujeción más sencillo es el de prisionero con tuerca y arandela (*Imagen 19*)

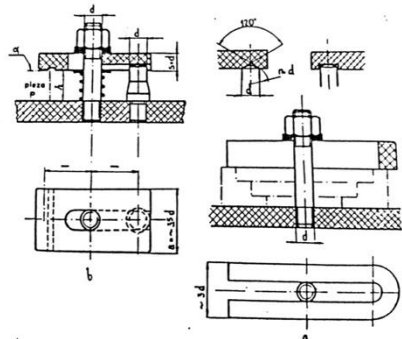


Imagen 19: Sujeción con Bridas Sencillas

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje

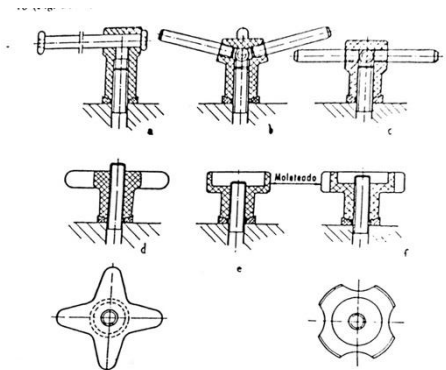


Imagen 20: Tuercas Especiales de Bloqueo

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje
de Fabricación Y Montaje

Un sistema distinto de sujeción puede ser el uso de bisagras, las cuales ofrecen la posibilidad de abrir completamente la brida dejando libre el paso de la pieza (*Imagen 21*)

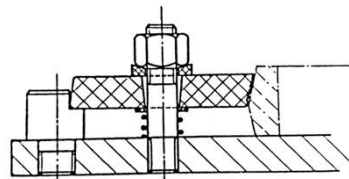


Imagen 21: Sistema de Bloqueo con Bisagra

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje
de Fabricación Y Montaje

Para bloquear en una sola maniobra cuatro piezas a la vez, esta indicado el sistema de unir dos mordazas mediante una brida; cada una de las dos mordazas sujeta dos piezas, y por tanto los esfuerzos vienen igualmente distribuidos (*Imagen 22*)

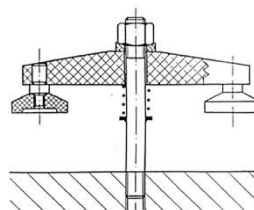


Imagen 22: Brida de Platillos para Bloqueo Doble

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje

- b) Bridas sencillas y articuladas de sujeción central: Para operaciones de agujereado y fresado (*Imagen 23*)

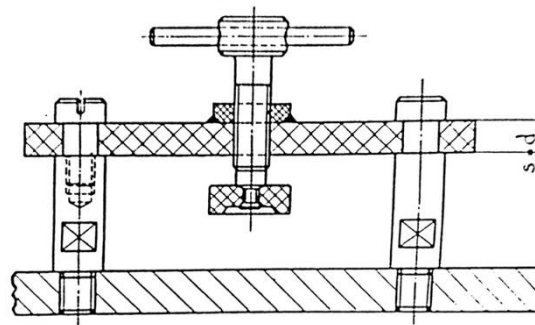


Imagen 23: Bloqueo Mediante Bridas Puente

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Bridas de gancho: Se utiliza para aquellas disposiciones en las que el empleo de una brida normal no es posible debido a la falta de espacio (*Imagen 24*)

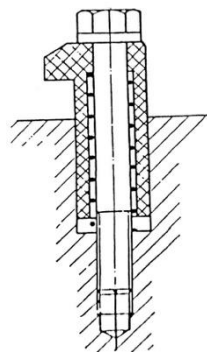


Imagen 24: Brida de Gancho para Sujeción poco Voluminosa

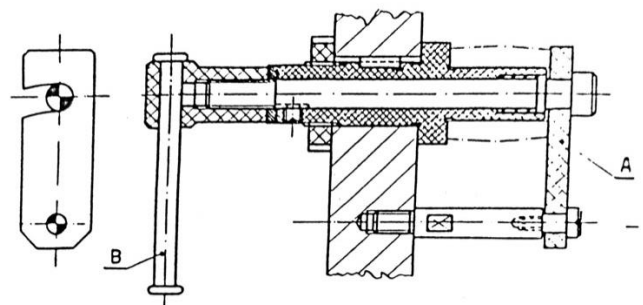


Imagen 25: Brida de Gancho

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

¹⁰Elemento mecánico que une dos componentes normalmente cilíndricos .

- d) Tirantes pernos y casquillos para fijación central: Se utilizan en el caso de que la pieza a tratar tenga un agujero mandrinado¹¹ pudiendo así efectuar la fijación de la pieza y el centrado (*Imagen 26*)

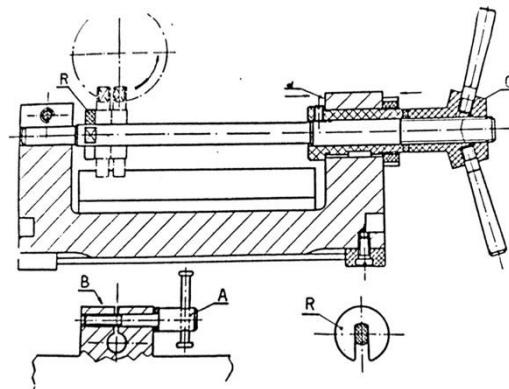


Imagen 26: Aparato para el Bloqueo Múltiple con Tirante

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- e) Pernos y casquillos para la sujeción tangencial: Los elementos de forma cilíndrica, que deben de ser fresados¹² por un extremo se pueden fijar, después de haberlos introducido en un hueco que también es cilíndrico, mediante presión tangencial (*Imagen 27*)

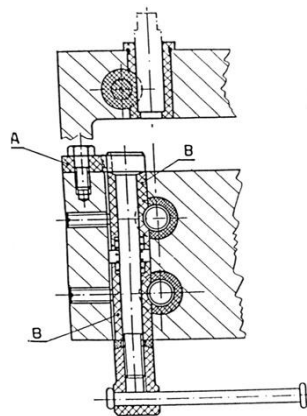


Imagen 27: Dispositivo para el Doble Bloqueo Tangencial

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

¹¹ Proceso de mecanizado empleado para ampliar o mejorar la calidad de un agujero existente.

¹² Proceso de mecanizado a partir del corte de una herramienta rotativa.

- f) Balancines y placas de tracción para la sujeción equilibrada: Una misma pieza puede ser fijada por diversos puntos; se puede actuar de forma independiente o simultanea. En el primer caso se utilizan utillajes especialmente determinados para producciones de poco volumen, para las grandes series sin embargo se utiliza el segundo tipo. La sujeción es equilibrada ya que las presiones se distribuyen de forma simultanea (*Imagen 28*)

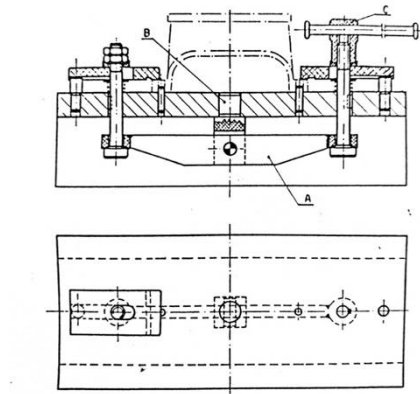


Imagen 28: Sistema de Bloqueo Doble y Equilibrado

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje*

- g) Balancines de ángulo y bridas para desviar la presión: El termino ‘presión desviada’ hace referencia al cambio de dirección de la presión en la pieza bloqueada, respecto a la línea de aplicación constituida por el eje tornillo (*Imagen 29*)

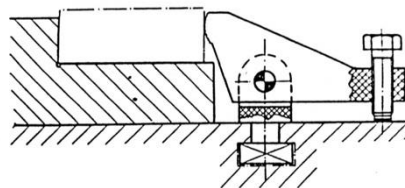


Imagen 29: Bloqueo Lateral con Brida de Balancín

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado:
Utillaje de Fabricación Y Montaje*

- h) Muelles de compresión para la sujeción tarada: Para la sujeción de determinadas piezas la presión esta limitada a las características de dichas piezas, generalmente en las operaciones de rectificado final para las paredes interiores delgadas las cuales se deformarían si se usases un útil de sujeción corriente. Es por ello que se usa este tipo de sujeción (Imagen 30)

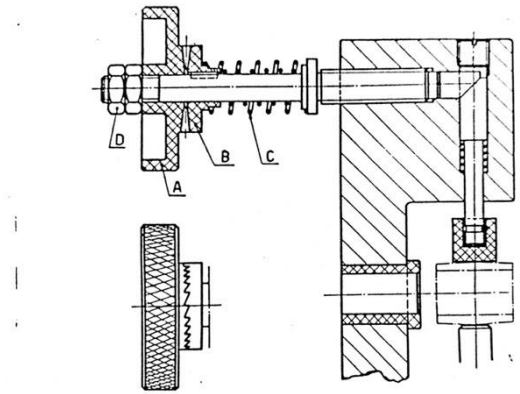


Imagen 31: Sistema de Sujeción Ligera a Presión Tarada

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.3.2. Realización de la Presión mediante Palancas

Para realizar este la presión con palancas se hace uso del llamado sistema de sujeción de 'rodillera'. Se compone de un soporte con palancas montadas sobre dos ejes. Accionando la palanca que también viene incorporada, se obliga a la palanca a descender sujetando la pieza (Imagen 32). Se utiliza para aquellas piezas que no pueden someterse a un arranque de viruta.

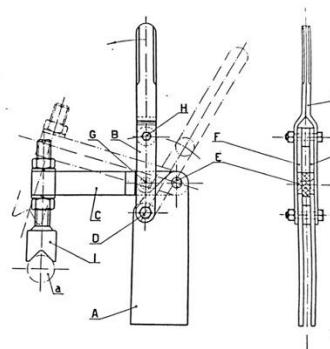


Imagen 32: Sistema de Bloqueo mediante Pinza

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.3.3. Realización de la Presión mediante Excéntricas¹³

Realizar la sujeción con este tipo de utillaje ofrece la ventaja de poder tener una maniobra rápida, obteniéndose también mayores recorridos, necesarios a veces para desmontar las piezas. No es aconsejable el uso de este tipo de utillaje en aquellas piezas que van a ser sometidas a fuertes vibraciones como es el caso del arranque de viruta, ya que estas vibraciones pueden provocar que las excéntricas giren en sentido contrario, aflojando el elemento de sujeción.

En la mayor parte de los casos las excéntricas se usan para el bloqueo de piezas en las plantillas de agujerear y escariar donde las herramientas durante el arranque de viruta ejercen una presión constante sin vibraciones.

- a) Bridas de sujeción por los extremos: Utilizadas especialmente en aquellas situaciones en las que no se generan grandes empujes, ya que tenderían a mover a la pieza de su posición de trabajo. Usadas ampliamente en las operaciones de taladrado y fresado. Excluidas de sistemas giratorios como tornos (*Imagen 33*)

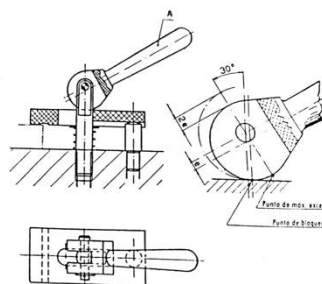


Imagen 33: Sistema de Sujeción mediante Palancas Excéntricas

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- b) Bridas de sujeción central: Mismo concepto que el usado en las sujeciones por tornillo aplicando la presión en el extremo de una brida, permitiendo bloquear una pieza situada en el centro (*Imagen 34*)

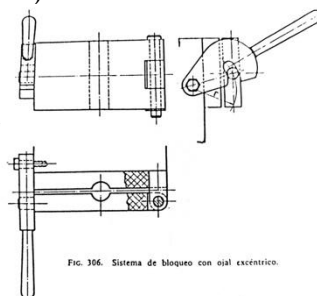


Imagen 35: Sistema de Bloqueo Central

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Tirantes y barras para la sujeción axial: Se utiliza para aquellos casos en los que la palanca de maniobra se coloca por debajo del plano de trabajo. Es un tipo de dispositivo muy rápido, aplicado para las plantillas de taladrado en producciones de grandes series (*Imagen 36*)

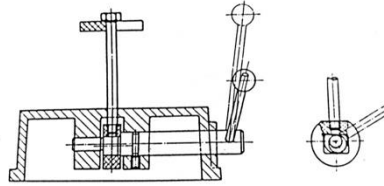


Imagen 36: Dispositivo para el Bloqueo Mediante Tirantes

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- d) Balancines para la sujeción equilibrada: El uso de excéntricas también es muy recomendable para ejercer una presión idéntica sobre dos bridas distintas (*Imagen 37*)

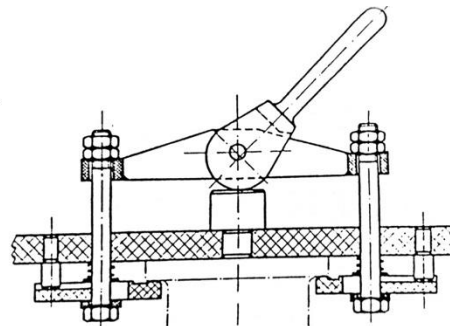


Imagen 37: Sistema de Bloqueo Equilibrado

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.4. Sistemas de Sujeción Neumática¹⁴

2.4.1. Generalidades

El uso de aire comprimido en los utillajes de sujeción es una técnica moderna, empleada en función de las características de la pieza. Es importantísimo considerar a la hora de diseñar este tipo de utillaje el requisito de irreversibilidad, es decir, que si por algún caso hay una falta de presión durante la sujeción de la pieza no se aflojen los distintos órganos que provocan la fijación de esta. Teniendo en cuenta esta consideración es necesario la incorporación de elementos rígidos como son tornillos o cuñas, a parte del sistema de aire comprimido.

2.4.2. Principio Fundamental

El funcionamiento de este tipo de sujeción se puede resumir en un solo principio: el aire comprimido debe empujar un émbolo deslizante en la cámara de un cilindro (*Imagen 38*)

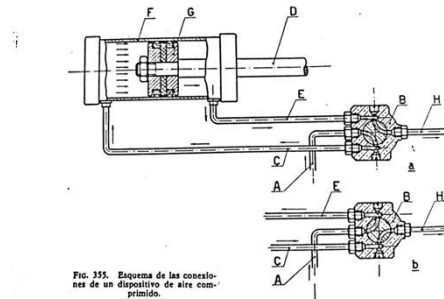


Imagen 38: Esquema de las Conexiones de un Dispositivo Neumatico

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.4.3. Elementos Constructivos

- a) Cilindros, émbolos y guarniciones: La presión del aire a través de los denominados órganos ‘receptores’ es transformada en energía mecánica. Dichos órganos son los émbolos, los cuales, al recibir el aire comprimido sobre una de las dos caras, se desplazan longitudinalmente deslizándose por la cámara del cilindro. Este deslizamiento provoca a su vez el desplazamiento de algunos órganos del útil efectuando la fijación de las piezas y poder así realizar las distintas operaciones mecánicas (*Imagen 39*)

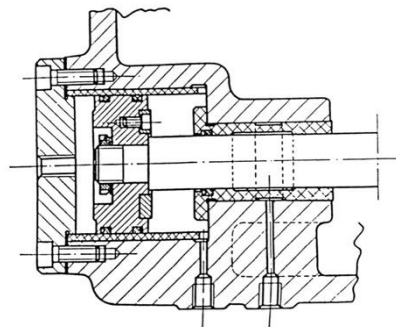


Imagen 39: Cilindro Neumático

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

¹³ Cuerpo cuyo eje de giro esta desplazado de su centro de gravedad.

¹⁴ Elemento que contiene aire .

- b) Las guarniciones y retenes: son de goma especial que permiten el deslizamiento del émbolo con un mínimo de rozamiento y sin pérdidas (Imagen 40)

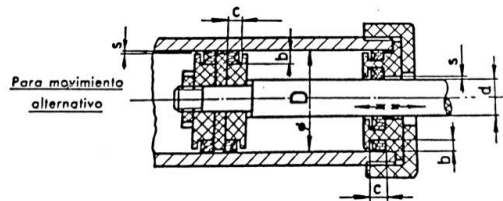


Imagen 40: Sistema de Retención con Guarniciones de Goma

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Distribuidores: Tienen la misión de enviar el aire a través de una de las ‘tuberías’ que están unidas con los cilindros motores destinados al bloqueo de los elementos (Imagen 41)

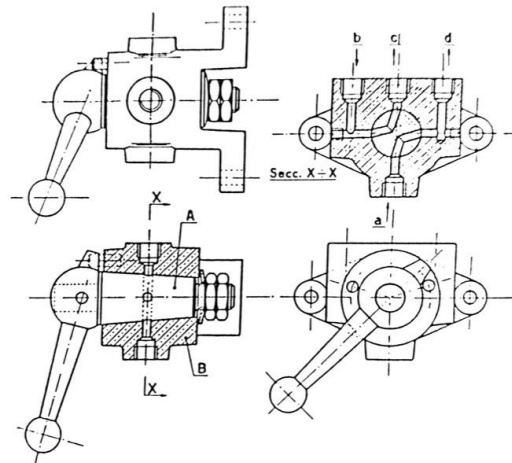


Imagen 41: Distribuidor del Aire Comprimido en Tres Vías

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- d) Bridas: Estas bridas también pueden ser maniobradas por cilindros neumáticos (Imagen 42)

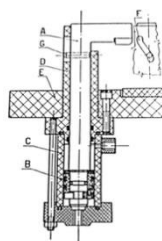


Imagen 42: Brida de Sujeción Accionada mediante Cilindro Neumático

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- e) Porta-piezas funcionando con aire comprimido: Como se ha expuesto con anterioridad es importante incorporar elementos mecánicos en este tipo de sujeción neumática (tornillos cuñas...) que garanticen la irreversibilidad del émbolo, ya que un desbloqueo súbito puede provocar grandes daños en la pieza. Esta cautela a parte de ser aplicada en los útiles también debe aplicarse para el caso de un porta-piezas (*Imagen 43*)

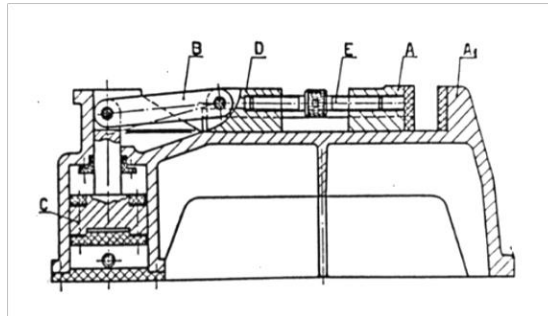


Imagen 43: Tornillo de un Porta-Piezas Funcionando con Aire Comprimido

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

2.5. Sistemas de Bloqueo Hidráulico¹⁵

El aceite está ampliamente usado para el bloqueo de elementos referidos en los utillajes mecánicos (*Imagen 44*). Las ventajas que presenta un sistema de bloqueo hidráulico frente a uno neumático son:

- Incompresibilidad¹⁶: al ser un fluido, la presión es transmitida de forma inmediata a todos los órganos mecánicos.
- Mayor presión: ya que se usan bombas independientes del útil que comprimen el fluido
- Menor volumen de los cilindros: ya que al tener una mayor presión por cm^3 es posible obtener cilindros de menor diámetro.

¹⁵ Que es movido o funciona por un líquido.

¹⁶ Característica de los fluidos los cuales no pueden cambiar de forma reduciendo su volumen.

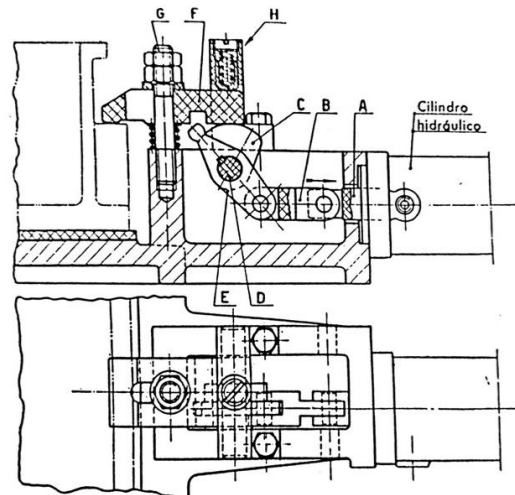


Imagen 44: Sistema de Bloqueo Hidráulico con Brida y Leva

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

El resto de los cálculos empleados para el dimensionamiento de los distintos órganos mecánicos es el mismo que el empleado en los sistemas neumáticos.

2.6. Órganos auxiliares para el arranque de viruta

2.6.1. Mandriles Porta-Herramientas

Se define el término *mandril* como: órgano mecánico que tiene la forma característica de un eje sobre el cual van acoplado otros órganos variados; en nuestro caso pueden llevar montadas cuchillas, fresas, escariadores, cojinetes de roscar, etc. Las herramientas se fijan mediante tornillos o cuñas. Los mandriles porta-herramientas tienen la función de realizar asientos cilíndricos o cónicos, mediante las herramientas que llevan montados. En general van guiados por la parte anterior, posterior o por ambas partes, según el tipo de mandrinado que deba ejecutarse: en un extremo llevan un mango para la fijación a otro mandril u otro órgano de la máquina-herramienta.

Un ejemplo de mandril puede ser el que se presenta a continuación (*Imagen 45*), el cual es un porta-brocas sencillo.

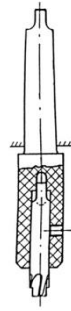


Imagen 45: Porta-Broca para Taladradora

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del
Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y
Montaje*

Los siguientes mandriles (*Imagen 46*), llevan la fresa acoplada sobre un vástago y fijada mediante un tornillo de frente o lateral. Muchas veces se hace el diámetro del mandril más grande que el de la fresa.

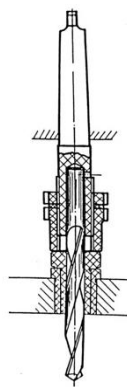


Imagen 46: Porta-Broca para Taladradora con Tuercas de Tope

*Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de
Fabricación Y Montaje*

En muchas ocasiones se debe de desmontar las partes del mandril cada vez que se quiera reiniciar una operación de trabajo. Este problema se soluciona con el uso del siguiente mandril (*Imagen 47*):

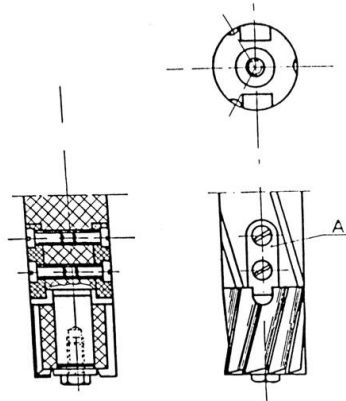


Imagen 47: Escariador con Acoplamiento por Lengüetas

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

Este mandril permite realizar un acoplamiento rápido y a su vez un fácil desacoplado sin tener que desmontar todas las partes que forman el mandril.

3. Utillajes, Dispositivos y Aparatos

A continuación, se expondrán algunos de los útiles más empleados en la industria, así como las distintas acciones que pueden realizar

3.1. Plantillas y Aparatos para el trabajo en la taladradora

- a) Plantilla para el agujereado radial de un casquillo (Imagen 48): Es un utillaje muy sencillo que se usa frecuentemente para el agujereado radial de casquillos.

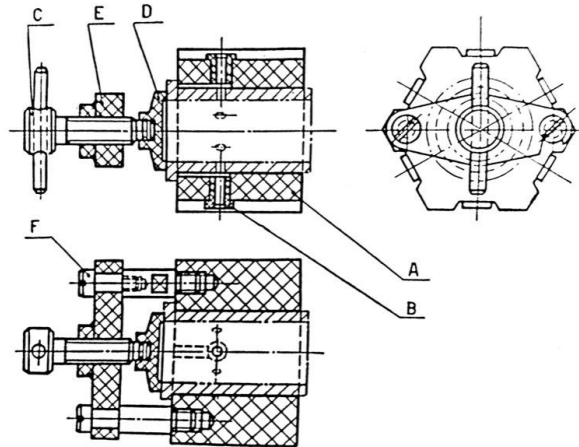


Imagen 48: Plantilla para Agujereado Radial de un Casquillo

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- b) Plantilla de mesa para el agujereado de una brida (Imagen 49): Se recurre a este tipo de utillaje en muchas ocasiones para conseguir buena precisión a la hora de taladrar una brida, formado por cuatro patas es por ello por lo que se denomina plantilla de ‘mesa’. Es un tipo de plantilla muy económica que se construye también para el agujereado de una cantidad limitada de piezas. Estas plantillas pueden ser de diversos tamaños y formas.

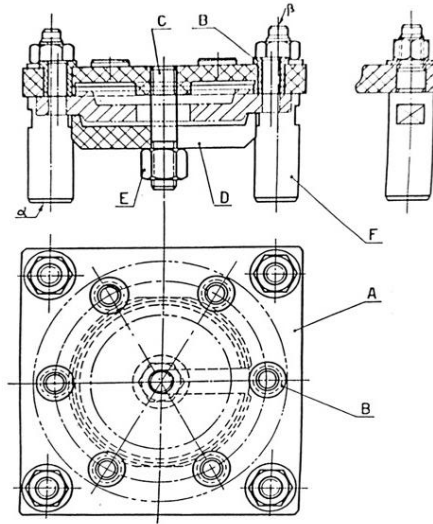


Imagen 49: Plantilla de Mesa para el Agujereado de una Brida

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

- c) Plantilla para el agujereado y escariado de los extremos del eje de un automóvil (Imagen 50):

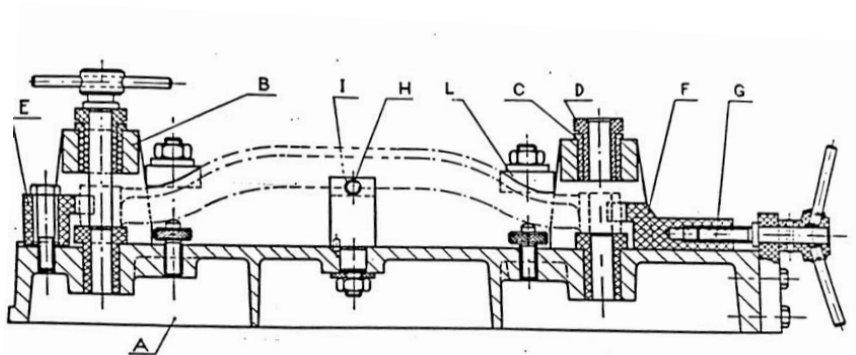


Imagen 50: Plantilla para el Agujereado y Escariado de los Extremos de un Eje de Automóvil

Fuente: Apuntes de Ingeniería del Mecanizado: Utillaje de Fabricación Y Montaje

3.2. Proyectos de Aparatos Completos para Trabajos en Taladradoras

En las producciones en serie es recomendable usar un cabezal múltiple en el husillo de la taladradora. Este cabezal puede llevar de dos a treinta mandriles movidos simultáneamente. Existen, para este objeto, maquinas apropiadas que llevan los mandriles, disponiéndolos a placer dentro de ciertos limites. El proyecto de los aparatos se desarrolla bajo las siguientes pautas:

1. Número de pasadas a realizar con las herramientas
2. Numero de agujeros a realizar
3. Carga y descarga de las piezas:

Parte II: Tecnología de Fabricación Aditiva o Impresión 3D

A lo largo de esta sección se hará un repaso de la tecnología de fabricación aditiva, la cual será abreviada desde este momento por sus siglas en inglés 3DP (*Three Dimensions Printing*). Este repaso incluirá el avance tecnológico que ha tenido desde sus orígenes hasta el momento actual. Se analizarán los distintos tipos de impresión que se pueden realizar, así como los distintos materiales empleados. Finalmente se expondrán las diferentes cualidades que hay que tener en cuenta a la hora de realizar una correcta impresión de la pieza.

1. Historia del 3DP

La historia de la impresión 3D comenzó en 1976 [IMPR18] cuando se inventó la impresora de tinta, la cual se usa actualmente en todo tipo de empresa o en el ámbito cotidiano, la cual se ha convertido en una herramienta indispensable para el día a día de una empresa. En 1984 se produjeron una serie de avances en la impresión de tinta, empezando a desarrollar la impresión de materiales. Es a partir de este momento en el que la impresión 3D tal como se la conoce actualmente nace.

- 1992 – Fabricación de Prototipos Capa por Capa [IMPR18]: Aparece en el mercado la primera impresora del tipo SLA (Esterolitográfico¹⁷). El principio básico de este tipo de tecnología se basa en el endurecimiento del material de aporte con un laser UV¹⁸. Se consiguen piezas imperfectas.
- 1999 – Se aplica la impresión 3D a la medicina [IMPR18]: Médicos del Instituto Wake Forest de Medicina, criaron el primer órgano en un laboratorio (aumento del tamaño de una vejiga), el cual se desarrolló usando un recubrimiento sintético con sus propias células.
- 2002 – Se desarrolla un riñón plenamente funcional [IMPR18]: Basándose en los avances anteriores los médicos del Instituto Wake Forest de Medicina desarrollaron un riñón capaz de filtrar sangre y producir orina
- 2005 – Iniciativa de Código Abierto¹⁹ [IMPR18]: El Dr. Adrian Bowyer funda RepRap, una iniciativa de código abierto, para desarrollar una impresora en 3D, que a su vez pudiese fabricar sus propios componentes. Se democratizó la fabricación de unidades de bajo coste.
- 2006 – Primera Impresora de SLS [IMPR18]: Este tipo de impresora se basa en la fusión del material de aporte mediante un laser, permitiendo la personalización masiva de piezas, así como la demanda de prótesis y piezas industriales.

¹⁷ Tecnología de 3DP considerada la precursora de la impresión 3D.

¹⁸ Radiación Ultra Violeta.

¹⁹ Modelo de desarrollo de software basado en la colaboración entre usuarios.

- 2008 – Gran avance en el desarrollo de prótesis [IMPR18]: Logra caminar la primera persona con una prótesis de pierna impresa en su totalidad con 3DP.
- 2009 – Empieza a desarrollarse la Bio-Impresión [IMPR18]: Se consiguen desarrollar los primeros vasos sanguíneos usando 3DP.
- 2009 – Caduca la patente de la tecnología FDM²⁰ [3DFI18]: Provocando que un gran número de empresas entraran en el mercado del 3DP, abaratando los costes y permitiendo así, el inicio de las denominadas impresoras de uso doméstico, para el público general.
- 2011 – Impresión a partir de Oro y Plata [IMPR18]: Se abre el mercado a los joyeros permitiéndoles desarrollar modelos más económicos.

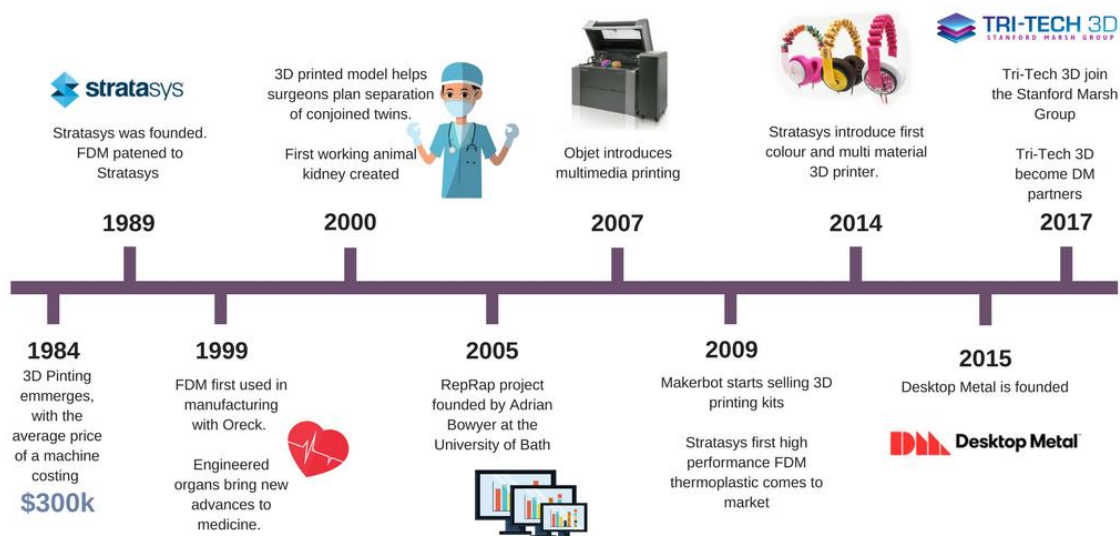


Imagen 51: Cronograma de los Hitos más Importantes del 3DP

Fuente: [TRIT18]

²⁰ Tecnología de 3DP basada en la deposición capa por capa del material de aporte fundido.

1.1. La Impresión 3D en la Actualidad

Es indudable considerar a la impresión 3D como uno de los motores de la industria actual, ha pasado de ser utilizada solo para la creación de prototipos en sectores muy especializados, como la medicina o la industria aeroespacial, a ser integrada como otro proceso de producción²¹ en la mayoría de las industrias. Esto se debe al gran avance conseguido en términos de precisión en la fabricación de las piezas, pero sobre todo al abaratamiento, tanto de los equipos necesarios para llevar a cabo la impresión, como de los materiales empleados. Este abaratamiento es incluso mayor a medida que va aumentando el conocimiento sobre esta tecnología, conocimiento que se ve incrementado con la entrada en el mercado del 3DP, de grandes multinacionales como HP (*Hewlett-Packard*), muy asentadas en el mercado tradicional de impresión, pero que se han visto atraídas por este nuevo tipo de tecnología, invirtiendo millones de dólares para su investigación y desarrollo [IMPR19]

Este abaratamiento ha permitido que cada vez más personas tengan una impresora 3D en sus casas, que en la mayoría de los casos las usaran para la creación de utensilios de cocina, herramientas básicas, elementos decorativos, juguetes, etc. Esta tendencia y evolución del mercado de la impresión 3D se puede ver en la siguiente imagen (*Imagen 52*):

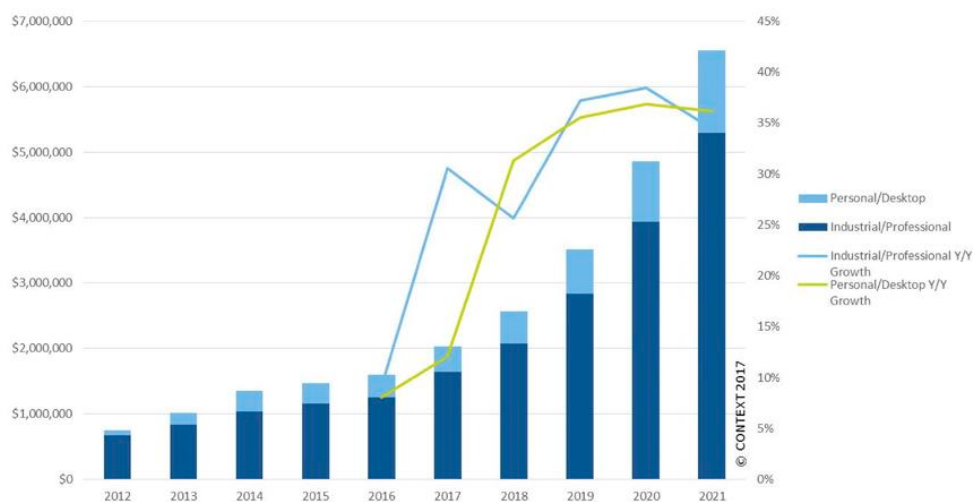


Imagen 52: Evolución de los Ingresos Generados por la venta de Impresoras 3D

Fuente: [FABR17]

Y es en esta característica la que más destaca y más llama la atención de la 3DP tanto a empresarios, como a usuarios: la versatilidad. No se necesita un tipo de maquinaria especializada para el desarrollo de una sola pieza, sino que con el uso de una sola impresora 3D se puede llevar a cabo la creación de distintas piezas [FUND19], permitiendo así un gran ahorro en los costes de producción.

2. Ventajas de la Impresión 3D

En el momento de decidir entre distintas tecnologías de fabricación, la pregunta que en algún momento todo ingeniero se hace es: ¿Cuáles son las ventajas de esta tecnología respecto a otras? Para resolver esta pregunta se exponen a continuación las siguientes ventajas del 3DP [3DNA18]:

- Coste reducido para series²² pequeñas: Esta reducción de costes se debe a que se eliminan elementos indispensables en las cadenas de producción tradicionales como es el ensamblaje, también se generan una menor cantidad de desperdicios. Además, una de las características del 3DP, es que mantiene un coste unitario²³ constante a lo largo de la producción (*Imagen 53*)

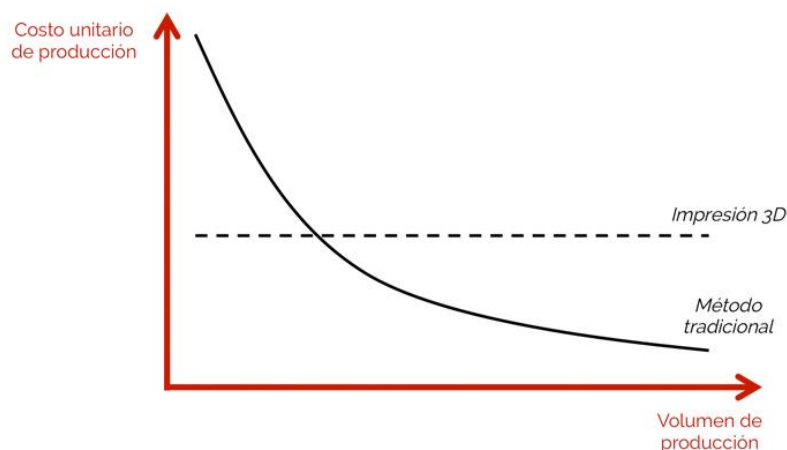


Imagen 53: Coste Unitario vs. Volumen de producción

Fuente: [3DNA18]

El gráfico anterior muestra el coste de producción de la impresión 3D en comparación con métodos de producción tradicionales, según el volumen de producción deseado. Se puede concluir que una empresa usando la tecnología 3DP como método de producción ya no está obligada a desarrollar grandes series de una pieza para obtener rentabilidad.

- Proceso de fabricación rápido: La impresión 3D de una pieza suele tardar varias horas, pero es un método de fabricación muy rápido si se consideran los beneficios al integrar esta tecnología en el proceso productivo, reduciendo en varios meses la salida al mercado de una pieza. Se eliminan los proveedores, la propia empresa puede crear sus prototipos. También se considera una tecnología rápida, ya que se pueden desarrollar varias piezas a la vez.

²¹ Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios.

²² Elaboración de un mismo producto.

²³ Coste en la producción de una sola unidad.

- Mayor libertad de diseño:** La impresión 3D también destaca por su capacidad para desarrollar piezas de una gran complejidad geométrica. Algunas de estas piezas son imposibles de poder obtenerse por medio de los sistemas tradicionales de fabricación (*Imagen 54*). Esto permite más libertad a la hora de diseñar piezas.

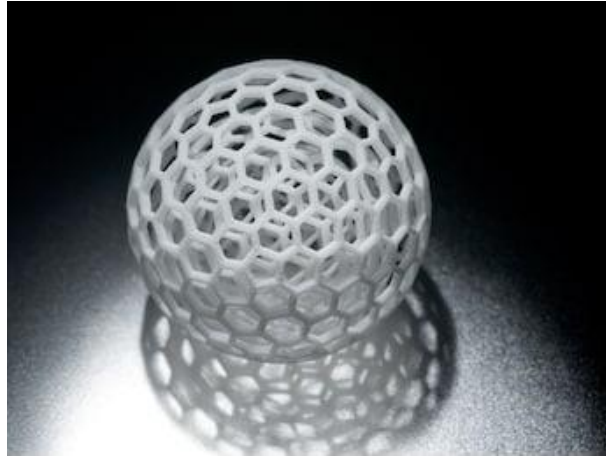


Imagen 54: Esfera Dentro de Otra Esfera

Fuente: [SHUT18]

- Uso de distintos materiales [IMPR17]:** La 3DP se la reconoce también por el uso de distintos materiales como material de aporte para la fabricación de piezas. En la mayoría de las situaciones se asocia estos materiales a una gran gama de plásticos (PLA, PET, ABS, FLEXI...), sin embargo, con el desarrollo de esta tecnología, cada vez más materiales están a disposición como es el caso de polímeros²⁴ de madera, el nylon, ciertos metales como el aluminio, aleaciones de cobalto, oro y plata, o aceros inoxidables.



Imagen 55: Muestra de Distintos Materiales Usados para la 3DP

Fuente: [COLI17]

²⁴ Sustancia química de elevada masa molecular, unión de monómeros.

3. Limitaciones de la Impresión 3D

Al tratarse de una tecnología relativamente nueva, es comprensible que aparezcan ciertas limitaciones que puede ser problemáticas si no se solucionan con el tiempo. Algunas de estas limitaciones son [INST18]:

- Uno de los principales problemas que presentan las impresoras 3D es la gran cantidad de softwares existentes. Cada impresora tiene su propio software que hay que comprender para poder lanzar la pieza y que salga con una calidad aceptable. No hay un software que integre a todas las impresoras 3D.
- Limitación en el tamaño de la pieza: Las dimensiones de la pieza se basan en las características de la impresora. Las impresoras de bajo coste están limitadas en su mayoría a una dimensión de 30x30x30 cm. Si se quieren impresoras que permitan unas mayores dimensiones el precio se dispara enormemente.

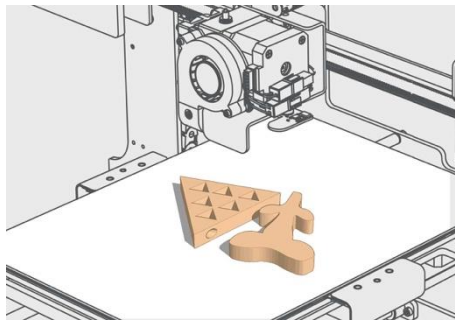


Imagen 56: Las Dimensiones de la Pieza Están Limitadas a las Dimensiones de la Base

Fuente: [GOBI15]

- Resolución máxima de impresión: Entendiendo como resolución a la capacidad que tiene la impresora de recrear pequeños detalles [FORM17], esta característica se está consiguiendo poco a poco obtener, pero sucede lo mismo que en el apartado anterior, si se quiere un alto nivel de resolución el precio se dispara. (Imagen 57).



Imagen 57: Grado de Detalle de una Pieza Influido por la Resolución de la Impresora

Fuente: [FORM 17]

4. Tecnologías para la Impresión 3D

Una vez conocidas las ventajas e inconvenientes del 3DP, es momento de profundizar en cada una de las tecnologías de fabricación presentes que permiten la creación de distintas piezas con unas características propias. En total se han identificado seis tipos de categorías diferentes de procesos de fabricación aditiva. Estos seis procesos han dado lugar a diez tipos de tecnologías [ALL30]

4.1. Extrusión de Material

También conocido como ‘Modelado por Deposición Fundida’ o por sus siglas en inglés FDM. Este proceso consiste en la deposición de material fundido sobre la base de la impresora. Este material, normalmente un termoplástico²⁵ como PLA o ABS, ha sido calentado por una boquilla y una vez depositado en la base, siguiendo unas coordenadas específicas que se han cargado en el software con anterioridad, se va enfriando y endureciendo (*Imagen 58*). Una vez se ha depositado una capa, la impresora pasa a colocar otra capa, repitiendo el mismo procedimiento hasta que se consigue la forma deseada de la pieza. Las impresoras que utilizan este tipo de proceso son las más comunes y baratas [ALL30]

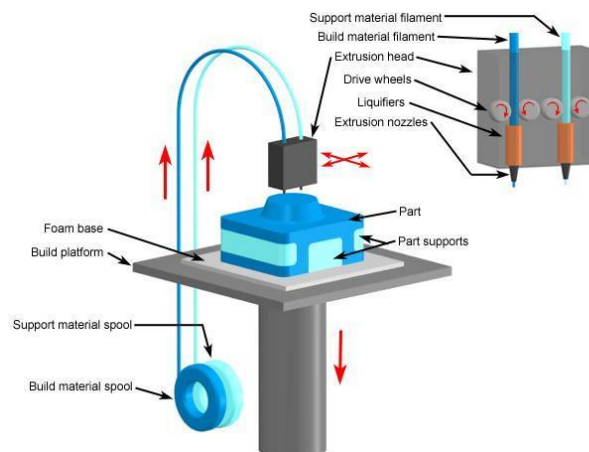


Imagen 58: Esquema del Proceso FDM

Fuente: [TODO17]

Las ventajas que ofrece el FDM son: Buen acabado superficial y múltiples materiales disponibles.

Los inconvenientes que presenta el FDM son: Materiales frágiles, no adecuado para piezas mecánicas, mayor coste que SLA.

Las aplicaciones más comunes son: Plantillas y fijaciones, patrones de fundición precisos. [ALL30]

Dependiendo de las características del objeto a imprimir, a veces es necesario incluir material de soporte, por ejemplo, para partes de una pieza que sobresalen mucho. Este material será eliminado en el postprocesado de la pieza y tiene un carácter simplemente estructural (Imagen 59)

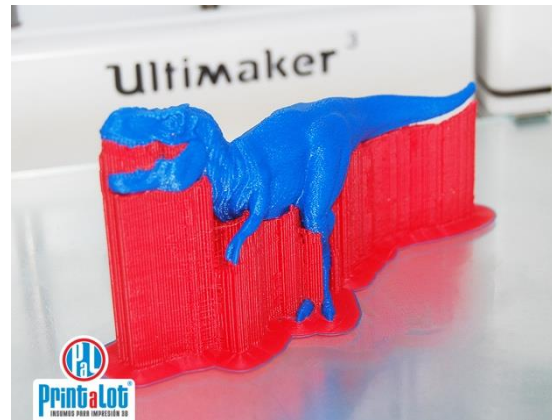


Imagen 59: Pieza Con material de Soporte (Rojo)

Fuente: [PRIN17]

4.2. Polimerización VAT:

La polimerización VAT es un proceso de impresión 3D en el que una resina²⁶ fotopolímera²⁷ en un tanque se cura²⁸ selectivamente mediante una fuente de luz [ALL30]. Las dos formas de llevar a cabo este proceso es mediante SLA (estereolitografía), y DLP (Procesamiento Digital de Luz). La diferencia entre estos dos procedimientos aparece en el uso de distintas fuentes de luz.

- a) SLA: Este procedimiento fue el primero en usarse para el desarrollo de la impresión 3D en 1986. Las impresoras SLA utilizan espejos, conocidos como galvanómetros o “galvos”, con uno posicionado en el eje X y otro en el eje Y. Estos galvos dirigen rápidamente un rayo láser sobre un tanque de resina, curando y solidificando selectivamente una sección transversal²⁹ del objeto dentro de esta área de construcción, construyéndolo capa por capa. [ALL30]

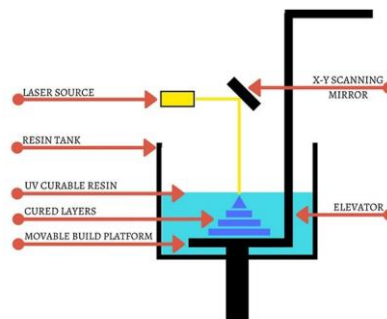


Imagen 60: Esquema del Proceso SLA

Fuente: [FORM17]

- b) DLP: Este tipo de impresora sigue el mismo esquema de funcionamiento que las impresoras SLA, sin embargo, el DLP utiliza un proyector de luz digital para proyectar una sola imagen sobre cada capa de una sola vez (o varias proyecciones en el caso de piezas más grandes). El DLP puede lograr tiempos de impresión más rápidos en comparación con la SLA, debido a que toda una capa se expone de una sola vez, en lugar de ir trazando el área de la sección transversal con un láser de punto. [ALL30].



Imagen 61: Esquema del Proceso DLP

Fuente: [FORM17]

Las ventajas que ofrecen estas dos tecnologías son: Acabado superficial de mejor calidad que el FDM, precisión en los detalles.

Los inconvenientes que presentan son: Estructuras frágiles, no adecuadas para piezas mecánicas.

Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son: Prototipos de polímeros, joyería, aplicaciones dentales o audífonos [ALL30].

4.3. Fusión en Lecho de Polvo

La fusión en polvo es un tipo de tecnología de impresión 3D en la que se produce la fusión selectiva entre las partículas del material de aporte, el cual es tan fino y pequeño que puede considerarse como polvo. El método más empleado para llevar a cabo este tipo de impresión se le conoce como SLS:

²⁵ Tipo de plástico que se endurece con el calor y se endurece con el frío.

²⁶ Sustancia pastosa y pegajosa, se endurece al contacto con el aire.

²⁷ Polímero sensible a la luz.

²⁸ Endurecimiento de la pieza.

²⁹ Plano perpendicular al cuerpo del sólido.

- a) SLS: tipo de procedimiento conocido por sus siglas en ingles como ‘*Selective Laser Sintering*’ consiste en el calentamiento de un polvo polimérico, como puede ser nylon, una vez calentado se deposita sobre la base de la impresora y un rayo laser de CO₂ comienza a escanear la superficie. El láser sinteriza³⁰ selectivamente el polvo y solidifica una sección transversal del objeto. Una vez se ha realizado este paso, la plataforma se mueve hacia abajo el ancho de una capa y se vuelve a iniciar el procedimiento hasta la obtención de la pieza final requerida. Una de las características de este tipo de tecnología de impresión es la eliminación del uso del material de soporte, ya que el polvo que no se usa para recrear la forma de la pieza, es usado con este fin [ALL30].

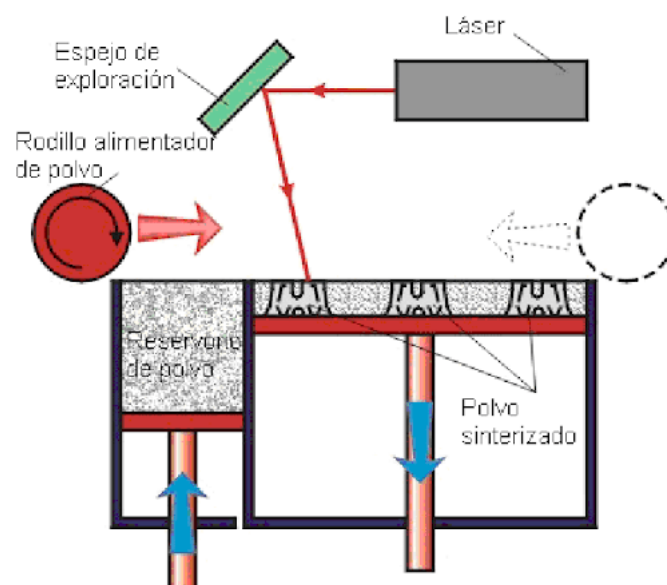


Imagen 62: Esquema del Proceso SLS

Fuente: [UNEX18]

Las ventajas que ofrecen estas impresoras son: Piezas funcionales con buenas propiedades mecánicas, geometrías complejas.

Los inconvenientes que presentan estas impresoras son: Tiempos de entrega muy largos, procedimiento costoso.

Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son: Piezas funcionales, piezas huecas, series de poco volumen

³⁰ Fabricar objetos mediante el prensado de polvo, previamente calentado.

4.4. Inyección de Material

La inyección de material es un tipo de tecnología 3D, la cual se basa en la deposición de gotas del material de aporte, las cuales se van curando de manera selectiva en una placa de construcción. El material de aporte suele ser resinas o polímeros que se curan cuando se exponen a la luz [ALL30]. Una de las características más reconocidas de este tipo de impresión, es que permite la impresión de una pieza utilizando distintos materiales de manera simultánea. El método más empleado para llevar a cabo esta forma de impresión se le conoce como MJ:

- a) MJ: Tipo de procedimiento de impresión 3D, conocido como ‘*Material Jetting*’, funciona de forma similar a como lo haría una impresora tradicional. Un cabezal va depositando gotitas del material de aporte que se van curando gracias al uso de una luz UV.

En lugar de utilizar un solo punto para seguir una trayectoria que define el área de la sección transversal de una capa, este tipo de impresora 3D depositan el material de construcción de una manera rápida y lineal [ALL30]. Esta característica propia de las impresoras MJ, las permite fabricar varios objetos en una sola línea sin que afecte a la velocidad de producción del conjunto. Al igual que tecnologías anteriores, las impresoras MJ requieren de material de soporte para realizar piezas de buena calidad.

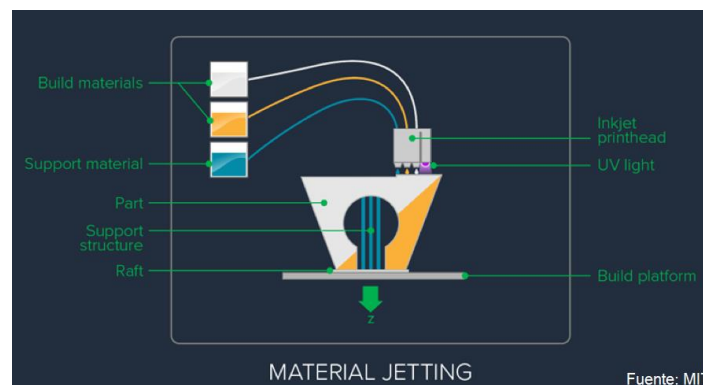


Imagen 63: Esquema Proceso MJ

Fuente [COMP16]

Las ventajas que ofrecen estas impresoras son: Buen Acabado superficial, gran variedad de materiales disponibles.

Los inconvenientes que presentan estas impresoras son: Frágil, no adecuada para piezas mecánicas, más costosa que SLA.

Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son: Prototipos a todo color, modelos médicos.

4.5. Inyección de Aglutinante

Proceso de impresión 3D en la que un aglutinante³¹ líquido une selectivamente regiones de un lecho de polvo [ALL30]. El tipo de procedimiento para llevar a cabo este tipo de impresión se le conoce como BJ.

- a) **BJ**: Se trata de una tecnología de impresión 3D similar al SLS, que requiere una capa inicial de polvo en la plataforma de construcción, pero, a diferencia del SLS, que utiliza un láser para sinterizar el polvo, la inyección de aglutinante mueve un cabezal de impresión sobre la superficie de polvo depositando pequeñas gotas de aglutinante, estas gotas unen las partículas de polvo para generar cada capa del objeto [ALL30].

Una vez se ha realizado este procedimiento el lecho de polvo se desplaza y se incorpora una nueva capa de polvo, reiniciando el procedimiento ya descrito, hasta la creación de la pieza. Cuando se consigue la pieza terminada, se la deja curar aumentando así su dureza y se eliminara con aire comprimido el polvo sobrante en el postprocesado.

Este tipo de procedimiento puede realizarse tanto con polvo metálico, como con arena.

Para mejorar las propiedades mecánicas de las piezas, suelen exponerse a un material infiltrante³². Esta técnica permite la creación de moldes para la fundición de arena, los cuales una vez impresos están listos para utilizarse. Este procedimiento permite un gran ahorro en los costes en aquellas industrias basadas en la fundición. [ALL30]

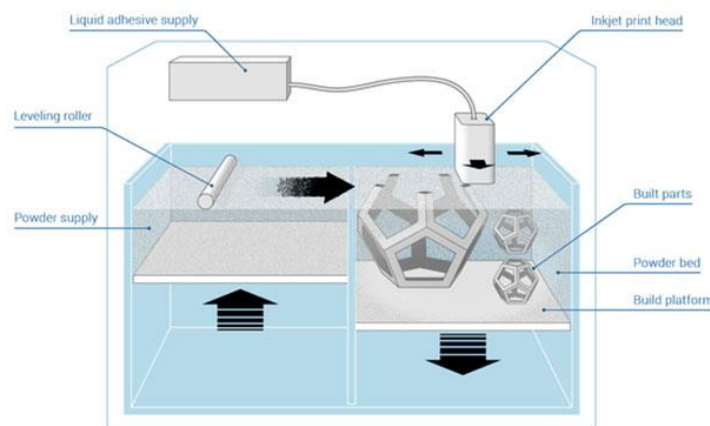


Imagen 64: Esquema Proceso BJ

Fuente: [3DNA19]

Las ventajas que ofrecen estas impresoras son: Bajo coste, grandes espacios de construcción, piezas metálicas funcionales.

Los inconvenientes que presentan estas impresoras son: Las propiedades mecánicas no son tan buenas como las de piezas generadas por fusión en lecho de polvo metálico.

Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son: Piezas metálicas funcionales, modelos a todo color, fundición en arena.

4.6. Fusión en Lecho de Polvo Metálico

Al igual que en otro tipo de tecnologías que utilizan como sistema de funcionamiento el material en polvo, esta tecnología se basa en el mismo principio de calentar el polvo induciendo la fusión entre sus partículas.

La mayoría de las tecnologías de fusión en lecho de polvo emplean mecanismos para añadir polvo a medida que se construye el objeto, lo que da como resultado que el componente final quede encapsulado en el polvo metálico [ALL30]. Los procedimientos más empleados para realizar este tipo de impresión son:

- a) DMLS: Tipo de tecnología reconocida como ‘*Direct Metal Laser Sintering*’ generan objetos de forma similar al sinterizado selectivo por láser (SLS). La principal diferencia es que estos tipos de impresoras 3D se utilizan para la producción de piezas metálicas.

El DMLS no funde el polvo, sino que lo calienta hasta un punto en el que puede fusionarse a nivel molecular. A diferencia del procedimiento de impresión por SLS, este tipo de desarrollo necesita material de soporte

Debido a las grandes temperaturas a las que trabaja este tipo de procedimiento, se generan tensiones residuales que pueden deformar la pieza una vez obtenida.

³¹ Agente químico usado para unir distintos elementos.

³² Tipo de material capaz de introducirse entre las oquedades de la pieza .

Para evitar que ocurra, se les aplica un tratamiento térmico aliviando así las tensiones que pudieran haberse generado [ALL30].

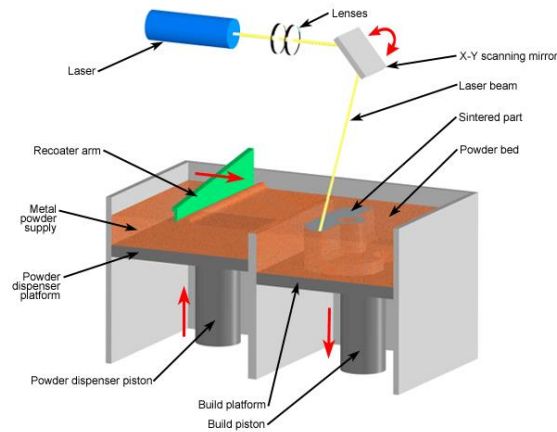


Imagen 65: Esquema Proceso DMLS

Fuente: [3DNA19]

- b) **EBM**: También llamada Fusión por Haz de Electrones (*‘Electron Beam Melting’*) utiliza como su propio nombre indica, un haz de electrones de alta energía para producir la fusión de las partículas del material de aporte. Este tipo de procedimiento se realiza en el vacío y solo para materiales conductores. La velocidad de construcción es mayor respecto de otros procedimientos.

El procedimiento consiste en, un haz de electrones focalizado escanea una fina capa de polvo, provocando la fusión y la solidificación localizadas de un área específica de la sección transversal. Estas áreas se construyen unas sobre otras hasta crear un objeto sólido [ALL30].

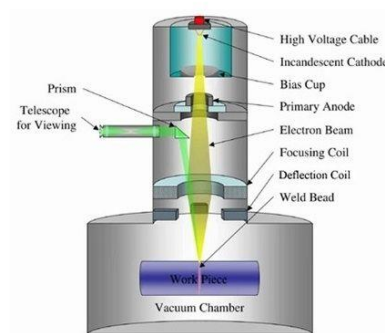


Imagen 66: Esquema Proceso EBM

Fuente: [PINT16]

Las ventajas que ofrecen estas impresoras son: Robustez, geometría compleja.

Los inconvenientes que presentan estas impresoras son: Piezas pequeñas, procedimiento muy caro.

Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son: Piezas metálicas funcionales (para el sector aeroespacial y automovilístico), piezas médicas y dentales.

5. Procedimiento Para La obtención de una Pieza con 3DP

Una vez vistos los distintos tipos de procedimientos que se pueden utilizar en la impresión 3D, es el momento de desarrollar cual es el procedimiento más adecuado para la obtención de la pieza final, identificando los problemas que puedan ir surgiendo a lo largo del proceso productivo.

Como todo proceso de fabricación, se debe de partir de una idea original, la cual surge a partir de la observación de las necesidades que pueda haber en la sociedad. Una vez identificada la necesidad se debe desarrollar un boceto de la pieza o el producto para satisfacer dicha necesidad. Este boceto puede ser original, o puede basarse en otros productos ya presentes.

Una vez realizado el diseño del producto, es el momento de realizar los distintos análisis, para determinar si dicho producto se ajusta a las necesidades y tiene las características técnicas requeridas. Este tipo de análisis suelen realizarse por medio de software informático, como son algunas herramientas de CAD como *SolidWorks*. Dichos resultados deberán de comprobarse realizando ensayos prácticos en los que se comprobaran que las características técnicas del producto se asemejan a los análisis obtenidos previamente.

Finalmente, cuando los resultados ensayados sean correctos, se realizará la fabricación del producto final ya sea por medio de técnicas de fabricación tradicionales (fundición, mecanizado...) o por 3DP. Esta pieza final deberá pasar distintos controles de calidad antes de entrar en el mercado.

Si en algún momento los resultados de los análisis o de los ensayos no se ajustan con lo requerido, se deberá modificar el diseño inicial hasta conseguir las características buscadas.

Este procedimiento de ‘prueba y error’ es el más común a la hora de diseñar un producto [COMI20] (Imagen 67)

PROCESO DE DISEÑO

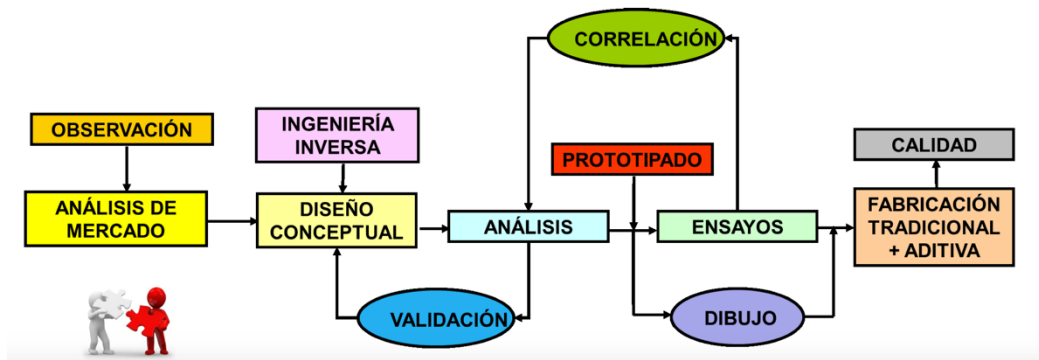


Imagen 67: Proceso de Diseño en Ingeniería

Fuente: [COMI20]

Para la creación de nuestra pieza por 3DP, ya sea para ser utilizada como prototipo³³ al cual se le realizarán los distintos ensayos y se irá refinando el diseño, como si se trata de la pieza final, se aplicará el siguiente procedimiento (Imagen 68):

Proceso de impresión 3D

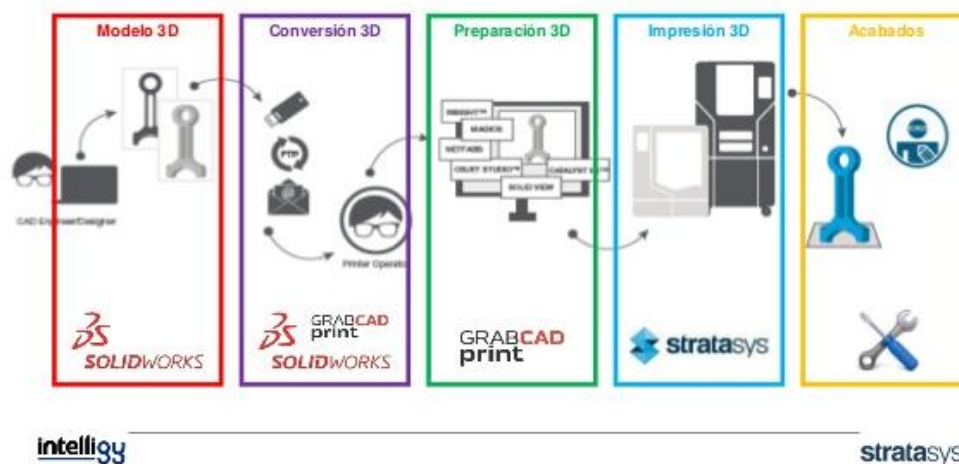


Imagen 68: Proceso de Impresión Seguido

Fuente: [STRA15]

³³ Primer ejemplar que se fabrica de una figura y que sirve de modelo para las siguientes.

Como se puede apreciar el proceso para el desarrollo de una pieza utilizando la tecnología 3DP consta de una serie de pasos que se explicaran a continuación:

5.1. Modelo 3D

Para el desarrollo de la pieza se debe de usar una herramienta de tipo CAD, como pueden ser *SolidEdge* o *Solidworks*. Este tipo de software permitirá al usuario realizar los análisis pertinentes para el diseño adecuado de la pieza, así como poder realizar los cambios necesarios en dicho diseño para conseguir las características finales buscadas. (Imagen 69)

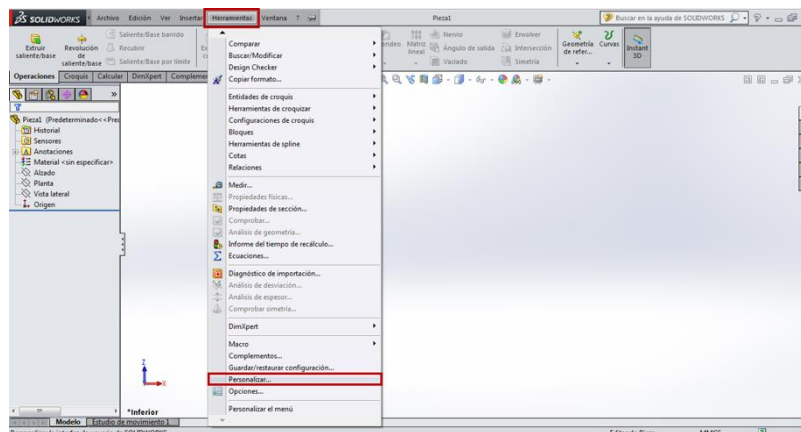


Imagen 69: Entorno de Trabajo Solidworks

Fuente: Propia

5.2. Conversión del Modelo 3D

El software *SolidWorks*, el cual va a ser usado para el desarrollo de la pieza propuesta, permite guardar los archivos en formato 'par', un tipo de formato usado por la mayoría de los softwares CAD.

Sin embargo, la mayoría de las impresoras 3D solo leen el tipo de formato 'stl'. Este tipo de formato se caracteriza por ser una versión simplificada del archivo 'par', con menos cantidad de información y con la geometría final resumida. El archivo 'stl' descompone toda la geometría de la pieza en una sucesión de triángulos de diferentes formas y tamaños, adaptándose a la geometría del objeto, manteniendo sus dimensiones iniciales. Es decir, nuestra pieza pasa a ser lo que se denomina, una malla. Cuantos más triángulos posea un archivo 'stl' más definida estará la pieza [IMPR16].

Los parámetros que rigen la calidad de la malla, y por tanto la calidad final de la pieza, es el ángulo entre superficies y la desviación superficial. (Imagen 70):



Imagen 70: Calidad de la Pieza según la Desviación Superficial elegida

Fuente: [3DCA07]

5.3. Preparación para la Impresión

Una vez se ha configurado el archivo 'stl' con la calidad de la pieza que se quiere lograr, es el momento de enviar dicho archivo a la propia impresora 3D.

Según el tipo de impresora, así como del software que se utilice, se tendrá un mayor o menor grado de libertad a la hora de configurar como se quiere desarrollar la impresión. A pesar las distintas diferencias entre los softwares de las impresoras 3D, la mayoría de ellos permiten configurar características básicas conocidos como Criterios de Diseño [COMI20]:

1. Espesor de la Pared: Característica que se refiere a la distancia entre una superficie y su opuesta. (Imagen x) Normalmente se configura para ser mayor de 1mm [COMI20].

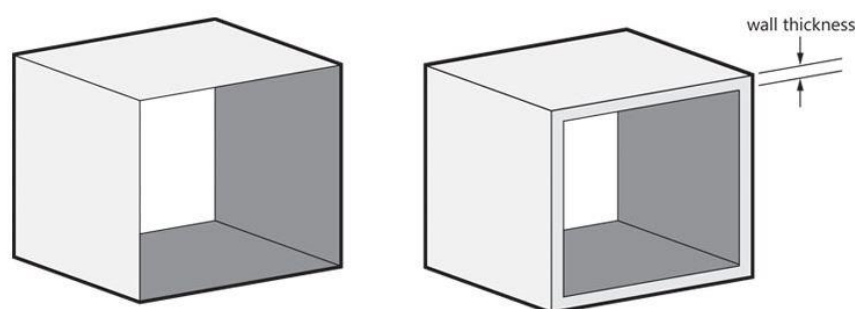


Imagen 71: Espesor de la Pared

Fuente: [FACT15]

2. Calidad y Orientación de la Superficie: Estas dos características influirán en la resistencia de la pieza y en su calidad de acabado (*Imagen 72*). [COMI20]

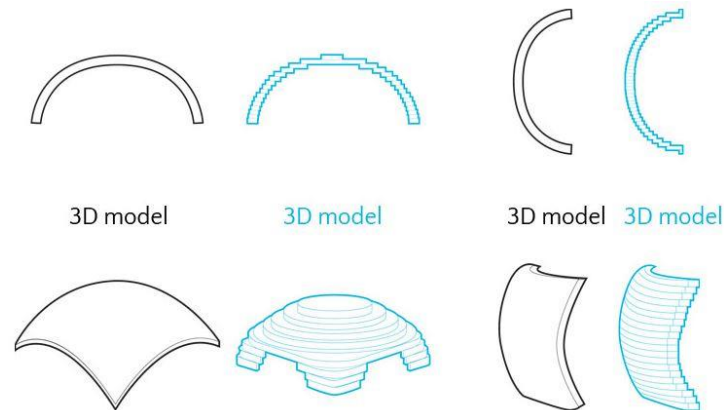


Imagen 72: Calidad de la Superficie según su Orientación

Fuente: [FACT15]

3. Anisotropía: Se entiende como anisotropía al “comportamiento donde las características o propiedades físicas son diferentes en función de la dirección en la que sean medidas” [EDDM19]. Este tipo de característica es muy importante a la hora de orientar a la pieza ya que se pueden generar puntos débiles ocasionando la rotura de la pieza (*Imagen 73*).

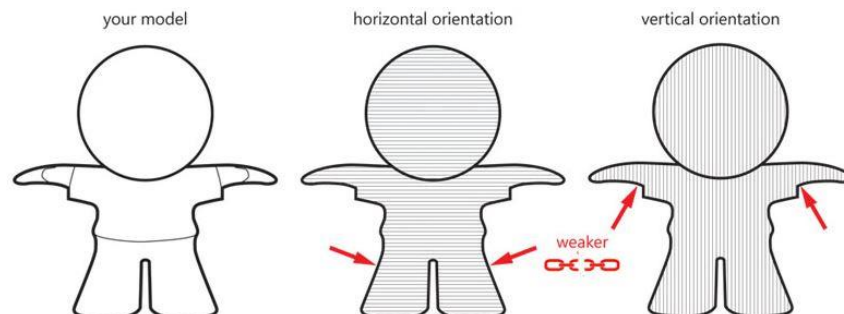


Imagen 73: Puntos Débiles Generados en Función de la Orientación de las Capas

Fuente: [NTH17]

La anisotropía adquiere mayor relevancia si la tecnología de impresión utilizada es FDM (Imagen 74).[EDDM19]

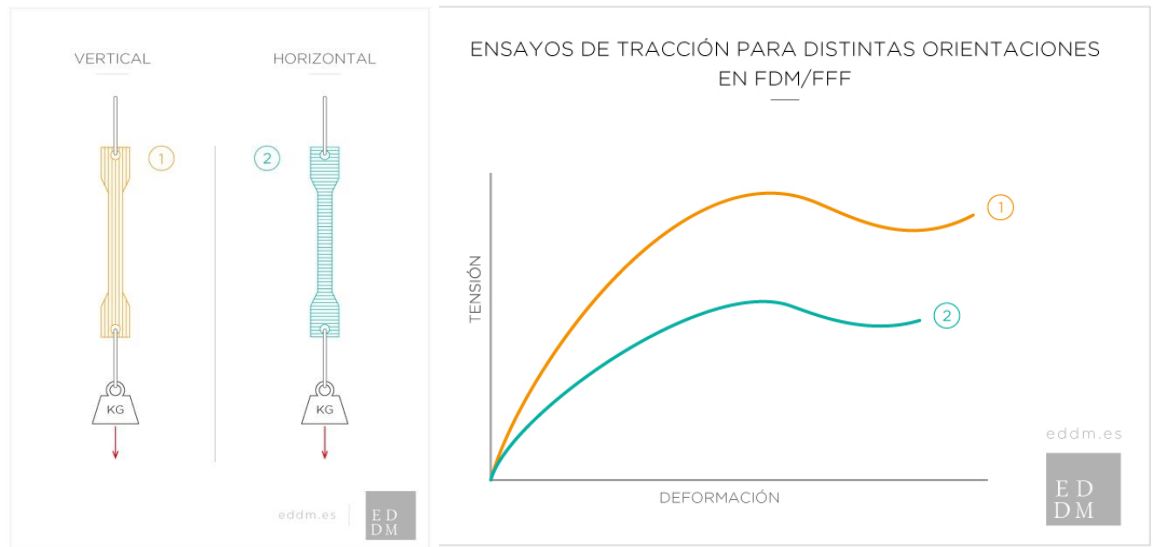


Imagen 74: Variación de la Resistencia del Material según la Orientación Elegida

Fuente: [EDDM19]

4. Soporte: Dado que el proceso impresión se lleva a cabo en una plataforma de construcción y se construirá en el aire, los modelos deben estar conectados a una plataforma de apoyo para evitar errores. (Imagen 75) [COMI20]

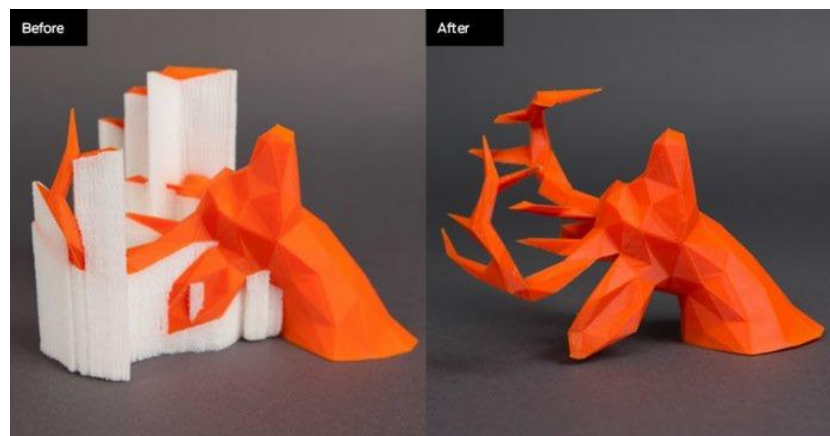


Imagen 75: Material de Soporte (blanco) Usado para la Impresión de la Pieza (naranja)

Fuente: [LAFA]

5. Regla de 45°: Indica el grado de inclinación de las paredes de la pieza a partir del cual se necesitará material de soporte (*Imagen 76*) [COMI20]



Imagen 76: Aplicación de la Regla de 45°

Fuente: [3DFI]

5.4. Impresión

Una vez se han tenido en cuenta las distintas características que se han expuesto con anterioridad, se puede llevar a cabo la impresión de la pieza.

Según el tipo de tecnología escogida, así como las dimensiones de la pieza, el procedimiento de impresión puede durar de horas a días, por lo que la paciencia es clave.

La impresión se puede llevar a cabo en la misma impresora, si se dispone de una, o el usuario a partir de servicios on-line puede encargar que un tercero realice la impresión por él. La pieza será enviada al usuario una vez esté acabada. Algunos de estos servicios on-line son: materialise, imprimakers...

¿Cómo funciona?



Imagen 77: Funcionamiento del Servicio On-Line de Impresión 3D

Fuente: [MATE]

5.5. PostProcesado

Este paso, a pesar de ser el último que se dará antes de la obtención de la pieza final es de los más importantes sino el que más, un buen postprocesado será el que determine en mayor medida, la calidad final de la pieza, el color y la forma.

Existen tantos Postprocesados como tecnologías de impresión hay, ya que no se puede tratar de la misma forma al aluminio que a un PLA.

Se han recopilado los más importantes según el tipo de material empleado en la pieza final. [3DNA19]

1. PostProcesado para Resinas

Por norma general el uso de resinas como material de aporte en la impresión 3D garantiza un buen acabado superficial. Para el tratamiento se debe limpiar la pieza inmediatamente después de fabricarla con un disolvente como puede ser el alcohol isopropílico. Después de esta limpieza la pieza puede ser tratada con rayos UV para garantizar la resistencia. [3DNA19]

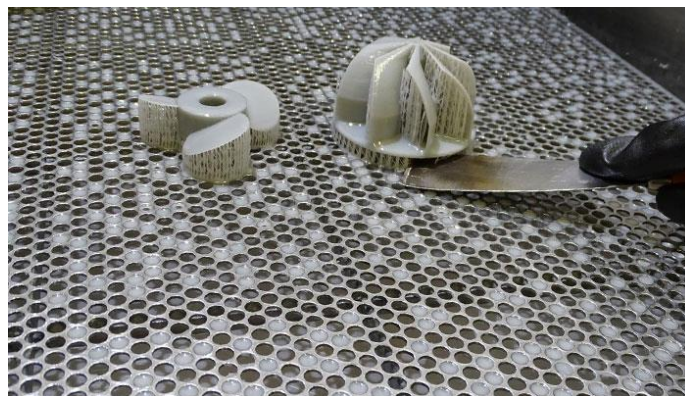


Imagen 78: PostProcesado de Resinas

Fuente: [3DNA19]

2. PostProcesado de Filamentos Plásticos

El postratamiento de piezas impresas en 3D con filamentos plásticos es el más sencillo que existe, ya que, si se realizan las piezas bien orientadas en la máquina, el soporte necesario será el mínimo y será fácil de retirar [3DNA19].

Para retirar estos soportes se pueden realizar, con cuidado, a mano con el uso de unos simples alicates, o bien mediante el uso de disolventes que eliminarán parte de estos soportes. Es necesario ligar y pulir la superficie de la pieza que ha estado en contacto con el material de soporte para conseguir así, un buen acabado superficial (*Imagen 79*)



Imagen 79: PostProcesado de Filamentos Plásticos

Fuente: [IMPR]

3. PostProcesado de Polvos Poliméricos

La ventaja que tienen las impresoras que utilizan este tipo de material de aporte (SLS), es que no necesitan soportes para la fabricación de la pieza, facilitando el tratamiento final. Para llevar a cabo este tratamiento hay que eliminar el polvo sobrante mediante succión, soplado, barrido...

Debido a que en la mayoría de los procedimientos el polvo es muy pequeño (del orden de micras), es necesario llevar equipos de protección individual (EPIs), evitando así inhalar el polvo o su entrada en los ojos (*Imagen 80*). [3DNA19]



Imagen 80: PostProcesado de Polvo Polimérico Usando un Aspirador

Fuente: [3DNA19]

4. PostProcesado de Metales

La característica principal del postprocesado en las tecnologías de impresión 3D, que hacen uso de algún tipo de metal como material de aporte (DMLS), es la necesidad de realizar un tratamiento térmico una vez se ha obtenido la pieza final, mejorando así las propiedades del metal utilizado. Después pueden realizarse otros acabados como puede ser un pulido de la superficie de la pieza. [3DNA19]



Imagen 81: Postprocesado de una Pieza Metálica

Fuente: [COMI20]

5. Otros PostProcesados

En las piezas de plástico se va a poder perforar sin ningún problema. Esto permite poder realizar operaciones de mecanizado mejorando las tolerancias de la pieza como puede ser un mandrinado (*Imagen 82*). [TONI17]



Imagen 82: Pieza Obtenida por 3DP y Agujerada con un Taladro

Fuente: [SCUL17]

También se pueden realizar soldaduras de tipo blando uniendo distintos componentes, o cerrando poros que puedan haber surgido durante el enfriamiento de la pieza (*Imagen 83*). [TONI17]

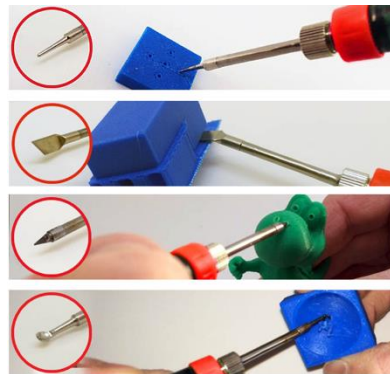


Imagen 83: PostProcesado Usando un Soldador de Estaño

Fuente: [TONI17]

Como conclusión, el tipo de tecnología usada para realizar 3DP, va a determinar la cantidad de tiempo que se va a emplear en el postprocesado de la pieza. Las operaciones de postprocesamiento son manuales. Se pueden optimizar adaptando el diseño a las características específicas de la tecnología elegida y definiendo la orientación de construcción más adecuada. [3DNA19].

6. Futuro de la Impresión 3D

El gran avance que se ha desarrollado en la tecnología 3DP hace que algunos expertos la consideren como la catalizadora de la próxima revolución industrial [OBSB], ya que esta cambiando la forma de trabajar en todo tipo de industrias, mejorando la producción y ahorrando una increíble cantidad de costes.

Según datos de la consultora *PWC* [STRA17], en 5 años la mayoría de los suministradores de piezas de repuesto habrán incorporado la fabricación aditiva como sistema complementario de fabricación a los sistemas tradicionales, permitiendo desechar piezas obsoletas que rara vez son reclamadas por los compradores, aumentando así el espacio disponible de almacenamiento. También se conseguirá dar una respuesta más rápida cuando un cliente reclama una pieza determinada. Todo ello supone un ahorro de costes muy alto, simplemente teniendo un archivo digital de la pieza requerida. [IMPR18]

Para el caso de piezas muy antiguas de las cuales no se dispone de archivos digitales, el avance en el escaneo 3D permitirá obtener de manera muy precisa y sencilla todas las dimensiones de la pieza escaneada (*Imagen 84*). [IMPR18]



Imagen 84: Operario Realizando un Escaneo 3D de una llanta de Neumático

Fuente: [IMPR18]

Otros de los avances que están motivando esta nueva revolución industrial es la incorporación de nuevos materiales de impresión mucho más baratos, resistentes, y versátiles, pudiendo usarse esta tecnología en sectores anteriormente inaccesibles como la joyería o la alimentación.

Uno de los sectores que más interés tiene en el desarrollo de la tecnología 3DP, es la medicina. En un futuro cercano, la bio-impresión, permitirá el desarrollo de órganos totalmente funcionales que no generen rechazo en el receptor de dicho órgano. Este gran avance permitirá salvar muchas vidas, aunque aun hay muchas incógnitas que deben de resolverse, para aplicar esta técnica de forma segura (*Imagen 85*)

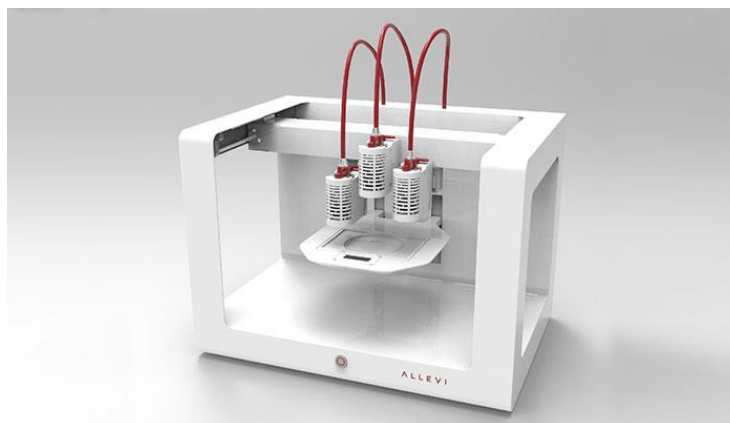


Imagen 85: Concepto de Bio-Impresora 3D

Fuente: [3DNA19]

7. Conclusiones de la Tecnología 3DP

Todo lo desarrollado en los apartados anteriores acerca de la tecnología 3DP arroja las siguientes conclusiones:

- La tecnología 3DP ha tenido un gran avance en los últimos años, aumentando su expansión gracias al aumento del interés del público general por este tipo de tecnología.
- La tecnología 3DP supone para la industria un gran ahorro en los costes de producción gracias a la eliminación de pasos en el sistema productivo como el ensamblaje. Este ahorro también se debe a una disminución de los desechos generados durante la producción.
- La tecnología 3DP engloba un gran número de técnicas, que a pesar de tener sus diferencias y no contar con un software único que permita controlar los distintos tipos de impresora, sí ofrece al usuario una gran versatilidad a la hora de escoger la técnica según las características de la pieza.
- El PostProcesado de la pieza es un paso igual de importante de lo que puede ser el diseño de esta.
- La tecnología 3DP va a seguir desarrollándose a lo largo de estos años, entrando y mejorando nuevos sectores como la alimentación o medicina.

Parte III: Tecnología de Fabricación por Soldadura

Esta última parte del Estado del Arte está dedicada a la tecnología de la soldadura, ya que la pieza diseñada que se presentará más adelante tiene el objetivo de trabajar con este tipo de tecnología y por tanto es de interés conocer cuales son las distintas técnicas presentes en la industria, así como destacar sus principales características, como pueden ser la temperatura de trabajo o los distintos componentes de cada tecnología.

1. Historia de la Soldadura

- 1801 – Sir. Humphry Davy descubre que es posible conducir la electricidad en el aire entre dos electrodos³⁴.
- 1885 – N. Bernardos señala la posibilidad de unir dos piezas distintas generando un arco eléctrico. Crea la primera patente de un equipo de soldadura.
- 1907 – El sueco Oscar Kjellberg patenta el primer electrodo revestido³⁵.
- 1935 – Se consolida la tecnología SMAW en la construcción de barcos y tuberías.
- 1948 – Aparece el proceso GMAW. [COMI20]



Imagen 86: Soldadora en los Años XX

Fuente: [FERR15]

³⁴ Extremo de un conductor en contacto con un medio que recibe una corriente eléctrica.

³⁵ Electrodo recubierto con material cerámico que protege al cordón de soldadura del ambiente .

2. Definición

Se entiende como soldadura, a la unión sólida entre dos piezas metálicas o dos partes de una misma pieza a partir del incremento de temperatura de las superficies a soldar. Puede haber o no material de aporte dependiendo del tipo de soldadura utilizada. [COMI20]

Como se puede ver en la siguiente imagen (*Imagen 87*), las tecnologías de soldadura pueden clasificarse en función de si solo funde el material base, el material de aporte³⁶ o no funde ninguno.

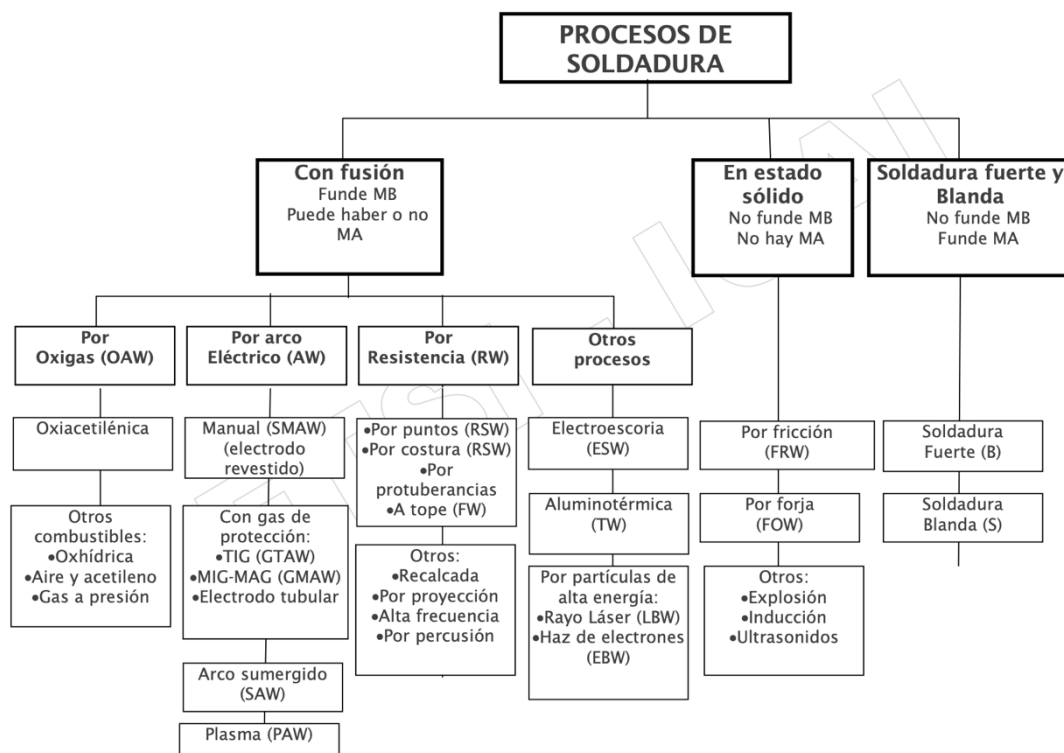


Imagen 87: Clasificación de los Distintos Procesos de Soldadura

Fuente: [COMI20]

³⁶ Todo aquel material incorporado durante una soldadura para producir el cordón de soldadura.

3. Tipos de Soldadura

3.1. Soldadura Blanda

La soldadura blanda, también conocida como soldadura por estaño, se caracteriza porque no se produce la fusión del material base, sino que se funde el material de aporte. El material de aporte se caracteriza por tener una baja temperatura de fusión ($<450^{\circ}\text{C}$), y depende de la acción capilar³⁷ para unir los metales de base. Este material de aporte suele ser una aleación de estaño y plomo, enrollado en una bobina. [COMI20]

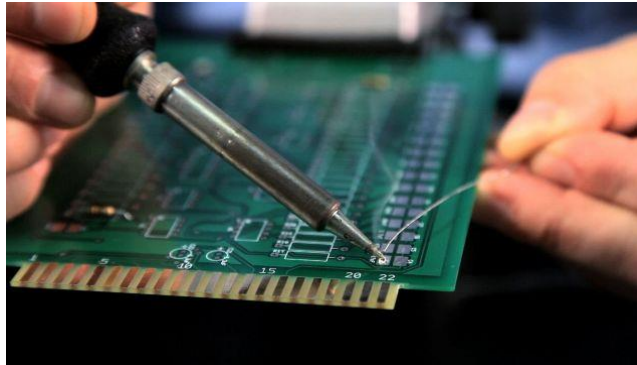


Imagen 88: Soldadura Blanda Empleada en un Circuito Electrónico

Fuente: [100C17]

El equipo necesario para llevar a cabo este tipo de soldadura es bastante básico en comparación con otros equipos de soldadura. Consiste en un soldador y el material de aporte. (Imagen 89)

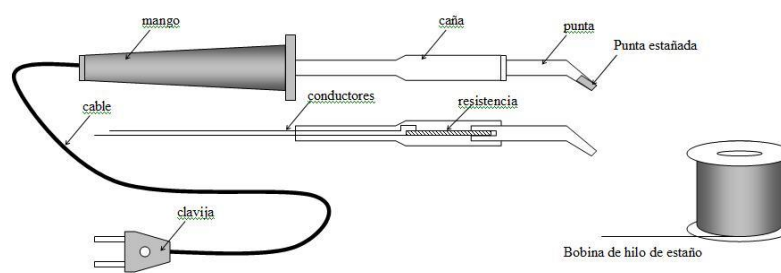


Imagen 89: Equipo Usado para Realizar Soldadura Blanda

Fuente: [EDUX13]

En cuanto a las aplicaciones de la soldadura blanda, se utiliza para realizar uniones que no requieran de una gran resistencia, unión de materiales distintos y deben de tener poca soldabilidad³⁸. Hay que tener especial cuidado en la corrosión que se pueda generar en las uniones, ya que este tipo de soldadura es más propensa a sufrir este tipo de problema.

3.2. Soldadura Fuerte

La soldadura fuerte se distingue de la soldadura blanda en que para llevar a cabo la soldadura se deben calentar ambos metales, pero sin llegar a la temperatura de fusión, y añadir a continuación, el material de aporte. El punto de fusión de este material de aporte debe de ser superior a 450°C.

Este tipo de soldadura permite la unión de la gran mayoría de metales conocidos. La única regla que se debe tener en cuenta es que el metal base debe ser parcialmente soluble en alguno de los metales que forman la aleación de aportación [COMI20]. Los materiales usados como metales de aportación suelen ser: plata, cobre, zinc, estaño, o plomo. (Imagen 90)



Imagen 90: Ejemplo de Soldadura Fuerte

Fuente: [WELD19]

El equipo necesario para llevar a cabo una soldadura fuerte consistirá en un soplete y un horno. El soplete consiste en una tubería unida a un depósito de gas (acetileno, hidrógeno...) con una gran capacidad calorífica³⁹ una vez se mezclen con el oxígeno del ambiente a la salida de la tubería. La aplicación de una fuente externa de calor, generada por el horno dará lugar a la característica llama, de este tipo de soldadura. (Imagen 91)

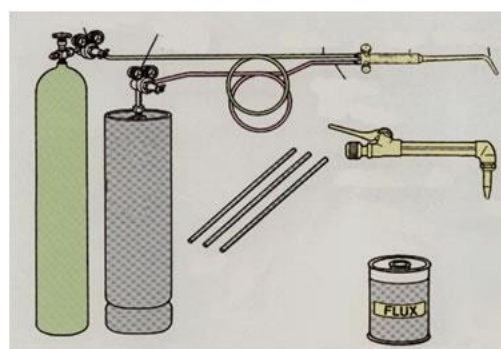


Imagen 91: Equipo Utilizado para la Soldadura Fuerte

Fuente: [WEBD17]

La soldadura fuerte puede aplicarse para la unión de distintos tipos de metales, realizar uniones que requieran de una mayor resistencia mecánica que la que puede generar una soldadura blanda y se puede aplicar en entornos que puedan automatizarse.

Un tipo muy típico de soldadura fuerte es la llamada soldadura amarilla. Este tipo de soldadura se basa en la utilización del cobre o latón. Estos materiales estarán recubiertos con un fundente para poder unirse con piezas de acero. Destaca que durante este proceso no se produce la fusión del bronce, eliminando las tensiones residuales que se puedan generar durante el proceso (*Imagen 92*).



Imagen 92: Ejemplo de Soldadura Amarilla

Fuente: [META20]

3.3. Soldadura por Electrodo Revestido - SMAW

Este tipo de técnica es la más utilizada y extendida, así como la más rápida y simple. Para llevar a cabo la unión de las piezas, se hace uso del calor generado al hacer saltar un arco eléctrico⁴⁰ entre dos conductores de distinta polaridad llamados electrodos [COMI20]. La temperatura que se puede llegar a alcanzar usando esta técnica puede ser superior a 3400°C, por lo que se puede considerar como una soldadura de fusión.



Imagen 93: Soldador Realizando una Soldadura SMAW

Fuente: [SOLD20]

Para llevar a cabo la soldadura es necesario generar un arco eléctrico entre la pieza que se va a soldar y el electrodo. En función del tipo de corriente utilizada para la generación de este arco eléctrico (CC o CA), así como la polaridad⁴¹ usada, las propiedades del cordón de soldadura generado en la pieza serán diferentes [COMI20]:

- El uso de CC y polaridad directa, generará un cordón de soldadura estrecho y de alta penetración.
- El uso de CC y polaridad inversa, generará un cordón de soldadura ancho y de baja penetración.
- El uso de CA y alta frecuencia generará un cordón ancho y de buena penetración.

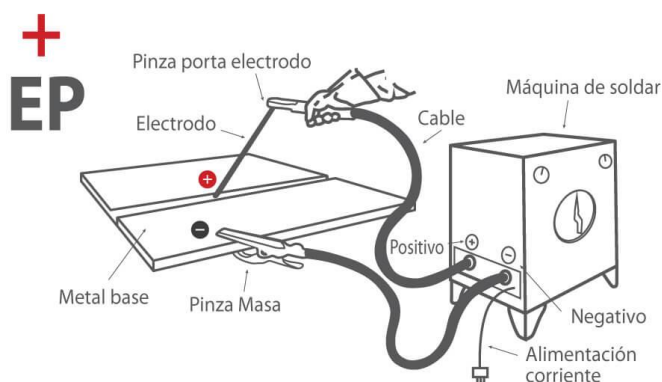


Imagen 94: Equipo Usado para Llevar a cabo una Soldadura SMAW Polaridad Directa

Fuente: [JETA20]

El componente más importante en este tipo de soldadura es el llamado electrodo revestido. Consiste en una varilla metálica recubierta por una mezcla de productos orgánicos y minerales cuyas funciones son [COMI20]:

- Creación de atmosfera protectora del cordón de soldadura
- Facilitar el encendido del arco
- Mejorar las propiedades mecánicas
- Permitir la soldadura vertical

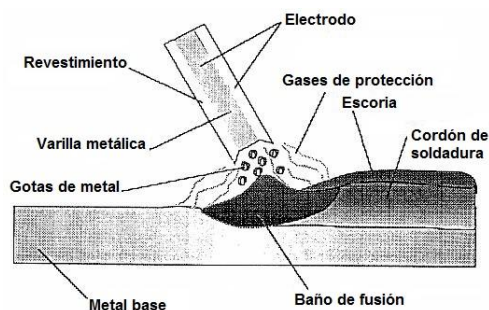


Imagen 95: Elementos Principales de la Soldadura SMAW

Fuente: [INGE20]

Algunos de estos electrodos revestidos son:

- Electrodos Ácidos: Funden con abundante escoria⁴² muy porosa.
- Electrodos Básicos: Escoria muy densa, para soldar grandes espesores. Absorben fácilmente la humedad del ambiente.
- Electrodos Celulósicos: Buena penetración y propiedades mecánicas.
- Electrodos de Rutilo: Soldaduras verticales.
- Electrodos de Acido de Rutilo: Escoria más densa que los anteriores.
- Electrodos Oxidantes: Soldaduras de poca responsabilidad.

La soldadura SMAW, puede aplicarse para una gran variedad de metales, además de ser económica y el equipo de trabajo es portátil, por lo que es idónea para cualquier tipo de proceso productivo. La parte negativa de este tipo de soldadura es que, para conseguir un cordón de soldadura con buenas propiedades mecánicas y aspecto se necesita una gran pericia por parte del soldador.

3.4. Soldadura TIG

Este tipo de soldadura se realiza con un electrodo infusible y la protección que en la soldadura SMAW aportaba el revestimiento del electrodo, es proporcionada por un gas inerte. El electrodo solo se usa como medio para generar el arco eléctrico, no sirve como material de aporte, por lo que en el caso de necesitar dicho material de aporte se recurrirá a una varilla metálica con las características requeridas. El gas utilizado protege al cordón de soldadura, especialmente de la corrosión. [COMI20]



Imagen 96: Soldador Realizando una Soldadura TIG

Fuente: [FORM20]

Al igual que en la soldadura por electrodo revestido, es necesario generar un arco eléctrico que provoque el aumento de temperatura de las partes a soldar permitiendo su unión. Para la creación de este arco eléctrico se usan el mismo tipo de corrientes y polaridades que en el caso anterior:

- El uso de CC y polaridad directa, generará un cordón de soldadura estrecho y de alta penetración.
- El uso de CC y polaridad inversa, generará un cordón de soldadura ancho y de baja penetración.
- El uso de CA y alta frecuencia generará un cordón ancho y de buena penetración.

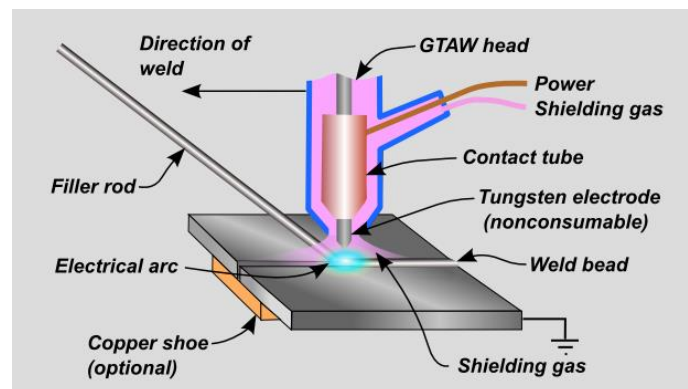


Imagen 97: Elementos Principales de la Soldadura TIG

Fuente: [WIKI20]

Este tipo de soldadura puede aplicarse para la unión de una gran variedad de metales, pero es especialmente recomendable para piezas con espesores pequeños, debido al buen control de la temperatura y de la creación del cordón de soldadura. Es por ello por lo que una de las aplicaciones principales de la soldadura TIG es la realización de cordones en cañerías y tuberías [COMI20].

Para este tipo de soldadura el elemento principal es el gas inerte⁴³ que generara la atmosfera protectora. Este gas es proporcionado a partir de bombonas que pueden ser de distintos gases. Los gases más usados suelen ser el helio, argón o una mezcla de ambos. Se usa principalmente el gas argón por ser más barato y la atmosfera protectora es más clara, permitiendo al soldador ver en todo momento el cordón. [COMI20]

Los cordones de soldadura son más resistentes a la corrosión y con mejores propiedades mecánicas que en el caso de la soldadura por electrodo revestido, el uso de un gas inerte permite la obtención de cordones de soldadura más limpios, no se generan chispas. Sin embargo, al igual que sucedía con la soldadura SMAW, el inconveniente principal es la pericia del soldador para poder conseguir un buen acabado en el cordón de soldadura. [COMI20]

3.5. Soldadura MIG-MAG

Este tipo de soldadura hace uso de un electrodo fusible y un gas inerte como generador de la atmósfera protectora del cordón de soldadura. Este tipo de electrodo es distinto a los ya vistos en tecnologías de soldadura anteriores, ya que el electrodo es un hilo continuo que se alimenta automáticamente por medio de una pistola de soldadura. [COMI20]



Imagen 99: Robot Industrial Llevando a cabo una Soldadura MIG-MAG

Fuente: [WEST20]

La corriente utilizada para generar el arco eléctrico es la corriente continua con polaridad directa ya que es la única que garantiza para este tipo de soldadura un cordón con buena penetración, propiedades mecánicas y aspecto. Al igual que sucedía para la soldadura TIG, se pueden soldar un gran número de metales, aumentando la eficiencia respecto a la soldadura TIG ya que es un electrodo continuo que no necesita ser cambiado pudiendo realizar cordones de soldadura largos y continuos. [COMI20]

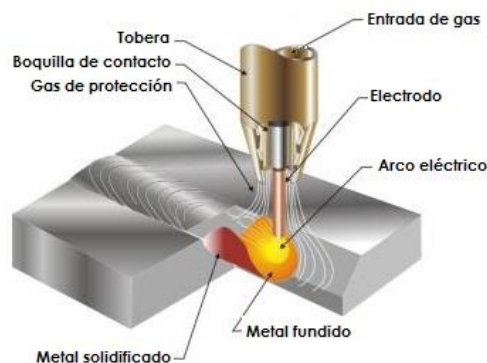


Imagen 100: Elementos Principales Soldadura MIG-MAG

Fuente: [CADR20]

³⁷ Movimiento de un líquido en un material poroso debido a las fuerzas de adhesión y tensión superficial.

³⁸ Dificultad que tiene un metal a ser soldado.

³⁹ Cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura en una unidad.

⁴⁰ Descarga eléctrica producida entre dos electrodos en un medio gaseoso.

Como sucedía en la soldadura TIG, el elemento principal va a ser el tipo de gas inerte utilizado para crear la atmosfera protectora del cordón de soldadura, según el tipo de gas utilizado se conseguirán distintas propiedades en el cordón [COMI20]:

- Argón con CO₂: Para soldaduras con un buen aspecto superficial.
- Argón con O₂: Para mejorar el contorno del cordón y la forma de penetración.
- Argón con Helio y CO₂: Soldadura de buen aspecto y pequeño sobreespesor.

Este tipo de soldadura consigue los cordones con mejor aspecto y propiedades mecánicas, con una mejor eficiencia y un proceso continuo. Sin embargo, el coste es el mayor de todas las tecnologías de soldadura. También se exige un elevado grado de cualificación al operario que vaya a llevar a cabo la soldadura. [COMI20]

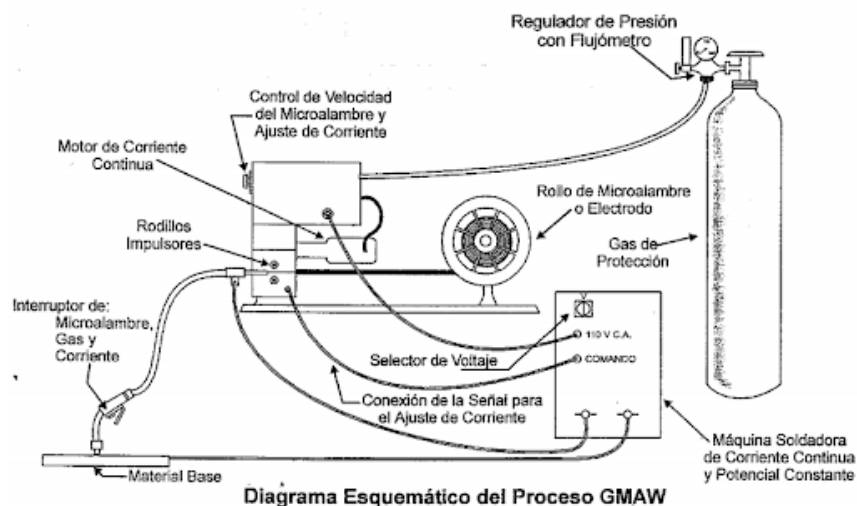


Imagen 101: Esquema del Proceso GMAW

Fuente: [CIEN20]

⁴¹ Propiedad que tienen algunos agentes físicos de acumular sus efectos en puntos opuestos.

⁴² Impurezas generadas durante la fusión del electrodo.

⁴³ Gas no reactivo en ciertas condiciones de presión y temperatura.

3.6. Soldadura por Resistencia – RW

El principio por el que se rige este tipo de soldadura es el calentamiento de las partes a soldar por el efecto Joule⁴⁴ ($Q = I^2 \cdot R \cdot t$). Para que se de este efecto, las piezas deben de estar en contacto, por lo que se hará uso de mordazas para mantener unidas las piezas en todo momento y evitar errores en el cordón de soldadura. La temperatura alcanzada provoca que el material esté en estado plástico⁴⁵ permitiendo la unión entre dos piezas aplicando cierta presión. Estas temperaturas se alcanzan con intensidades de entre 1000 a 200000 Amperios.

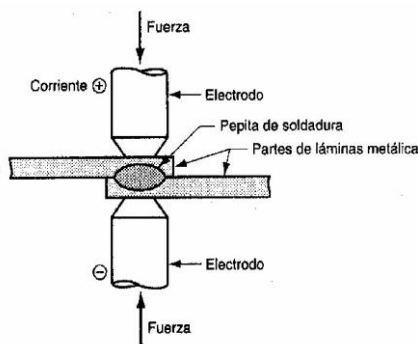


Imagen 102: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura RW

Fuente: [VIVE10]

Tipos más comunes de soldadura por resistencia eléctrica [COMI20]:

- Soldadura por Puntos: Las piezas a soldar, generalmente chapas de pequeño espesor quedan unidas por secciones circulares aisladas llamadas puntos. Gran aplicación en el sector del automóvil.
- Soldadura por Costura: Mismo principio que la soldadura anterior, sustituyendo los electrodos de puntos, por electrodos de disco, entre los cuales pasa la pieza a soldar. Usada principalmente para la unión de chapas y ciertas aleaciones.
- Soldadura por Proyección: Se produce la coalescencia⁴⁶ en uno o más puntos pequeños de las partes. Estos puntos se determinan a partir del diseño de las partes que van a unirse.

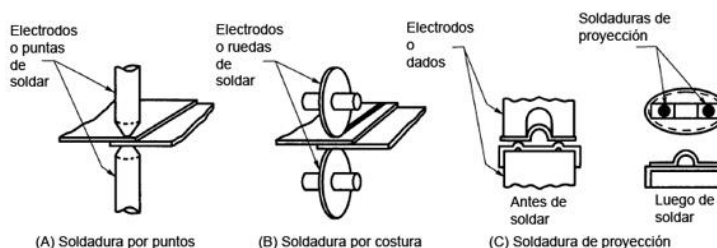


Imagen 103: Bocetos de distintos tipos de Soldadura RW

- Soldadura por Percusión: Soldadura cuyo procedimiento es muy rápido entre 1 y 10 milésimas de segundo. Calentamiento muy focalizado, ideal para procedimientos electrónicos.
- Soldadura por Alta Frecuencia (HRFW): Se consigue el calentamiento de la pieza mediante la aplicación de una corriente alterna a una frecuencia muy elevada, seguido de la aplicación rápida de una fuerza de recalcado para producir la coalescencia.

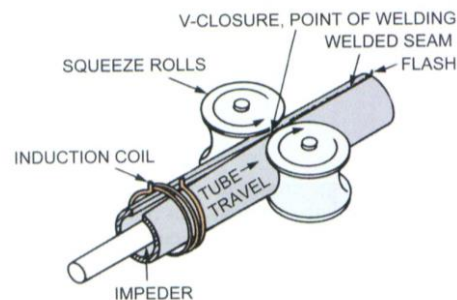


Imagen 104: Ejemplo de Soldadura HRFW

Fuente: [SLID20]

Las soldaduras por resistencia eléctrica destacan por la obtención de cordones de soldadura con buenas propiedades mecánicas y aspecto, sencillez de aplicación, la calidad del cordón de soldadura realizado no dependerá tanto del operario. [COMI20]

3.7. Soldadura por Fricción

Este tipo de soldadura se caracteriza porque no requiere de la fusión para producir la unión entre las piezas a soldar. Esta soldadura se desarrolla mediante la aplicación de la rotación en una de las piezas y la aplicación conjunta de una fuerza axial provocando el aumento de temperatura que producirá el estado plástico de las piezas, permitiendo así su unión. [COMI20]

Las velocidades de giro más comunes son de entre 1000 a 3000 rpm.

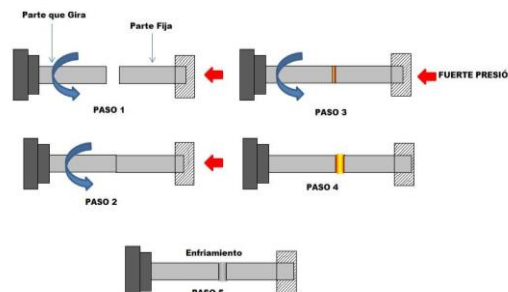


Imagen 105: Esquema de Funcionamiento de Soldadura por Fricción

Los tipos más comunes de Soldadura Rotativa son [COMI20]:

- Fricción Rotativa (FRW)
- Fricción Lineal (LFW): Mismo procedimiento que en la fricción rotativa, pero con un movimiento lineal en vez de rotativa.

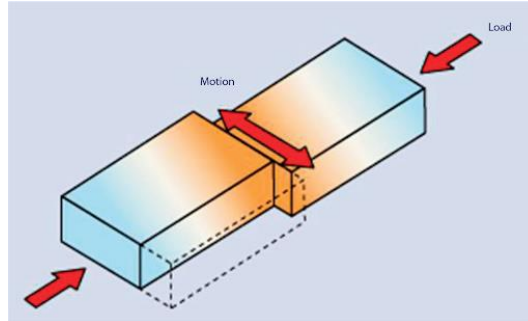


Imagen 106: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura LFW

- Friction Stir Welding (FSW): Este procedimiento se caracteriza porque el único movimiento que se produce es el de la herramienta, la pieza se mantiene quieta, sujeta con los debidos sistemas de sujeción, evitando así problemas durante la aplicación del cordón de soldadura.

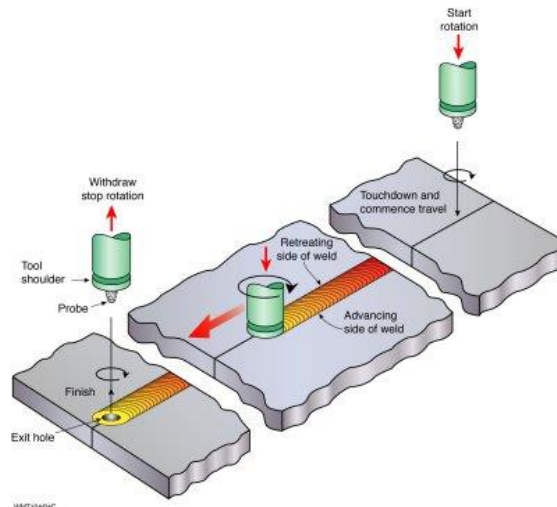


Imagen 107: Esquema de Funcionamiento de una Soldadura FSW

Fuente: [ESAB20]

⁴⁴ Si por un conductor circula corriente eléctrica parte de la energía cinética de los electrones se transformara en calor.

⁴⁵ Estado alcanzado en ciertos elementos cuando están viscosos o fluidos y no tienen propiedades de resistencia esfuerzos mecánicos.

⁴⁶ Propiedad de un material a fundirse o unirse.

Diseño y Análisis

En esta parte del TFG se presentará la pieza de sujeción mecánica diseñada con el Software de CAD *SolidWorks* y de elaboración propia.

Se explicarán los criterios de diseño utilizados, como la selección del método de impresión y la selección del material utilizado.

Finalmente se hablará del carácter económico; coste de producción y comparativa con otras herramientas similares a la diseñada presentes en el mercado actual.

La pieza

La pieza propuesta es una mordaza para la soldadura en ángulo recto tanto de barras con perfil cuadrado o rectangular, como para tubos de sección circular. Se entiende como mordaza a un útil de sujeción que mediante un mecanismo permite sujetar por fricción una pieza presionándola de forma continua, utilizándose principalmente para actividades de sujeción y montaje (*Imagen 108*). [WIKI20]

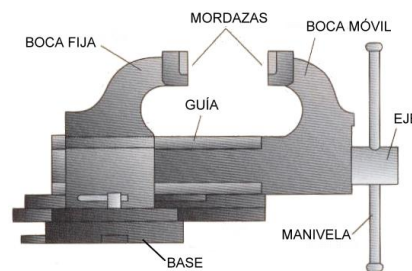


Imagen 108: Esquema de las Partes Principales de una Mordaza Básica

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com>

A demás de servir como útil de sujeción durante el proceso de soldadura entre las distintas piezas, también puede servir como herramienta de sujeción de una sola pieza aprovechando uno de los dos brazos de los que consta la mordaza. (*Imagen 109*)

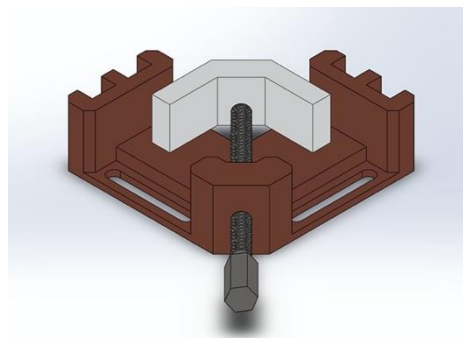


Imagen 109: Diseño de la Mordaza Planteada

Fuente: *Elaboración Propia*

La pieza esta formada por tres partes (*Imagen 110*): la base o cuerpo de la mordaza, las mordazas propiamente dichas, las cuales se llamarán brazos de la mordaza para evitar confusiones y el tornillo guía, el cual permitirá el desarrollo del recorrido de los brazos de la mordaza consiguiendo realizar la presión necesaria sobre la pieza que se quiere trabajar.

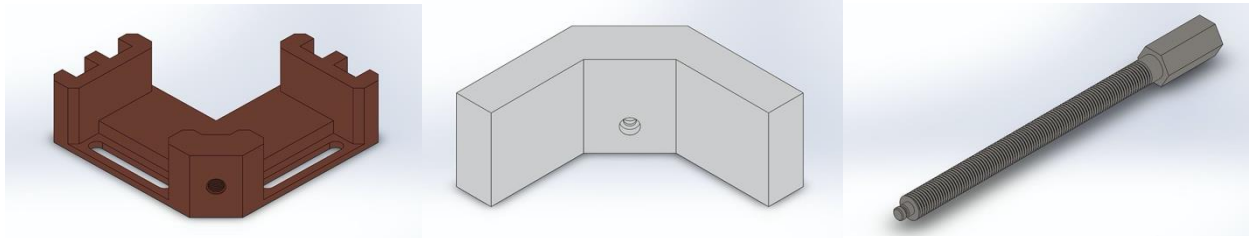


Imagen 110: Partes Principales de la Mordaza Diseñada

Fuente: Elaboración Propia

La base del cuerpo esta pensada para poder ser utilizada en bancos de sujeción presentes en cualquier taller, por otra parte el tornillo que permite el avance de los brazos de la mordaza ha sido diseñado con un mango de forma hexagonal, mejorando así el agarre del mismo por parte del usuario que vaya a manipular la pieza en su parte trasera, y dispone de un acople en la parte frontal para poder introducirse con apriete en los brazos de la mordaza asegurando así el ajuste, entre los cuerpos (*Imagen del detalle de la parte frontal*).

El diseño de la pieza es de carácter conceptual ya que debido a las condiciones provocadas por el COVID-19, no se han podido realizar las pruebas de ensayo y error propias y necesarias de cualquier proceso de diseño, para determinar que todas las partes diseñadas funcionan como se espera de ellas.

Proceso de Fabricación

1. Método de Impresión Seleccionado

El momento clave a la hora de fabricar cualquier producto, es el tipo de fabricación que se va a utilizar ya que va a condicionar todos los procedimientos siguientes, y lo más importante, el coste que va a tener producir la pieza.

Para el caso de la mordaza planteada se ha optado entre las tecnologías de producción de FDM y SLS, ambas ofrecen buenas propiedades mecánicas para las piezas diseñadas, siendo la FDM más económica.

Como se introducido en la Historia del Arte, en la parte relacionada con las distintas tecnologías de fabricación, la tecnología FDM permite el desarrollo de prototipos económicos, característica de vital importancia para el desarrollo de piezas de series pequeñas, convirtiéndola en la tecnología de impresión 3D más popular en el mundo, lo que a su vez provoca que halla una mayor cantidad de materiales disponibles para la producción. Además, el proceso tanto de producción como de postproducción es más rápido que en la tecnología SLS

Sin embargo, como parte negativa de esta tecnología es que se desarrollan productos con unos acabados superficiales muy bastos, y las propiedades mecánicas de las piezas no son tan buenas como la tecnología SLS. [SCUL19]

Por otra parte, la tecnología SLS, permite el desarrollo de piezas totalmente acabadas con un buen acabado superficial, excelentes propiedades mecánicas, permite el desarrollo de piezas muy complejas geométricamente. Esta tecnología esta especialmente indicada para el desarrollo de series grandes en las industrias, sustituyendo cada vez más a procesos tradicionales como el CNC.

Los inconvenientes de esta tecnología son claros, es un procedimiento del que se necesita una inversión económica mayor que para la tecnología FDM, y el proceso de producción de la pieza es mucho más lento. [SCUL19]

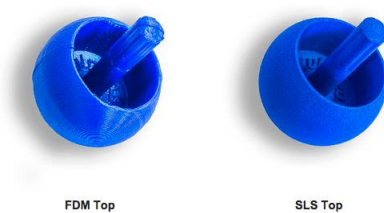


Imagen 111: Comparativa Acabado Superficial

Fuente: [SCUL19]

	Sinterit Lisa (SLS)	SLA	FDM
No need for support	✓	—	—
Freedom of form	████████	██████	██████
Multiple parts printing at once	✓	—	—
Feature details	██████	██████	██████
Printing materials	Powders	Liquids	Filaments
Temperature resistance	██████	██████	██████
Durability	██████	██████	██████
Printing of moving parts	✓	—	—

Imagen 112: Tabla Comparativa SLS vs. SLA vs. FDM

Fuete: [SCUL19]

Es por ello que, dadas las características de la pieza, sobre todo para el desarrollo de esta hasta alcanzar la categoría de producto final, la tecnología FDM es la más indicada.

2. Elección del Material

El siguiente paso fundamental en el proceso de fabricación una vez se ha escogido la tecnología de fabricación es la elección del material de fabricación. Como se ha introducido la tecnología FDM permite la utilización de una gran variedad de materiales con diversas cualidades y características. Todos estos materiales comparten la cualidad de que deben de ser termoplásticos, ya que el principio fundamental de esta tecnología es calentar el material hasta un estado semilíquido, para la construcción capa por capa de la pieza. Algunos de los más importantes son [BITF20]:

- ABS: material con buenas propiedades mecánicas y térmicas, puede utilizarse acetona como adhesivo, permite la mecanización posterior. No indicado para piezas de grandes dimensiones (*Imagen 113*).



Imagen 113: Propiedades del ABS

Fuente: [BITF20]

- Nylon: para las piezas que requieran mayores propiedades mecánicas y de esfuerzos térmicos. Muy caro (*Imagen 114*).

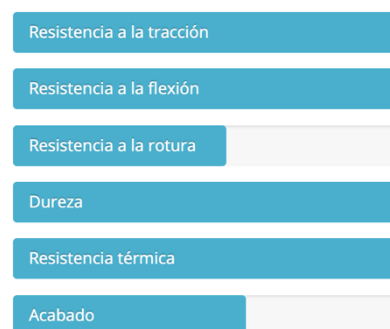


Imagen 114: Propiedades del Nylon

Fuente: [BITF20]

- PLA: material más versátil y económico. Ofrece los mejores acabados y variedad de colores. Posee buenas propiedades mecánicas, pero la resistencia térmica es baja (*Imagen 115*).



Imagen 115: Propiedades del PLA

Fuente: [BITF20]

- PETG: material más adecuado que el PLA, cuando la pieza va a estar sometida a esfuerzos mecánicos mayores. Es esterilizable y resiste a los químicos. Mayor precio (*Imagen 116*).



Imagen 116: Propiedades del PETG

Fuente: [BITF20]

Tras haber considerado todas las opciones posibles, y teniendo en cuenta sobre todo los aspectos de resistencia térmica y coste, los materiales PETG y ABS, escogiendo finalmente para la fabricación de la pieza, el material ABS por precio: (Precios obtenidos de *AMAZON*).

Material	Precio (€/Kg)
ABS	25,99
PETG	19,99

Tabla: Comparativa de Precios

3. Fabricación

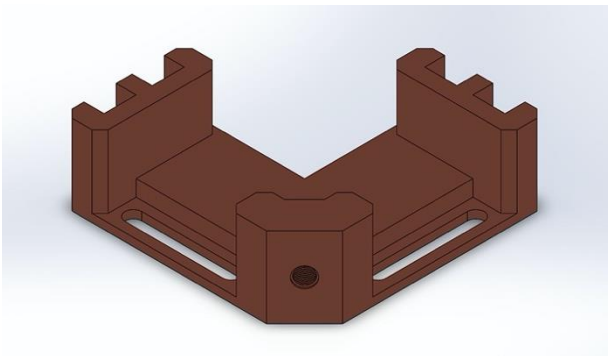
El proceso de fabricación, como se ha anticipado anteriormente, no ha podido realizarse de la misma forma que en condiciones normales se podría haber desarrollado. No obstante, se ha podido realizar una simulación de como sería el producto final gracias a los servicios on-line que ofrecen la posibilidad de realizar la fabricación de la pieza y ofrecerte un presupuesto.

Para poder llevar a cabo este procedimiento es importante convertir el archivo que *Solidworks* nos guarda por defecto (.par), a un archivo que los softwares de las impresoras 3D, si son capaces de leer (.stl). Este archivo descompone la pieza en una sucesión de triángulos que se conoce como malla, cuantos más triángulos tenga la malla más definida estará la pieza, y por tanto el acabado será mejor. Para ello al guardar la pieza tenemos que seleccionar dos entidades que *Solidworks* nos ofrece, el ángulo y la resolución de la pieza. Dichos parámetros estarán fijados para los valores de, 3° y 0.1mm correspondientemente.

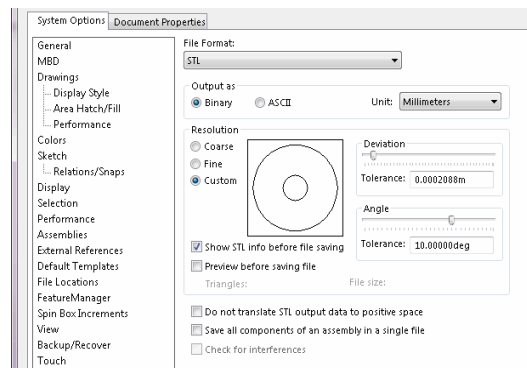
Una vez guardadas las piezas con el formato .stl, se puede acudir a la pagina web seleccionada, en este caso, *imprimakers*, donde se fijarán las dimensiones de la pieza, el material utilizado y la tecnología de fabricación.

A continuación, se acompañan las imágenes de todo el proceso para la pieza de la base de la mordaza. En el Anexo x se incluyen las tablas con las dimensiones, características y precio de las tres piezas diseñadas.

Proceso 1: Elección de la pieza a imprimir

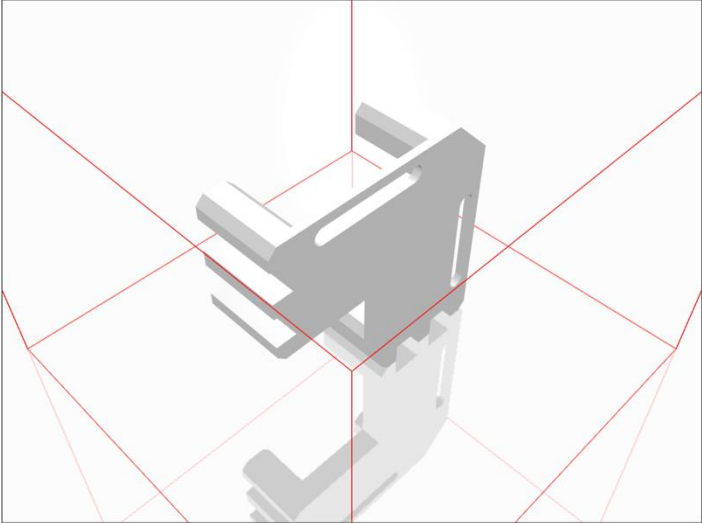


Proceso 2: Selección de los parámetros del formato. stl



Proceso 1: Selección del material, relleno, acabado superficial y dimensiones de la pieza

Sube tu modelo 3D:



Volumen: 229.40 cm³

Peso aprox: 284.45 g

Material y color

Material: ☐ ABS - Blanco ▼

★ Relleno interior:

 20-30%
  50-60%
  90-100%

◆ Acabado superficial:

 Rugoso
  Medio
  Fino

Escala:

45,00 %

L x W x H: 4,500 x 13,500 x 13,500 cm

🇪🇸 Precio final:

52,76 € (I.V.A. incluido)

🛒 COMPRAR

Costes

A partir del método de fabricación explicado la pagina web *imprimakers*, nos ofrece un presupuesto de cada una de las piezas diseñadas. El precio de cada una de estas piezas puede verse reflejada en el Anexo x.

Según las dimensiones escogidas, el precio será mayor o menor dependiendo del factor de escala escogido, para el caso de la pieza se ha escogido un factor de escala del 45% de las dimensiones iniciales.

El precio total de la pieza sumando el precio de cada una de las piezas, asciende a 82€. Este precio correspondería al precio de fabricación o coste de una sola pieza, sin tener en cuenta el ahorro que puede darse si esta fabricación se diera en serie.

Comparando la pieza con otras piezas presentes en el mercado, las cuales la mayoría están fabricadas con el proceso tradicional de fundición, se obtienen para dimensiones algo mayores que la pieza diseñadas precios que van desde los 56,35€ (*Imagen 117*) hasta los 131,31€ (*Imagen 118*). La diferencia tan grande en ambos productos se debe al tipo de aleación usada, para la primera pieza se utiliza hierro fundido, dándole un peso de 10kg, mientras que, para la segunda pieza, se utiliza una aleación de bronce dándole un peso de 5kg.



Imagen 117: Mordaza para Soldadura en Angulo

Fuente: Amazon

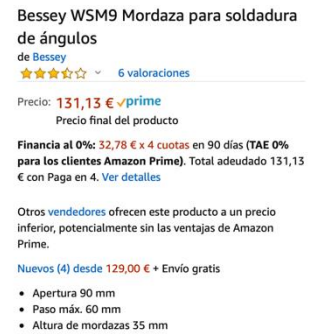


Imagen 118: Mordaza para Soldadura en Angulo Bessey WSM9

Fuente: Amazon

La pieza propuesta se encuentra entre estos dos extremos en cuanto al precio, aunque el peso es significativamente menor en comparación, menos de 1kg, por lo que es una característica muy significativa en cuanto a la comodidad de uso por parte del operario.

Considerando estas opciones se puede concluir que si para una sola pieza fabricada, con dimensiones parecidas, y un menor peso, el precio se encuentra entre estas dos opciones, es aconsejable invertir para la producción en serie de la pieza diseñada, disminuyendo aun más el precio y conseguir así ser más competitiva frente a los otros productos presentes en el mercado.

Conclusiones

De esta parte del trabajo en la que se detallado principalmente la forma en la que se diseña y fabrica (on-line) una pieza mediante la impresión 3D se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- El proceso de fabricación para cualquier pieza, usando cualquier tipo de tecnología es un sistema totalmente pensado para conseguir el mayor beneficio.
- Los parámetros de ángulo y resolución son de vital importancia si se quiere obtener una pieza de calidad y buen acabado superficial.
- Los servicios de impresión on-line, proporcionan buena información a la hora de escoger la tecnología de impresión más adecuada, son muy útiles para la creación y pedidos de una sola pieza.
- La pieza diseñada puede ser considerada como una opción viable para sustituir las mordazas más tradicionales.
- La impresión 3D tiene un gran futuro y es de vital importancia su desarrollo para la industria del futuro.

Bibliografía

- [RAEU29] -Asale, R. (2020, 10 julio). *utillaje* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/utillaje>
- [3DNE13] 3D Neworld. (2018, 22 febrero). *¿Qué significa resolución en impresión 3D?* <https://3dneworld.com/que-significa-resolucion-en-impresion-3d/>
- [3DCA13] A. (2013, 13 junio). *Errores más comunes en archivos STL*. ARTICULOS | SECCION ARTICULOS. <https://www.3dcadportal.com/errores-mas-comunes-en-archivos-stl.html>
- [EDDM20] A. (2020, 10 enero). *DESIGN FOR ADDITIVE MANUFACTURING: ANISOTROPÍA*. Blog Ingenius. <https://eddm.es/blog-ingenius/design-for-additive-manufacturing-anisotropia-en-impresion-3d/>
- [IMPR20] AJRC. (2020, 17 mayo). *7 Ventajas y Desventajas de las Impresoras 3D que debes conocer*. Impresora-3D.Online. <https://impresora-3d.online/7-ventajas-y-desventajas/>
- [META20] *Barras de Acetileno*. (2020). [Imagen]. <https://metalium.mx/varillas-de-oxiacetileno/varillas-de-oxiacetileno-xuper-16-xfc-para-cobre--bronce-y-latón./Xuper%2016%20XFC>
- [3DNA18] C., L. (2018). *¿Por qué utilizar la Impresión 3D?* 3D Natives. <https://www.3dnatives.com/es/por-que-la-impresion-3d-23072018/>
- [3DNA19] C., L. (2019). *Guía completa BJ*. 3D Natives. <https://www.3dnatives.com/es/inyeccion-aglutinante-te-lo-contamos-23032016/>
- [WIKI20a] Colaboradores de Wikipedia. (2020a, abril 21). *Mecanizado*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>
- [WIKI20b] Colaboradores de Wikipedia. (2020b, mayo 18). *Brida (tuberías)*. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Brida_\(tuber%C3%ADas\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Brida_(tuber%C3%ADas))

- [FACT17] E. (2015, 27 enero). *REGLAS BASICAS, TRUCOS Y CONSEJOS PARA EL DISEÑO E IMPRESION 3D POR TECNOLOGÍA FDM*. Factoryza. <https://factoryza.wordpress.com/2015/01/27/reglas-basicas-trucos-y-consejos-para-el-diseno-e-impresion-3d-por-tecnologia-fdm/>
- [PINT20] EBM. (2020). [Imagen]. Pinterest. [https://www.pinterest.es/pin/537335799272279220/?amp_client_id=CLIENT_ID\(&mweb_unauth_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&_url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.es%2Famp%2Fpin%2F537335799272279220%2F](https://www.pinterest.es/pin/537335799272279220/?amp_client_id=CLIENT_ID(&mweb_unauth_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&_url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.es%2Famp%2Fpin%2F537335799272279220%2F)
- [INTE17] *El mercado global de impresoras 3D crecerá hasta un 42% los próximos 5 años.* (2017). Interempresas. <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/186151-El-mercado-global-de-impresoras-3D-crecera-hasta-un-42-por-ciento-los-proximos-5-anos.html>
- [SHUT20] *Esfera dentro de otra esfera.* (2020). [Imagen]. https://www.shutterstock.com/es/search/3d+printing+trend?section=1&image_type=photo&search_source=base_related_searches
- [FORM20] Formizable. (2020). *¿Cómo funciona la estereolitografía?* <https://formizable.com/como-funciona-la-estereolitografia/>
- [FORL20] Formlabs. (2020). *¿Qué significa la resolución en la impresión 3D?* <https://formlabs.com/es/blog/significado-resolucion-impresora-3d/>
- [IMHE20] *Fresado.* (2020). IMH. <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/mecanizado/arranque-de-viruta/fresado>
- [SCUL19] Gaget, L. (2019, 23 julio). FDM vs SLS: Which one should you choose ? 3D Printing Blog: Tutorials, News, Trends and Resources | Sculpteo. <https://www.sculpteo.com/blog/2019/07/23/fdm-vs-sls-3d-printing-what-they-mean-and-when-to-use-them/>
- [UNEX10] Gonzalez, C. G. (2019, 24 febrero). *Impresión en 3D*. Unexcai. <https://unexcai11-101.blogspot.com/2019/02/impresion-3d.html>
- [IMPR19a] Hernández, J. (2019, 22 febrero). *Soportes e impresión 3D: lo que nunca te cuentan.* La mejor información sobre Impresion 3D. <https://impresiontresde.com/soportes-e-impresion-3d-lo-que-nunca-te-cuentan/>

- [TWIT18] *Histograma Impresión 3D*. (2018). [Imagen]. Twitter. <https://twitter.com/TriTech3D/status/970969739584524288/photo/1>
- [3DFI18] *Historia de la impresión 3D*. (2018). 3Dfils. https://www.3dfils.com/de/blog/20_historia3d
- [FERR15] *Historia de la soldadura - FerrePro*. (2015). FERRERO. <http://ferrepro.mx/historia-de-la-soldadura/>
- [VIEW16] *Historia Impresión 3D*. (2016). [Imagen]. Genially. <https://view.genial.ly/56d6c8391561e80bb4a2563e/interactive-content-impresoras-3d>
- [COMP20] *Impresoras 3D de Inyección de material (MJ) / Moldeo a la cera perdida*. (2020). ComprarImpresoras-3D.com! <https://comprarimpresoras-3d.com/tipo/mj/>
- [IMPR19b] IT Digital Media Group. (2019, 16 septiembre). *La impresión 3D entra en una nueva era (I)*. <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2019/09/la-impresion-3d-entra-en-una-nueva-era-i>
- [IMPR17] J. (2017a). *Materiales utilizados en la impresión 3D*. Imprime 3D Barato. <https://imprime3dbarato.com/materiales-utilizados-las-impresoras-3d/>
- [TODO17] J. (2017b, enero 25). *FDM-FFF o modelado por deposición fundida*. Todo-3d.com. <https://todo-3d.com/fdm-fff-modelado-deposicion-fundida/?v=911e8753d716>
- [COMI20] Jimenez, M., & ETSI-Universidad Pontificia Comillas. (2020). *Tecnologías de Fabricación: Conformado por Soldadura*. ICAI. https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/2666188/mod_resource/content/0/Tema%204-Sintesis%20conformación%20por%20SOLDADURA-4AD-1920.pdf
- [COMI20] Jiménez, M, & ETSI-Universidad Pontificia Comillas. (2020). *Tecnologías de fabricación*. ICAI. https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/2648403/mod_resource/content/2/Introducción%20asignación%20de%20TOLERANCIAS-GITI-1920-rMJC01.pdf

- [Lafa20] LA FACTORÍA 3D. (2020). - *HIPS (soporte)*.
https://www.lafactoria3d.es/servicios/impresion/materiales/49/hips_soporte
- [FUND20] *La impresión 3D en la Industria*. (2020, 8 abril). Fundación Isaac Peral.
<https://www.fundacionisaacperal.es/la-impresion-3d-en-la-industria/>
- [SAND20] *Mandrinado*. (2020). Sandvik Coromant.
<https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/boring/pages/default.aspx>
- [BITF19] *Materiales de impresión 3D FDM*. (2019, 17 abril). Bitfab.
<https://bitfab.io/es/materiales-de-impresion-3d-fdm/>
- [MATE20] Materialise. (2020). *Materialise OnSite*.
https://www.materialise.com/es/manufacturing/materialiseonsite?gclid=Cj0KCQjwgJv4BRCrARIsAB17JI5LVCo8CAcZYDGLldf73hNYmKjpgbPkaOgrnhj9Za9m0kdIT9rOHFoaApd_EALw_wcB
- [MANO20] *Mordaza Angulo Recto*. (2020). [Ilustración].
<https://www.manomano.es/p/tornillo-banco-esquina-angulo-90-100mm-abrazadera-angulo-recto-mordaza-angulo-soldadura-mesa-taller-9970223>
- [UNSU20] *Moran, M. (2018). La Agenda para el Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- [ELIN18] *Moreira, M. (2018, 10 septiembre). ¿Qué puede hacer la impresión 3D por el planeta? El Independiente*.
<https://www.elindependiente.com/desarrollo-sostenible/2018/09/10/que-podra-hacer-la-impresion-3d-por-el-planeta/>
- [NTH17] NTH Grilon. (2017). *Consejos para el diseño e impresión 3D*. Nicieza & Taverna Hnos.
<http://www.nth.com.ar/es/blog/consejos-para-el-diseno-e-impresion-3d-n39>
- [ABRA20] *Plato de Garras*. (2020). [Imagen].
<http://www.abratools.es/es/4495002030>
- [IMPR18] Regidor, A. (2016, 28 noviembre). *¿Qué es un archivo? STL?* impresion3daily.es.
<https://www.impresion3daily.es/que-es-un-archivo-stl/>

- [3DNA17] Restrepo, S. (2017). *SLA: Impresión 3D por estereolitografía*. 3D Natives.
<https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/#!>
- [OBSB20] Ribechini, L. (2020). *IMPRESORAS 3D, ¿QUÉ USO LE DAREMOS EN EL FUTURO? | OBS Business School*. OBS.
<https://obsbusiness.school/es/blog-investigacion/innovacion/impresoras-3d-que-uso-le-daremos-en-el-futuro>
- [WIKIM2] *Rueda excéntrica - wikimecanismos*. (2020). Wikimecanismos.
<https://sites.google.com/site/oframecanismos/home/rueda-excentrica>
- [PRINT17] Scian, M. (2017, 19 julio). *HIPS como material de soporte*. PrintaLot.: Fabricaciones digitales e impresión 3D.
<https://www.printalot.com.ar/tutoriales/hips-como-material-de-soporte/>
- [JETA19] *Soldadura MMA*. (2019, 31 julio). JET-ARCO.
<https://jet-arco.com/soldadura-mma/>
- [INGM20] *Soldadura por Arco con Electrodo Revestido*. (2020). Ingemecacnica.
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn45.html>
- [STRAT1] strategy&. (2017). *The future of spare parts is 3D*.
<https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/future-spare-parts-3d.html>
- [INST14] Vazhnov, A. (2014, 6 julio). *Impresión 3D: La Dura Realidad*. Instituto Baikal.
<https://institutobaikal.com/libros/impresion-3d/la-dura-realidad/>
- [WEST20] WESSTARCO. (2020). *Soldadura MIG/MAG (GMAW)*. Westarco.
<https://www.westarco.com/westarco/sp/automation/gmaw/index.cfm>
- [IMPR19c] Zamora, F. T. (2019, 19 febrero). *El futuro del mantenimiento industrial con impresión 3D*. La mejor información sobre Impresión 3D.
<https://impresiontresde.com/el-futuro-del-mantenimiento-industrial-con-impresion-3d/>

ANEXOS

Índice de Anexos

ANEXOS	110
ANEXO I	114
ANEXO II	117
Objetivos de Desarrollo Sostenible	119
1. Introducción	119
2. Los Diecisiete Objetivos Para el Desarrollo Sostenible	119
ANEXO III	123
ANEXO IV	127

ANEXO I

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
..... DISEÑO
Y FABRICACIÓN DE UTILLAJE DE SUJECCIÓN MECÁNICA MEDIANTE
TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA (RAPID TOOLING).

.....
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico4º..... es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Manuel Conde Rubio

Fecha: ...16.../ ...07.../ ...2020...



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Rayado Guerreo

Fecha: ...16.../ ...07.../ ...2020.



ANEXO II

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivos de Desarrollo Sostenible

1. Introducción

Los objetivos de desarrollo sostenible, o por sus siglas *ODS*, son un grupo de metas que abarcan las esferas económicas, sociales y políticas mundiales. Todas las medidas llaman a la acción para erradicar aspectos muy preocupantes en el mundo actual, como el fin de la pobreza o el cuidado del planeta, en definitiva, mejorar la vida y las perspectivas de las personas de todo el mundo.

En 2015, todos los estados miembros de la Organización de Naciones Unidas (*ONU*), firmaron diecisiete medidas, las cuales se deberán cumplir en 15 años. Sin embargo, no se ha avanzado tanto en los últimos años para poder conseguir este objetivo, por lo que la década de 2020 debe ser un periodo muy ambicioso para poder alcanzar dichos objetivos.

Una buena medida para la consecución de dichos objetivos es el desarrollo e investigación de nuevas tecnologías y sistemas de producción, que poco a poco vayan sustituyendo los sistemas tradicionales, los cuales no hacen un eficiente uso de los recursos empleados o de la energía utilizada.

La impresión 3D ha sufrido un gran avance técnico en los últimos años demostrando que en algunos procesos puede sustituir dichos sistemas tradicionales, e incluso complementarlos mejorando la gestión de los recursos. Este nuevo tipo de tecnología de fabricación además permite desarrollar la actividad industrial con generando menos residuos que los sistemas tradicionales.

Es por ello por lo que la tecnología 3D debe consolidarse en las industrias modernas, liderando el cambio hacia un modelo de negocio mas eficiente y moderno, cumpliendo con los objetivos de desarrollo sostenible firmados en la ONU [UNSU20].

2. Los Diecisiete Objetivos Para el Desarrollo Sostenible

Los ODS son las herramientas utilizadas para el desarrollo de la llamada agenda 2030. La agenda 2030 es un plan de acción enfocado a erradicar la pobreza mundial y asegurar el cuidado del planeta. Para lograr estos dos objetivos principales, la agenda 2030 se basa en el progreso económico y social de manera sostenible, englobando no solo a los gobiernos de los distintos estados miembros de la Organización de Naciones Unidas, sino a empresas multinacionales, organizaciones no gubernamentales y colectivos sociales.

Para poder llevar acabo un desarrollo sostenible, igualitario y ecológico, se han planteado los ODS, los cuales sirven como hoja de ruta para poder realizar este cambio global. Algunos de estos ODS mas importantes son: fin de la pobreza, igualdad de genero, reducción y consumo responsable y acción por el clima [UNSU20]. (*Imagen x*)



Ilustración x: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: un.org

El conocimiento de cada uno de estos ODS es de vital importancia para llevar a cabo el cambio, pero este cambio debe de ser asegurado por políticas que los gobiernos miembros deben de implementar, y estas medidas no salen gratis, por lo que los gobiernos deben de llevar en sus presupuestos una partida destinada al cumplimiento de estos ODS

2.1. Objetivos que este TFG Puede Cumplir

Como compromiso para poder cumplir estos objetivos durante la década de 2020, es muy importante que todas las instituciones de los países miembros estén unidas y comprometidas en esta misión. Empezando con la comunidad educativa, concienciando a los alumnos de la importancia de la sostenibilidad y solución de las desigualdades que se generan en este mundo.

Por ello incluir un apartado o anexo en los trabajos de fin de grado de los alumnos cursando algún tipo de carrera universitaria es una buena medida para dar la relevancia suficiente a estos Objetivos.

En el TFG presentado, la tecnología 3D tiene un papel muy importante, y puede solventar principalmente los problemas que se exponen en el ODS número 12: ‘Producción y Consumo Responsable’.

Este objetivo enuncia que el consumo y producción mundiales dependen del uso que se haga del medio natural, y actualmente el uso de los recursos presentes se hace en una cantidad tan alta y destructiva que perjudican a todas las personas y animales así como al medio natural. [ELIN18]

El progreso económico y social sufridos en las ultima décadas ha estado acompañado de una degradación medioambiental poniendo en peligro los mismos ecosistemas de los que depende nuestra vida futura.

Es por ello por lo que conseguir un consumo responsable de los productos, aprovechándolos de la mejor manera posible, es la mejor medida para lograr este objetivo.

La impresión 3D tiene la característica de que hace un uso eficiente de los materiales utilizados, generando menos desechos que los sistemas de fabricación tradicionales. A su vez la gran mayoría de piezas están fabricadas por plásticos reutilizables por lo que si en algún momento la pieza fabricada falla, se puede reutilizar sus materiales con facilidad disminuyendo así el uso de otros recursos.

El hecho de que las industrias utilicen la impresión 3D como otro sistema de producción para el desarrollo de prototipos u otras herramientas debido al ahorro de costes que esto supone, ha permitido que cada vez menos empresas deslocalicen sus fabricas del lugar de consumo, ya que en la mayoría de los casos esta deslocalización se da en países en vías de desarrollo, donde las condiciones laborales son nefastas. Esto afecta directamente al ODS numero 8: *‘Trabajo decente y crecimiento económico’*.

Consiguiendo que las grandes empresas dejen de deslocalizar sus fabricas, y con ayudas económicas en estos países para solventar dicha perdida de ingresos tan importantes se puede acabar con la explotación laborar presente. [ELIND18]

Otro de los objetivos que la impresión 3D puede cumplir es el objetivo 13: *‘Acción por el Clima’*.

Este uso responsable de los materiales utilizados en la impresión 3D permite, como se ha expuesto anteriormente, una reducción de emisiones de CO₂, ya que, al producirse una disminución en la demanda de recursos, el transporte de mercancías se ve reducido de forma drástica [ELIND18].

Otra característica muy importante de la tecnología de impresión 3D, es que hace un uso eficiente de la energía necesaria para poder producir una pieza, cumpliendo así con el ODS número 7: *‘Energía eficiente y no contaminante’*.

Como conclusión, la impresión 3D debe de ser el motor de esta nueva revolución industrial que se esta sufriendo, empujando las economías de los países hacia un mundo mas sostenible, ecológico y social.

ANEXO III

Tablas con las Características de Cada Pieza

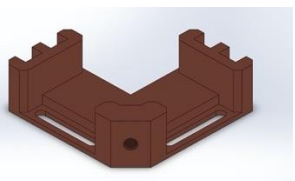
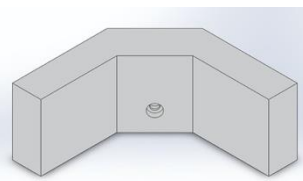
			
Nombre	Cuerpo de la Mordaza	Brazos de la Mordaza	Tornillo con Mango Hexagonal
Material	ABS	ABS	ABS
Dimensiones	45 x 135 x 135 mm	31,5 x 67,5 x 67,5 mm	2,5 x 2,5 x 160 mm
Peso	284,45 gr	60,3 gr	37,72 gr
Precio	52,76 €	18,09 €	11,32 €

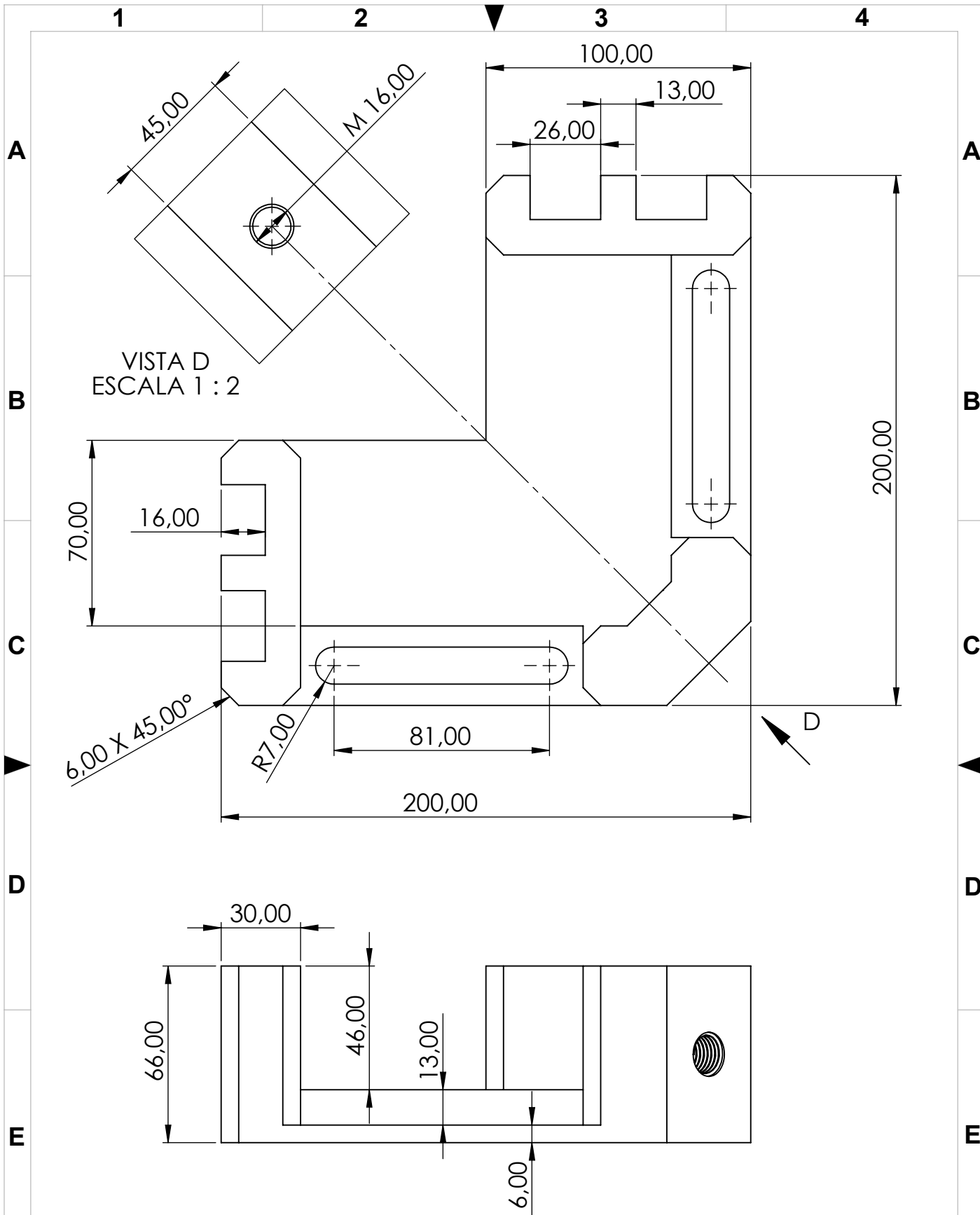
Tabla: Características Principales de las 3 Piezas de la Mordaza

ANEXO IV

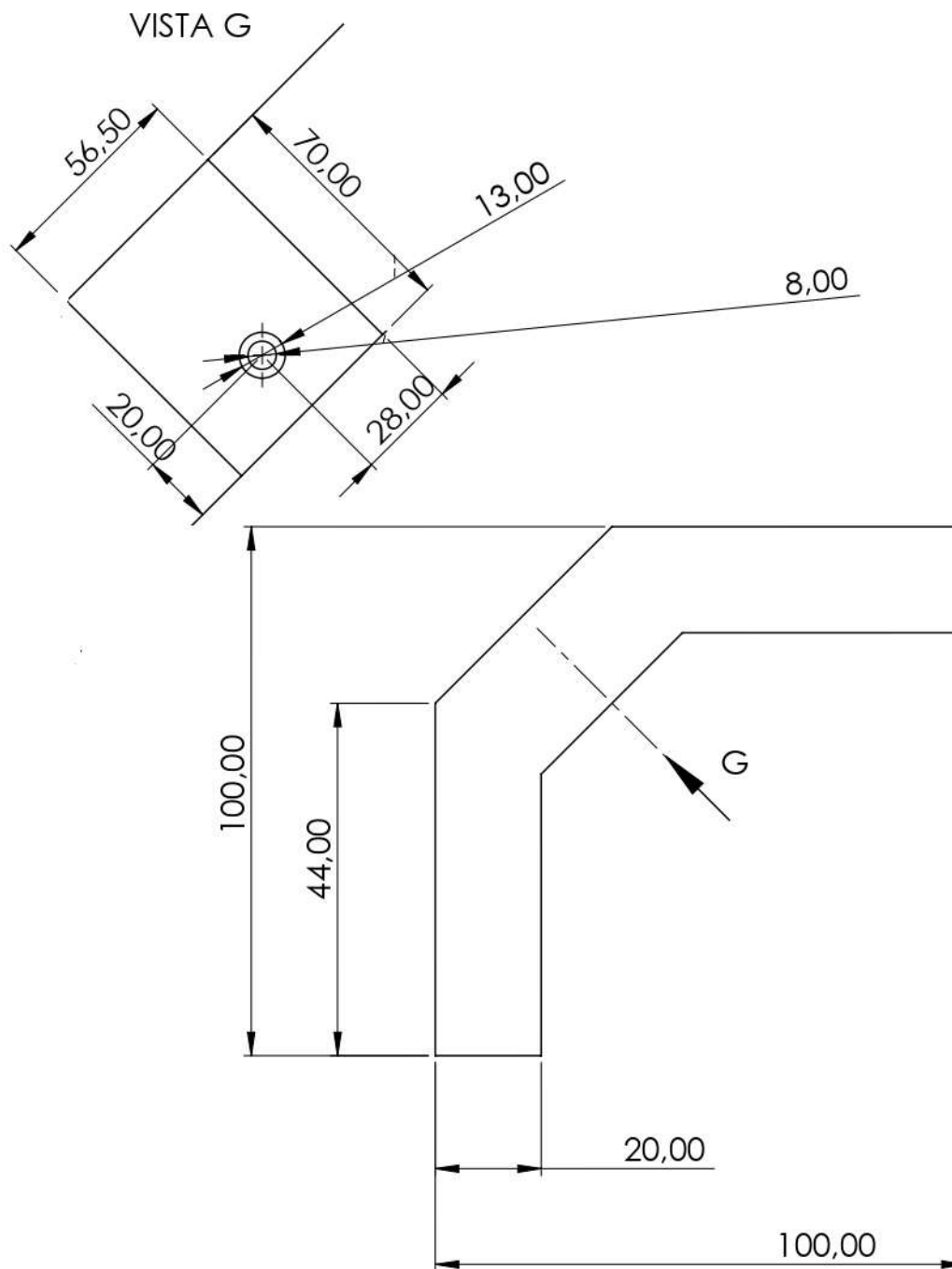
Planos de las Distintas partes de la Pieza

	1	2	3	4																														
A					A																													
B					B																													
C					C																													
D					D																													
E					E																													
F	<table border="1"> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>-</td> <td rowspan="2"> </td> <td colspan="2">Trabajo Fin de Grado</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA</td> <td>-</td> <td colspan="2">Explosionado de la Mordaza</td> </tr> <tr> <td>DIBUJADO</td> <td>NOMBRE MCR</td> <td>FECHA 13/07/2020</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>COMPROBADO</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>ESCALA:</td> <td colspan="2">FIRMA:</td> <td>I.C.A.I</td> <td>Nº DE LAMINA:</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td colspan="2"> </td> <td>1</td> <td></td> </tr> </table>				MATERIAL	-		Trabajo Fin de Grado		TOLERANCIA	-	Explosionado de la Mordaza		DIBUJADO	NOMBRE MCR	FECHA 13/07/2020			COMPROBADO					ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I	Nº DE LAMINA:	-			1		F
MATERIAL	-		Trabajo Fin de Grado																															
TOLERANCIA	-		Explosionado de la Mordaza																															
DIBUJADO	NOMBRE MCR	FECHA 13/07/2020																																
COMPROBADO																																		
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I	Nº DE LAMINA:																														
-			1																															
	1	2	3	4																														

[illegible]



MATERIAL	ABS		Trabajo Fin de Grado	
TOLERANCIA	-		Cuerpo de la Mordaza	
DIBUJADO	NOMBRE MCR	FECHA 11/07/2020		
COMPROBADO			I.C.A.I	
ESCALA: 1:2	FIRMA: 			
			Nº DE LAMINA: 2	



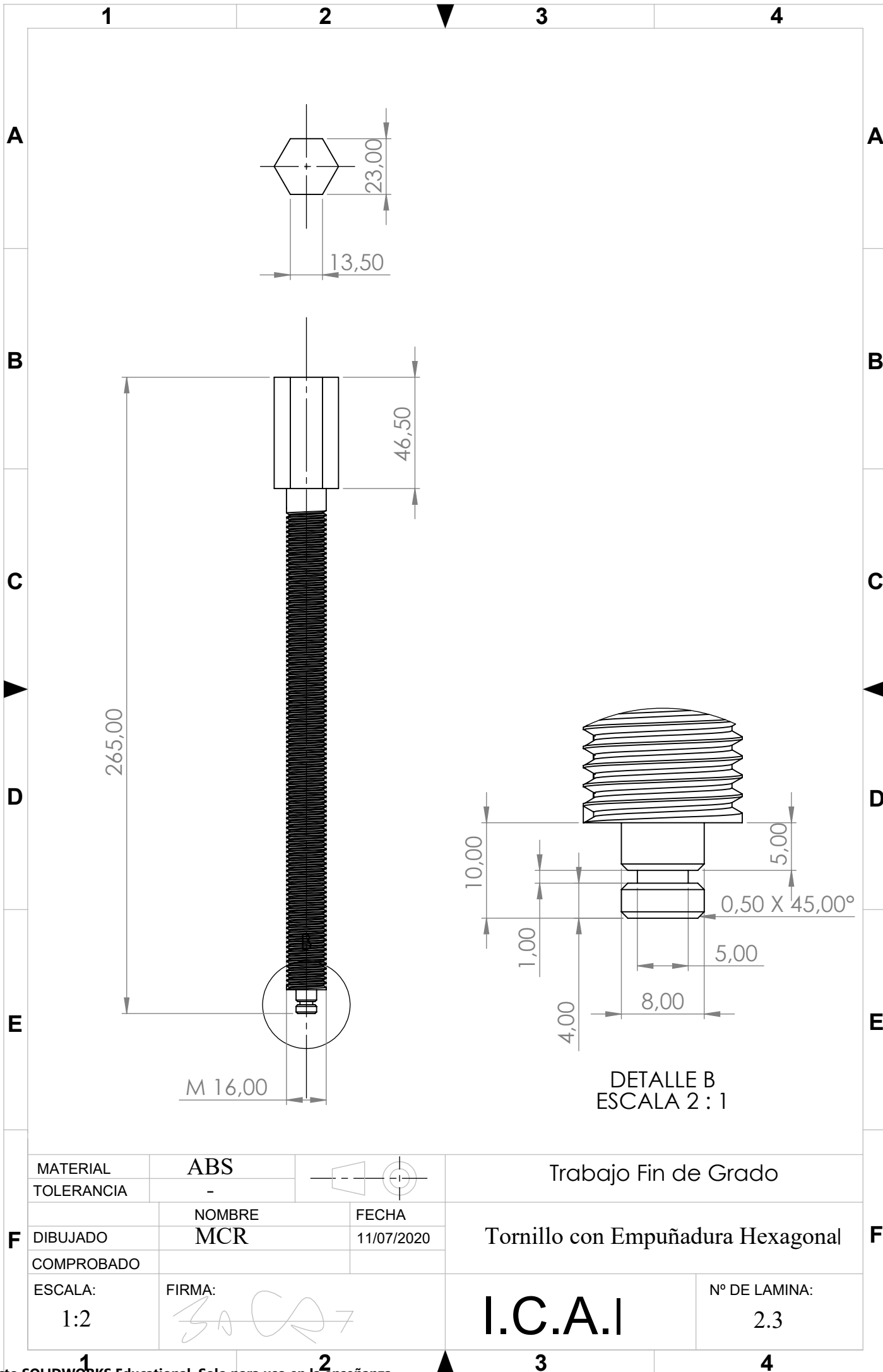
MATERIAL	ABS	
TOLERANCIA	-	
DIBUJADO	NOMBRE MCR	FECHA 11/07/2020
COMPROBADO		
ESCALA: 1:2	FIRMA: 	

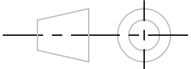
Trabajo Fin de Grado

Brazo de la Mordaza

I.C.A.I

Nº DE LAMINA:
2.2



F	MATERIAL	ABS		Trabajo Fin de Grado	
	TOLERANCIA	-			
	DIBUJADO	NOMBRE MCR	FECHA 11/07/2020	Tornillo con Empuñadura Hexagonal	
	COMPROBADO				
	ESCALA: 1:2	FIRMA: 		I.C.A.I	Nº DE LAMINA: 2.3

D · Y · W · C



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño y fabricación de utillaje de sujeción mecánica mediante tecnologías de fabricación aditiva (Rapid Tooling).

Autor: Manuel Conde Rubio
Director: Luis Rayado Guerrero

Madrid
Julio de 2020